

**COMUNE DI POLIZZI GENEROSA**

**PROVINCIA DI PALERMO**

|         |   |
|---------|---|
| OGGETTO | <b>PROGETTO PER L'ESECUZIONE DI PERFORAZIONI GEOGNOSTICHE PER LA POSA IN OPERA DI STRUMENTAZIONE GEOTECNICA FINALIZZATO AL MONITORAGGIO DELLE AREE DI C.DA PEGNO – QUARTIERE SAN PIETRO – INTERESSATE DAL CROLLO DI UN MURO IN CEMENTO ARMATO</b> |
|---------|---|

**ALLEGATO:**

5. Capitolato speciale d'appalto

IL COMMITTENTE:

Comune di Polizzi Generosa

Polizzi Generosa 19.02.2015

I PROGETTISTI

Dott. Ing. Placido Alberti

Dott. Geol. Mario Rosone

# 1. OGGETTO E IMPORTO DELL'APPALTO

## Art. 1 Oggetto dell'appalto

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di sondaggi geognostici a distruzione di nucleo od a carotaggio continuo e nella posa in opera di strumentazione geotecnica nell'area di C.da Pegno del Quartiere San Pietro di Polizzi Generosa (PA) interessata dal crollo di un muro di sostegno in c.a. secondo le indicazioni del presente capitolato speciale d'appalto.

## Art. 2 Importo dei lavori in appalto

### 2.1 Importo dell'appalto

L'importo complessivo a base d'asta dei lavori a misura e dei lavori ed oneri compensati a corpo, compresi nel presente appalto, ammonta presuntivamente a **euro 14.032,67** (euro quattordicimilatrentadue/67), di cui:

|   | Lavori   | Importo (euro) |
|---|--|----------------|
| a | per lavori a misura  | € 21.155,72    |
|   | per oneri della sicurezza e costo della manodopera non soggetti a ribasso d'asta | € 7.123,05     |

Con riferimento all'importo di cui al comma 2.1, lettere a) e b), la distribuzione relativa alle varie categorie d'ordine di lavoro da eseguire compensate a corpo e a misura risulta riassunta nelle seguenti tabelle.

**Tabella 2.1. – Importo per le categorie di lavoro a misura**

| N. | Descrizione                                | Importo (euro)   |
|----|--|------------------|
| 1  | Perforazioni e sondaggi                    | € 12.478,26      |
| 2  | Posa in opera di strumentazione geotecnica | € 6.112,90       |
| 3  | Prove di laboratorio geotecnico            | € 2.564,56       |
|    | <b>TOTALE IMPORTI</b>                      | <b>21.155,72</b> |

### 2.2 Variazione degli importi

L'importo del contratto può variare, in aumento o in diminuzione, esclusivamente per la parte di lavori previsti a misura negli atti progettuali e nella lista delle categorie di lavoro e per forniture previste per l'esecuzione dell'appalto, in base alle quantità effettivamente eseguite, fermo restando i limiti di cui all'art. 25 della legge n. 109/1994 e le condizioni previste dal capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici.

Il corrispettivo definitivo di appalto, erogato a misura, ai sensi dell'art. 326 della legge n. 2248/1865 allegato F, sarà dato dal prezzo complessivo offerto dall'impresa aggiudicataria, in sede di gara, al netto dell'I.V.A.

### 2.3 Prezzi

Le prestazioni, appaltate a misura, saranno liquidate in base ai prezzi unitari d'elenco e comprendenti, anch'essi, gli oneri previsti a carico dell'impresa.

## Art. 3 Descrizione sommaria delle indagini

L'esecuzione delle indagini oggetto del presente appalto l'esecuzione di sondaggi geognostici a distruzione di nucleo od a carotaggio continuo nell'area di C.da Pegno del Quartiere San Pietro di Polizzi Generosa (PA) interessata dal crollo di un muro di sostegno in c.a. qui appresso sommariamente descritte:

| N. | Lavori                                     | Descrizione sommaria   |
|----|--|--|
| 1  | Perforazioni e sondaggi                    | N° 1 sondaggio a carotaggio continuo e n° 4 sondaggi a distruzione di nucleo                                     |
| 2  | Posa in opera di strumentazione geotecnica | N° 4 tubi inclinometrici in alluminio, n° 2 celle Casagrande con i relativi tubi di collegamento alla superficie |
| 3  | Sistemazione aree                          | N° 5 pozzetti di protezione di tipo carrabile  |

## **Art. 4 Opere escluse dall'appalto**

Nell'appalto non vi sono opere e/o forniture, che l'amministrazione si riserva di affidare ad altre ditte.

## **2. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE IN GENERALE**

### **Art. 5 Osservanza di leggi e norme tecniche**

L'esecuzione dei lavori in appalto nel suo complesso è regolata dal presente capitolato speciale d'appalto e per quanto non in contrasto con esso o in esso non previsto e/o specificato, valgono le norme, le disposizioni ed i regolamenti appresso richiamati compreso anche le successive modifiche ed integrazioni:

**Legge 20 marzo 1865, n. 2248** – *Legge sui lavori pubblici (all. F);*

**Legge 2 febbraio 1974, n. 64** – *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*

**Legge 4 agosto 1984, n. 464** - *Norme per agevolare l'acquisizione da parte del servizio geologico della direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale;*

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

**Legge 5 marzo 1990, n. 46** – *Norme per la sicurezza degli impianti;*

**D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285** – *Nuovo codice della strada;*

**D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495** - *Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;*

**Legge 11 febbraio 1994, n. 109** – *Legge quadro in materia di lavori pubblici;*

**D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493** – *Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro;*

**D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 494** – *Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili;*

**Dir.P.C.M. 3 marzo 1999** – *Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici;*

**D.Lgs. 29 ottobre 1999, n. 490** – *Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'art. 1 della legge 8 ottobre 1997, n. 352;*

**D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554** – *Regolamento di attuazione della legge 11 febbraio 1994, n. 109 legge quadro in materia di lavori pubblici, e successive modificazioni;*

**D.M. 19 aprile 2000, n. 145** – *Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni;*

**Legge 21 dicembre 2001, n. 443** - *Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive;*

**Legge 1 agosto 2002, n. 166** – *Disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti;*

**O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274** - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. (Ordinanza n. 3274).*

**D.P.R. 3 luglio 2003, n. 222** - *Regolamento sui contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili, in attuazione dell'art. 31, comma 1, della legge 11 febbraio 1994, n. 109;*

**D.M. 14.01.2008** – *Norme Tecniche per le Costruzioni con particolare riguardo alle indagini ed ai monitoraggi ambientali;*

**Tutte le normative specifiche (ASTM e Raccomandazione AGI )** riguardanti la esecuzione dei sondaggi geognostici, la posa in opera di strumentazione geotecnica e la esecuzione delle analisi e prove geotecniche di laboratorio.

### **Art. 6 Programma esecutivo dei lavori**

Entro 5 (cinque) giorni dalla data del verbale di consegna, ai sensi dell'art. 45, comma 10 del regolamento n. 554/1999, e comunque giorni prima dell'inizio dei lavori, l'appaltatore deve predisporre e consegnare alla direzione dei lavori un programma esecutivo dei lavori, elaborato in relazione alle proprie

tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa.

Tale programma dovrà essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dalla direzione dei lavori, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dalla data di ricevimento. Trascorso il predetto termine senza che la direzione dei lavori si sia pronunciata, il programma si intenderà accettato, fatte salve palesi illogicità o indicazioni erronee palesemente incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.

## **Art. 7 Oneri a carico dell'appaltatore. Impianto del cantiere, ordine dei lavori**

### **7.1 Impianto del cantiere**

L'appaltatore dovrà provvedere all'impianto del cantiere non oltre il termine di 5 (cinque) giorni dalla data del verbale di consegna dei lavori.

### **7.2 Vigilanza del cantiere**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e la guardia del cantiere, sia diurna che notturna, nel rispetto dei provvedimenti antimafia, e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso (siano essi di pertinenza dell'appaltatore, dell'amministrazione, o di altre ditte), nonché delle opere eseguite o in corso di esecuzione.

Ai sensi dell'art. 22 della legge 13 settembre 1982, n. 646, la custodia del cantiere installato per la realizzazione di opere pubbliche deve essere affidata a persone provviste della qualifica di guardia particolare giurata.

In caso di inosservanza si incorrerà nelle sanzioni previste dal comma 2 del citato art. 22 della legge n. 646/1982.

Tale vigilanza si intende estesa anche al periodo intercorrente tra l'ultimazione ed il collaudo provvisorio, salvo l'anticipata consegna delle opere all'amministrazione appaltante e per le sole opere consegnate.

Sono altresì a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e la guardia del cantiere nei periodi di sospensione dei lavori, purché non eccedenti un quarto della durata complessiva prevista per l'esecuzione dei lavori stessi, e comunque quando non superino sei mesi complessivi.

Fermo restando l'obbligo della vigilanza nei periodi eccedenti i termini fissati in precedenza, ne verranno riconosciuti i maggiori oneri sempre che l'appaltatore non richieda ed ottenga di essere sciolto dal contratto.

### **7.3 Capisaldi di livellazione**

Unitamente agli occorrenti disegni di progetto, in sede di consegna sarà fornito all'appaltatore l'elenco dei capisaldi di livellazione a cui si dovrà riferire nell'esecuzione dei lavori. La verifica di tali capisaldi dovrà essere effettuata con tempestività, in modo che non oltre sette giorni dalla consegna possano essere segnalate alla direzione dei lavori eventuali difformità riscontrate.

L'appaltatore sarà responsabile della conservazione dei capisaldi, che non potrà rimuovere senza preventiva autorizzazione.

### **7.4 Locali per uffici e per le maestranze**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la eventuale fornitura di locali uso ufficio (in muratura o prefabbricati) idoneamente rifiniti e forniti dei servizi necessari alla permanenza ed al lavoro di ufficio della direzione dei lavori. Tale ufficio deve essere adeguatamente protetto da dispositivi di allarme e anti-intrusione, climatizzato nonché dotato di strumenti (fax, fotocopiatrice, computer, software, ecc.). I locali saranno realizzati nel cantiere o in luogo prossimo, stabilito o accettato dalla direzione dei lavori, la quale disporrà anche il numero degli stessi e le attrezzature di dotazione. Saranno inoltre idoneamente allacciati alle normali utenze (luce, acqua, fognatura, telefono).

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di locali e di strutture di servizio per gli operai, quali tettoie, ricoveri, spogliatoi prefabbricati o meno, e la fornitura di servizi igienico-sanitari in numero adeguato.

Le spese per gli allacciamenti provvisori, e relativi contributi e diritti, dei servizi di acqua, elettricità, gas, telefono e fognature necessari per il funzionamento del cantiere e l'esecuzione dei lavori, nonché le spese di utenza e consumo relative ai predetti servizi.

### **7.5 Attrezzature di pronto soccorso**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'approntamento di locali adatti ed attrezzi per pronto soccorso ed infermeria, dotati di tutti i medicinali, gli apparecchi e gli accessori normalmente occorrenti, con particolare riguardo a quelli necessari nei casi di infortunio.

### **7.6 Ordine dell'esecuzione dei lavori**

In linea generale l'appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo a lui più conveniente per consegnarli entro il termine contrattuale purché, a giudizio della direzione dei lavori, ciò non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi dell'amministrazione appaltante. Questa si riserva ad ogni modo il diritto di stabilire la precedenza o il differimento di un determinato tipo di lavoro, o l'esecuzione entro un congruo termine perentorio, senza che l'appaltatore possa rifiutarsi o richiedere particolari compensi. In questo caso la disposizione dell'amministrazione costituirà variante al programma dei lavori.

### **7.7 Fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori, per periodi quindicinali, a decorrere dal sabato immediatamente successivo alla consegna degli stessi, come di seguito:

- a) numero degli operai impiegati, distinti nelle varie categorie, per ciascun giorno della quindicina, con le relative ore lavorative;
- b) genere di lavoro eseguito nella quindicina di giorni in cui non si è lavorato e cause relative.

Dette notizie devono pervenire alla direzione dei lavori non oltre il mercoledì immediatamente successivo al termine della quindicina, stabilendosi una penale, per ogni giorno di ritardo, di 25,82 euro.

### **7.8 Cartelli**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di cartelli indicatori e la relativa installazione, nel sito o nei siti indicati dalla direzione dei lavori, entro 5 giorni dalla data di consegna dei lavori. I cartelloni, delle dimensioni minime di 1,00 x 2,00 m recheranno impresse a colori indelebili le diciture riportate, con le eventuali modifiche ed integrazioni necessarie per adattarlo ai casi specifici.

Nello spazio per aggiornamento dei dati, devono essere indicate le sospensioni e le interruzioni intervenute nei lavori, le relative motivazioni, le previsioni di ripresa ed i nuovi tempi.

Tanto i cartelli che le armature di sostegno devono essere eseguiti con materiali di adeguata resistenza meccanica e agli agenti atmosferici e di decoroso aspetto e mantenuti in ottimo stato fino al collaudo dei lavori.

Per la mancanza o il cattivo stato del prescritto numero di cartelli indicatori, sarà applicata all'appaltatore una penale di euro 100,00 (cento). Sarà inoltre applicata una penale giornaliera di euro 50,00 (cinquanta) dal giorno della constatata inadempienza fino a quello dell'apposizione o riparazione del cartello mancante o deteriorato. L'importo delle penali sarà addebitato sul certificato di pagamento in acconto, successivo all'inadempienza.

### **7.9 Oneri per pratiche amministrative**

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per le pratiche presso amministrazioni ed enti per permessi, licenze, concessioni, autorizzazioni per opere di presidio, occupazioni temporanee di suoli pubblici o privati, apertura di cave di prestito, uso di discariche, interruzioni provvisorie di pubblici servizi, attraversamenti, cautelamenti, trasporti speciali nonché le spese ad esse relative per tasse, diritti, indennità, canoni, cauzioni, ecc.

In difetto rimane ad esclusivo carico dell'appaltatore ogni eventuale multa o contravvenzione nonché il risarcimento degli eventuali danni.

### **7.10 Proprietà degli oggetti ritrovati**

La stazione appaltante, salvi i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia o l'etnologia, compresi i relativi frammenti, che si rinvenivano nei fondi occupati per l'esecuzione dei lavori e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi. L'appaltatore dovrà pertanto consegnarli alla stazione appaltante, che gli rimborserà le spese incontrate per la loro conservazione e per le speciali operazioni che fossero state espressamente ordinate al fine di assicurarne l'incolumità ed il diligente recupero.

Qualora l'appaltatore, nella esecuzione dei lavori, scopra ruderi monumentali, deve darne subito notizia al direttore dei lavori e non può demolirli né alterarli in qualsiasi modo senza il preventivo permesso del direttore stesso.

L'appaltatore deve denunciare immediatamente alle forze di pubblica sicurezza il rinvenimento di sepolcri, tombe, cadaveri e scheletri umani, ancorché attinenti pratiche funerarie antiche, nonché il rinvenimento di cose, consacrate o meno, che formino o abbiano formato oggetto di culto religioso o siano destinate all'esercizio del culto o formino oggetto della pietà verso i defunti. L'appaltatore dovrà altresì darne immediata comunicazione al direttore dei lavori, che potrà ordinare adeguate azioni per una temporanea e migliore conservazione, segnalando eventuali danneggiamenti all'autorità giudiziaria.

## **Art. 8 Sicurezza cantieri. Prevenzione infortuni**

### **8.1 Norme vigenti**

Nell'esecuzione dei lavori, anche se non espressamente richiamate, devono essere osservate le disposizioni delle seguenti norme e di tutte le successive modifiche ed integrazioni:

**D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547** – *Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.*

**D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164** – *Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.*

**D.Lg. 15 agosto 1991, n. 277** – *Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212.*

**D.Lg. 19 settembre 1994, n. 626** – *Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.*

**D.Lg. 14 agosto 1996, n. 493** – *Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro.*

**D.Lg. 14 agosto 1996, n. 494** – *Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.*

**D.Lg. 19 novembre 1999, n. 528** – *Modifiche ed integrazioni al D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 494, recante attuazione della direttiva 92/57/CEE in materia di prescrizioni minime di sicurezza e di salute da osservare nei cantieri temporanei o mobili.*

**Legge 7 novembre 2000, n. 327** – *Valutazione dei costi del lavoro e della sicurezza nelle gare di appalto.*

**D.P.R. 3 luglio 2003, n. 222** - *regolamento sui contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili, in attuazione dell'art. 31, comma 1, della legge 11 febbraio 1994, n. 109*

In generale devono essere rispettate le prescrizioni del piano di sicurezza e di coordinamento, del piano operativo e le indicazioni impartite dal coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o del direttore dei lavori.

### **8.2 Accorgimenti antinfortunistici e viabilità**

L'appaltatore dovrà sottrarre alla viabilità il minor spazio possibile ed adottare i provvedimenti necessari a rendere sicuro il transito di veicoli e pedoni, nonché l'attività delle maestranze.

Fermi tutti gli obblighi e le responsabilità in materia di prevenzione degli infortuni, l'appaltatore risponde della solidità e stabilità delle armature di sostegno degli scavi ed è tenuto a rinnovare o rinforzare quelle parti delle opere provvisorie che risultassero deboli. L'efficienza delle armature dovrà essere verificata giornalmente. Per entrare ed uscire dalla fossa, si devono utilizzare apposite scale a pioli solidamente disposte, facendosi assoluto divieto di utilizzare gli sbatacchi.

L'appaltatore dovrà contornare, a suo esclusivo carico, tutti gli scavi mediante robusti parapetti, formati con tavole prive di chiodi sporgenti e di scheggiature, da mantenere idoneamente verniciate, ovvero con sbarramenti di altro tipo che garantiscano un'adeguata protezione. In vicinanza delle tranvie, le barriere devono essere tenute a distanza regolamentare, e comunque non inferiore a 80 cm dalle relative sedi.

In corrispondenza ai punti di passaggio dei veicoli ed agli accessi alle proprietà private, si costruiranno sugli scavi solidi ponti provvisori muniti di robusti parapetti e – quando siano destinati al solo passaggio di pedoni – di cartelli regolamentari di divieto di transito per i veicoli, collocati alle due estremità. La costruzione, il noleggio e il disfaccimento di tali passaggi provvisori e delle loro pertinenze saranno compensati con gli appositi prezzi d'elenco.

### **8.3 Dispositivi di protezione**

Per i dispositivi di protezione si rimanda alle seguenti norme ed alle successive modifiche ed integrazioni:

**UNI EN 340** – *Indumenti di protezione. Requisiti generali.*

**UNI EN 341** – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi di discesa.*

**UNI EN 352-1** – *Protettori auricolari. Requisiti di sicurezza e prove. Cuffie.*

UNI EN 353-1 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio rigida.*

UNI EN 353-2 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio flessibile.*

UNI EN 354 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Cordini.*

UNI EN 355 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Assorbitori di energia.*

UNI EN 358 – *Dispositivi individuali per il posizionamento sul lavoro e la prevenzione delle cadute dall'alto. Sistemi di posizionamento sul lavoro.*

UNI EN 360 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo retrattile.*

UNI EN 361 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Imbracature per il corpo.*

UNI EN 362 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Connettori.*

UNI EN 363 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Sistemi di arresto caduta.*

UNI EN 364 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Metodi di prova.*

UNI EN 365 – *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Requisiti generali per le istruzioni per l'uso e la marcatura.*

UNI EN 367 – *Indumenti di protezione. Protezione contro il calore e le fiamme. Metodo di prova: Determinazione della trasmissione di calore mediante esposizione a una fiamma.*

## **Art. 9 Specifiche tecniche per l'esecuzione di indagini geognostiche.**

### **9.1 Generalità**

L'impresa esecutrice deve attenersi a quanto definito in questo rapporto, senza apportare variazioni al programma, alle attrezzature o alle modalità esecutive che non siano state preventivamente approvate dalla direzione dei lavori.

Si fa presente che le specifiche tecniche riportate qui di seguito hanno carattere generale; per quanto invece non specificato si farà riferimento alle seguenti raccomandazioni:

- A.G.I. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";  
- A.N.I.S.I.G. "Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche";

In ogni caso si agirà in accordo con la direzione dei lavori.

### **9.2 Prescrizioni di carattere generale**

L'impresa applicherà quanto di seguito specificato, fornendo personale ed attrezzature pienamente rispondenti alle esigenze qualitative dell'indagine.

Durante l'esecuzione delle indagini possono essere apportate modifiche alle modalità esecutive qualora le circostanze contingenti lo richiedano e salvo autorizzazione degli scriventi.

### **9.3 Direzione del cantiere**

Il coordinamento e la direzione dei lavori e del cantiere di indagine sarà affidata ad un geologo che sarà presente in cantiere a tempo pieno e sarà il diretto responsabile dell'esecuzione dei lavori, della compilazione dei dati e della loro trasmissione.

Il responsabile di cantiere è tenuto a disporre in situ di una copia del presente fascicolo e degli eventuali documenti integrativi seguiti alla definizione particolareggiata delle attrezzature e delle modalità esecutive.

### **9.4 Sondaggi geognostici e prove in situ: generalità**

I macchinari di perforazione devono essere di potenza adeguata ed attrezzati per le prestazioni da eseguire.

Qualora l'attrezzatura installata nel cantiere di perforazione non fosse ritenuta idonea allo scopo, la stazione appaltante ha facoltà di richiederne l'immediata sostituzione, sospendendo le indagini sino a sostituzione avvenuta, senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

Le perforazioni dovranno essere eseguite in quei punti preventivamente indicati dalla stazione appaltante, in base al programma di indagine.

L'ubicazione dei punti di perforazione sarà fissata dall'amministrazione appaltante, e rimarrà comunque facoltà della stessa variarla in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

Installazione di macchinari di perforazione in luoghi diversi da quelli concordati comporteranno la reinstallazione dei macchinari ed il riperforamento dei terreni attraversati nel luogo diverso da quello stabilito; ciò senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

Tutte le attrezzature necessarie per lo svolgimento del programma dovranno necessariamente essere presenti in cantiere dal giorno di inizio delle indagini.

Il sondaggio, una volta ultimato, verrà riempito con materiale di risulta, ovvero con miscele cementizie, se esplicitamente richiesto dalla stazione appaltante.

## **Art. 10 Documentazione delle indagini**

### **10.1 Generalità**

La documentazione preliminare del lavoro svolto verrà progressivamente aggiornata nel corso dei lavori e sarà a disposizione della direzione dei lavori e dei consulenti della stessa, quando richiesta; altrimenti sarà trasmessa ai medesimi a fine lavoro.

La documentazione in forma definitiva sarà presentata non oltre 20 giorni solari dal completamento dei lavori e comprenderà anche una pianta contenente l'esatta ubicazione delle prove eseguite.

### **10.2 Consegna dei campioni di terreno**

I campioni destinati al laboratorio dovranno essere imballati con cura in casse il cui peso lordo non superi i 60 kg, avendo cura di evitare danni nel corso del trasporto; i contenitori ed in modo particolare i campioni indisturbati dovranno essere adeguatamente imballati.

Essi saranno consegnati al laboratorio geotecnico prescelto dalla direzione dei lavori per la realizzazione delle relative prove.

### **10.3 Conservazione delle cassette catalogatrici**

Le cassette catalogatrici contenenti il carotaggio saranno sistemate in prossimità del cantiere o in altro luogo da concordarsi con la direzione dei lavori, al riparo dagli agenti atmosferici.

### **10.4 Ubicazione e quote**

La posizione e la quota planimetrica di ciascun punto di indagine saranno definite rispetto al rilievo planoaltimetrico progettuale.

La quota assoluta del piano campagna sarà trascritta sulla scheda stratigrafica per ciascuna indagine. In alternativa l'impresa provvederà a definire quota e posizione planimetrica di ciascun punto di indagine con riferimento a capisaldi indicati e concordati con la direzione dei lavori.

### **10.5 Prescrizioni generali riguardanti i campioni ed i relativi certificati di prova**

Per qualsiasi campione di materiale, prelevato per esami di laboratorio, dovrà essere redatto un regolare verbale in contraddittorio tra la direzione dei lavori e l'impresa appaltatrice o, in sua vece, due testimoni ed essere apposto sul campione il sigillo personale del direttore dei lavori.

Analogo sigillo deve essere apposto sui campioni dal rappresentante dell'impresa appaltatrice principale o dai testimoni.

Il laboratorio presso cui verranno eseguite le prove, dovrà accertare e precisare nel certificato che il campione è pervenuto con sigilli integri. Nel verbale, il direttore dei lavori dovrà indicare il tipo di sigillo impiegato, in maniera da consentire la sua sicura identificazione.

Dovranno essere acquisiti:

- certificati di qualità relativi ai materiali di cui il direttore dei lavori ha autorizzato l'impiego;
- certificati di origine;
- certificati di indagini preventive;
- originale dei verbali di prelievo dei campioni inviati ai laboratori ufficiali;
- certificati di analisi emessi dai laboratori corredati dal visto e dal parere dello stesso direttore dei lavori.

I predetti documenti dovranno essere tutti trasmessi tempestivamente alla direzione dei lavori perché siano allegati fra gli atti della contabilità finale dei lavori principali ed i loro estremi siano menzionati nella relazione di accompagnamento del conto finale.

Il Collaudatore dei lavori principali, oltre a disporre ed eseguire gli opportuni controlli di carattere tecnico, contabile ed amministrativo di sua competenza, si esprimerà esplicitamente in merito ai certificati di qualità e di prova allegati alla contabilità finale dei lavori principali, valutandone la congruità con quanto da lui stesso riscontrato esaminando i lavori cui si riferiscono le prove ed i certificati.

## Art. 11 Sondaggi geotecnici

### 11.1 Generalità

Le perforazioni finalizzate all'esecuzione di *sondaggi geotecnici* sono caratterizzate dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti o "carote";
- prelievo di campioni indisturbati di terreno per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche;
- prove in situ per la determinazione delle proprietà geotecniche;
- campionamento e rilievo del livello delle acque superficiali e sotterranee;
- descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Il dettaglio delle modalità esecutive, l'ubicazione e la profondità dei singoli sondaggi, le prove di laboratorio sui campioni indisturbati, le prove in situ e le relative quote sono precisate, su disposizione della direzione dei lavori, nel programma delle indagini.

Devono in ogni caso essere rispettate le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione emanate con decreto del Ministero dei lavori pubblici dell' 11 marzo 1988.

Per perforazioni superiori a 30 m dovrà essere compilata, a norma della legge n. 464 del 4 agosto 1984, una dettagliata relazione, corredata dalla relativa documentazione, sui dati geologici e geofisici acquisiti.

### 11.2 Attrezzature di perforazione

L'attrezzatura di perforazione deve essere costituita da :

- sonda a rotazione (testa idraulica) a tavola rotary, a mandrino, con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotieri, si ottiene l'avanzamento nel terreno. I requisiti minimi sono indicati in tabella 11.1:

**Tabella 11.1 - Requisiti minimi sonda di perforazione**

|   |          |      |
|---|----------|------|
| Velocità di rotazione                     | 0 - 500  | rpm  |
| Coppia massima                            | ≥ 400    | kg/m |
| Corsa continua                            | ≥ 150    | cm   |
| Spinta                                    | ≥ 4000   | kg   |
| Tiro                                      | ≥ 4000   | g    |
| Pressione pompa (gruppo energia autonomo) | ≥ 70     | bar  |
| Argano a fune                             | presente | ---  |

- pompa con circuito supplementare per il rabbocco del fluido alla testa del foro.
- impianto per la preparazione ed il recupero di eventuali fanghi di circolazione
- corredo della sonda, completo di tutti gli accessori, necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica, e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

### 11.3 Perforazioni a distruzione di nucleo

Questo tipo di perforazione può essere eseguita per l'attraversamento di spessori di cui non interessa un'esatta conoscenza stratigrafica, per l'installazione di strumentazione geotecnica, per l'eventuale riperforazione o per l'esecuzione di prove in situ a determinate profondità. Prelevando campioni del cutting estratto dal foro può essere ricostruita una descrizione indicativa dei terreni attraversati.

Gli utensili utilizzati possono essere:

- triconi o scalpelli di vario tipo;
- martello rotopercussore;
- punte distruttrici con eliche.

Per eseguire il foro è spesso necessario utilizzare fluidi di circolazione (acqua, fango o aria compressa) che vengono immessi nel foro in *circolazione diretta*, attraverso la batteria di aste, o in *circolazione inversa*, lungo le pareti del foro stesso. Il foro sarà sostenuto, a seconda delle esigenze, da tubo di rivestimento, da fluidi di circolazione o tramite la cementazione del foro stesso.

#### 11.4 Perforazioni a carotaggio continuo

Le modalità esecutive del sondaggio saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati consentendo il prelievo continuo di materiale rappresentativo (carote). La tecnica di perforazione deve essere adattata alla tipologia e alla natura del terreno, mediante la scelta appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona, della velocità di avanzamento, della portata e della pressione dell'eventuale fluido di circolazione.

Tale carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato deve essere caratterizzato da una percentuale di recupero  $\geq 85\%$ .

Il carotaggio sarà eseguito a secco, senza fluido di perforazione, se con carotiere semplice (C.S.); con fluido di circolazione se si utilizzano carotieri doppi-tripli (T2, T6 etc.).

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purchè si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto, l'impresa desisterà dall'uso di sistemi "wire-line" per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

Nei terreni prelevati a secco, qualora l'espulsione della carota dal carotiere sia eseguita con pressione idraulica, dovranno essere impiegati tamponi a tenuta.

In terreni scistosi o comunque in ammassi molto fratturati dovranno essere utilizzati carotieri apribili (T6S).

L'eventuale impiego di corone speciali (al diamante) deve essere realizzato in terreni e rocce con durezza da "medio dure" a "molto abrasive".

#### 11.5 Utensili di perforazione

Gli utensili di perforazione devono essere costituiti da :

- *Carotieri semplici*, con valvola di testa a sfera e calice:
  - Diametro nominale  $\varnothing$  est = 101 ÷ 146 mm
  - Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm
- *Carotiere doppio* a corona sottile (T2) o grossa (T6) con estrattore:
  - Diametro nominale  $\varnothing$  est = 101 mm
  - Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm
- *Carotiere doppio* con portacampione interno apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore a calice.
  - Diametro nominale  $\varnothing$  est  $\geq 100$  mm
  - Lunghezza utile L = 150 cm
- *Cestello di ritenuta* alla base per il carotaggio dei tratti costituiti da materiali grossolani sciolti
- *Corone* di perforazione in widia e diamante, del tipo adatto ai terreni incontrati.
- *Aste* di perforazione con filettatura tronco-conica.
  - Diametro esterno  $\varnothing$  est = 60 ÷ 76 mm.

Gli utensili di perforazione da utilizzare saranno comunque tali da consentire l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio senza che avvengano fratturazioni e dilavamento.

#### 11.6 Utensili di pulizia fondo del foro

Gli utensili per la pulizia del foro devono essere costituiti da :

- carotiere semplice, l = 40 ÷ 80 cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di  $45^\circ$  ÷  $90^\circ$  rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse  $\varnothing$  100 mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

#### 11.7 Stabilizzazione del foro di sondaggio

Durante le fasi lavorative, per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica di rivestimento provvisoria o utilizzando fango di tipo bentonitico o a polimeri.

#### 11.8 Rivestimenti provvisori

La necessità della posa di tubi di rivestimento provvisorio nel foro di sondaggio è da valutare in relazione alle reali caratteristiche del terreno: in particolare si adotteranno nei casi in cui sussista il rischio di franamenti delle pareti del foro stesso. Rappresenta il metodo più sicuro di stabilizzazione delle pareti. Vengono inoltre impiegati per fori nei quali si debbano eseguire prove sulle acque sotterranee.

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo  $s = 8 \div 10 \text{ mm}$
- diametro interno  $\varnothing_{\text{interno}} = 107 \div 162 \text{ mm}$
- lunghezza spezzoni  $l = 150 \div 200 \text{ cm}$

L'impresa potrà proporre l'impiego di rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, subordinandone l'uso all'approvazione della direzione dei lavori. L'infissione dei rivestimenti avviene di norma a rotazione con fluido di circolazione. Per garantire la stabilità di eventuali tratti di roccia intensamente fratturati, si ricorre alla cementazione del foro ed alla sua successiva riproforazione.

In particolare:

- la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di certo autosostentamento delle pareti, con l'uso di fluido in circolazione il cui livello deve essere sempre mantenuto mediante aggiunta opportuna fino ad una quota tale da bilanciare la pressione idrostatica nel terreno naturale (in particolare durante l'estrazione della batteria di aste);
- la pressione del fluido sarà minore possibile e controllata tramite manometro; il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto nei limiti minimi, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a  $20 \div 50 \text{ cm}$  dal fondo del foro (con l'esclusione del metodo wire-line);
- nei tratti di perforazione seguiti da prelievo di campioni indisturbati e/o prove in situ al fondo del foro, l'infissione della tubazione di rivestimento, così come la perforazione quando eseguita con fluido di circolazione, deve avvenire evitando punte di pressione del fluido dovute a: infissione molto rapida, formazione di "anelli" all'esterno del rivestimento, formazione di tappi nel carotiere. A tal fine occorre operare (verificando sul manometro o sul display) in modo che la pressione del fluido, al piano lavoro, non superi mai quella naturale alla quota del fondo del foro (pari a circa 0.1 bar per ogni metro di profondità);
- al fine di minimizzare il disturbo al fondo del foro, il rivestimento può essere arrestato 0.5 m al di sopra della quota di campionamento e/o prova di sito prevista.

### 11.9 Stabilizzazione con immissione di fanghi

I fanghi a base di bentonite esercitano un'efficace azione stabilizzante. Essi formano una sottile pellicola impermeabile, la quale esercita una pressione lungo le pareti del foro. Maggiore è la densità del fango e maggiore sarà l'efficacia della stabilizzazione.

Tale metodo è sconsigliato per fori destinati a misure e controlli sulle acque sotterranee.

### 11.10 Stabilizzazione a mezzo di carico d'acqua

In assenza di falde artesiane o di gas, mantenendo il livello dell'acqua nel foro al di sopra del livello della falda freatica si può ottenere la stabilizzazione delle pareti del foro.

Nei terreni non saturi però, l'acqua contenuta nel foro può causare uno squilibrio nelle pressioni interstiziali provocando possibili rigonfiamenti ed ammorbidimenti.

### 11.11 Stabilizzazione a mezzo di cementazione del foro

La cementazione del foro o di parte dello stesso può essere utile per l'attraversamento di intervalli molto fessurati o franosi, per la stabilizzazione e tamponamento delle pareti e per evitare infiltrazioni d'acqua non desiderate. La cementazione può avvenire sia in fase di perforazione che a sondaggio ultimato.

Il riempimento del foro avverrà fino ad una quota superiore di 2.00 ml. rispetto al tetto dello strato da contenere o bonificare.

### 11.12 Stabilità al fondo del foro

La stabilità del fondo del foro sarà assicurata in ogni fase della lavorazione con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessiti di rivestimento provvisorio.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo alla bocca del foro, mediante rabbocchi progressivi, specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, oppure occorre mantenerlo sempre più alto possibile, anche facendo sporgere fino a 1.0 m dal piano di lavoro l'estremità superiore del rivestimento, da mantenersi pieno di fluido.

L'estrazione degli utensili o dei campionatori deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ( $1 \div 2 \text{ cm/sec}$ ), eventualmente intervallata da pause di attesa, al fine di ristabilire la pressione idrostatica del fluido sul fondo del foro. Ciò riguarda le fasi di estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Indesiderabili effetti di risucchio (effetto "pistone") possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore del terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

### 11.13 Pulizia del fondo del foro

La quota del fondo del foro sarà misurata con *scandaglio a filo graduato* prima di ogni manovra di campionamento indisturbato, di prova geotecnica SPT o prima dell'esecuzione di qualunque prova.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite quando la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio supererà le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

### 11.14 Campionamento in foro e prove geotecniche

In tutti i casi nei quali non si verificano repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT deve seguire la manovra di perforazione con carotiere, precedendo il rivestimento a fondo del foro, il quale sarà, se necessario, eseguito a campionamento/prova SPT ultimati.

### 11.15 Controllo della lunghezza delle batterie inserite in foro

La lunghezza esatta delle batterie inserite nel foro sarà misurata e riportata a cura del geologo responsabile della sonda in una apposita tabella.

### 11.16 Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione può essere costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici o addittivati;
- agenti schiumogeni.

L'utilizzo di sola acqua è tassativamente prescritto nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri, è ammesso l'uso di acque o di fanghi polimerici biodegradabili entro 72 h.

L'impresa potrà proporre, salvo approvazione, l'utilizzo di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione dei detriti ed eventuale sostentamento, debba essere in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione.

La pompa utilizzata per la circolazione dei fanghi dovrà avere una potenza atta a sviluppare una adeguata velocità di fuoriuscita dei fanghi stessi dal foro, onde impedire la decantazione dei detriti nel foro di sondaggio.

Il fango bentonitico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- viscosità, misurata con viscosimetro Marsh,  $> 35^\circ$  Marsh;
- acqua libera  $\leq 2\%$ .

La confezione e la circolazione del fango bentonitico devono essere eseguite mediante l'utilizzo di adeguati mescolatori, pompe, vasche di decantazione ed eventuali additivi di appesantimento o intasanti.

La composizione del fango bentonitico, prima dell'impiego, deve possedere i requisiti di uniformità, costanza e stabilità richiesti; durante l'impiego non deve dar luogo a fenomeni di flocculazione.

Può essere autorizzato e/o espressamente richiesto l'impiego di acqua anziché fango bentonitico.

Possono essere inoltre utilizzati fanghi polimerici o altri fanghi speciali (ad esempio biodegradabili) subordinati all'approvazione della direzione dei lavori

### 11.17 Perforazione in materiali litoidi

La perforazione a carotaggio continuo di materiali litoidi verrà eseguita a mezzo di carotiere doppio T2 o similari, con diametro non inferiore a 85 cm, utilizzando acqua pulita come fluido di circolazione.

Prima di ogni operazione di carotaggio, l'operatore si accerterà dell'ottimo funzionamento del meccanismo che permette la rotazione autonoma del carotiere esterno.

L'uso di bentonite e/o polimeri sarà permesso solo in presenza di roccia molto fratturata e dietro autorizzazione della direzione dei lavori.

### 11.18 Strumenti di controllo e prova

Devono far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freatimetro;
- penetrometro tascabile, fondo scala  $\geq 5 \text{ kg/cm}^2$ ;
- Vane Test, fondo scala  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

### 11.19 Chiusura e sistemazione finale del foro

Ogni foro, al termine delle indagini, deve essere richiuso procedendo al relativo riempimento.

L'intasamento si realizzerà con:

- iniezione di miscele cementizie;
- iniezione di miscele cementizie addizionate di bentonite o argilla;
- immissione di sabbia;
- inserimento di materiali di risulta.

#### 11.19.1 Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Se richiesto dalla direzione dei lavori, il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100;
- cemento: 30;
- bentonite: 5.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Solamente previo autorizzazione della direzione dei lavori è possibile tralasciare l'intasamento del foro di sondaggio.

### 11.20 Sistemazione sul piano campagna della bocca di sondaggio

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile o se in esso è stata installata strumentazione geotecnica, al fine di evitare manomissioni esterne e per permettere l'esecuzione dei controlli periodici e delle varie letture, si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del foro al piano campagna: si dovrà installare una flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o di un conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile secondo le indicazioni della direzione dei lavori.

### 11.21 Cassette catalogatrici e carote

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo o plastica), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera; tali cassette, di consistenza tale da essere trasportate ed impilate, hanno dimensioni di circa  $1.0 \times 0.6 \times 0.15 \text{ m}$ .

Le carote coesive verranno scortecciate, le lapidee lavate. Appositi setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o targhette adesive, a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio, con le quote di inizio e di fine di tali prelievi.

Sul fondo di ogni scomparto, su richiesta della direzione dei lavori, deve essere posto un foglio di plastica trasparente (tipo polietilene) di dimensioni tali da poter essere anche risvoltato a coprire e proteggere le carote, una volta sistemate nella cassetta catalogatrice.

Sui bordi di ciascuna cassetta verranno riportate le quote delle carote rispetto al piano campagna e sui coperchi verranno applicate etichette adesive contenenti i seguenti dati:

- committente;
- lavoro;
- sondaggio
- numero della cassetta;
- quote (da m. .... a m. .... );
- data esecuzione.

### 11.22 Fotografie a colori

Le singole cassette verranno fotografate con pellicola a colori o tramite fotocamera digitale entro 24 ore dal loro completamento. Si richiede la completa leggibilità di tutte le indicazioni esistenti sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute.

Tale documentazione fotografica verrà allegata in stratigrafia o in relazione tecnica assieme agli eventuali negativi.

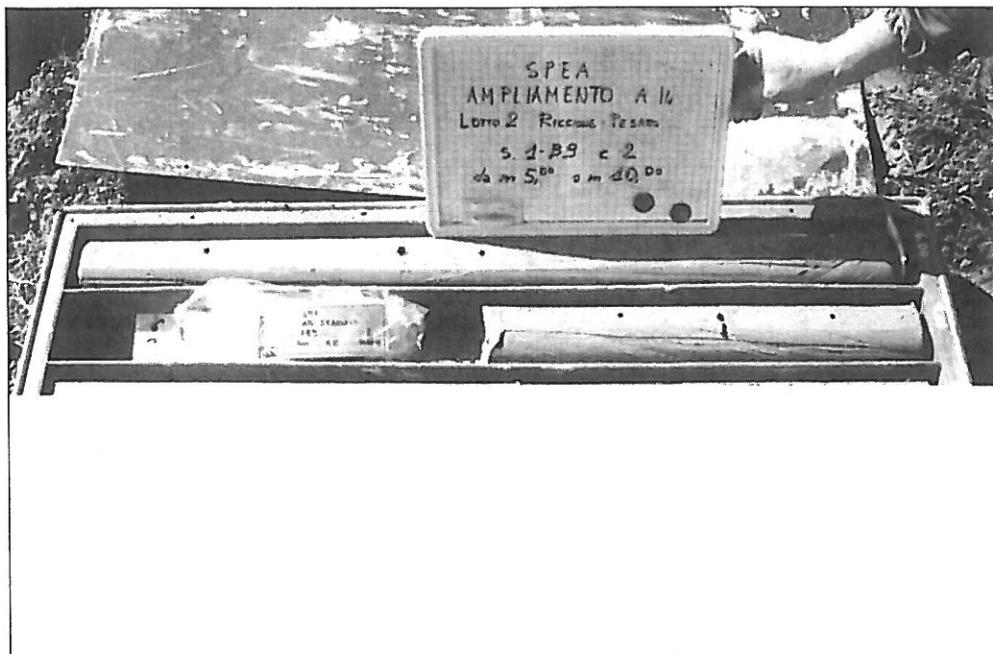


Fig. 11.1 . – Cassetta catalogatrice

### 11.23 Moduli da fornire al committente per sondaggi geotecnici

Il geologo responsabile del cantiere ha il compito di compilare e conservare tutta la modulistica relativa al cantiere stesso, che verrà consegnata al direttore dei lavori elaborata non oltre 20 giorni dalla conclusione dei lavori.

## Art. 12 Rilievo stratigrafico

### 12.1 Generalità

Il geologo responsabile del cantiere realizzerà un profilo stratigrafico (fig. 12.1) del sondaggio, inteso come rappresentazione della successione dei terreni attraversati dai mezzi di indagine; tale profilo sarà composto dai seguenti elementi.

#### 12.1.1 Dati generali e tecnici

I dati generali e tecnici dovranno riportare:

Denominazione del Cantiere;

Committente;

Impresa esecutrice;

Numero del sondaggio;

Quota;

Inclinazione del sondaggio rispetto la verticale:

- date di perforazione (inizio e fine).
- metodi di perforazione utilizzati nei diversi spessori.
- attrezzatura impiegata.
- utensili di perforazione (carotieri).
- diametro di perforazione.
- diametro e lunghezza del rivestimento.
- fluido di circolazione.

Parametri di perforazione: Tempi di manovra, di velocità e di spinta di avanzamento

Profondità di prelievo dei campioni indisturbati e rimaneggiati

| LOG TERRE           | Committente _____     | Data inizio _____     | LIVELLO FALDA                 |            |              |                          |                |     |                    |                                       |                            |                        |      |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------|--------------|--------------------------|----------------|-----|--------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------|------|
|                     | Cantiere _____        | Data fine _____       | data                          | prof. foro | prof. rivas. | livello H <sub>2</sub> O |                |     |                    |                                       |                            |                        |      |
|                     | Località _____        | Rif. _____            |                               |            |              |                          |                |     |                    |                                       |                            |                        |      |
|                     | Data _____            | Quota _____           |                               |            |              |                          |                |     |                    |                                       |                            |                        |      |
| SOND. N. _____      |                       | Foglio _____          | METODO DI PERFORAZIONE: _____ |            | DIAM.: _____ | SONDA: _____             | Foglio _____   |     |                    |                                       |                            |                        |      |
| RIVESTIMENTO: _____ |                       |                       | OPERATORE: _____              |            |              |                          |                |     |                    |                                       |                            |                        |      |
| PROF. DAL P. C.     | ATTREZZO DI PERFORAZ. | MANOVRA DI CAROTAGGIO | RIVESTIMENTO                  | CAMP.      | DESCRIZIONI  | PERCENTUALE cuneiforme   | PROF. DAL P.C. | RQD | S.P.T.             | PENETROM TASCABILE kg/cm <sup>2</sup> | TORVANE kg/cm <sup>2</sup> | STRUTTURAZIONE IN FORO | NOTE |
|                     |                       |                       |                               |            |              |                          |                |     | N ocl <sup>1</sup> |                                       |                            |                        |      |
|                     |                       |                       |                               |            |              |                          |                |     | Prof. x 15 cm      |                                       |                            |                        |      |
|                     |                       |                       |                               |            |              |                          |                |     | Prof.              |                                       |                            |                        |      |

N. cassette catalogatrici

|  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO | <input type="checkbox"/> CAMPIONE DISTURBATO                 |
| CAMPIONATORE: D = Danison                      | M = Mazier    O = Oesterberg    S = Shelby    * = camp S.P.T |

Fig. 12.1. - Profilo stratigrafico

#### 12.1.1.1 Parametri di perforazione

Su richiesta della direzione dei lavori, per tutta la perforazione e/o parte di essa, dovranno essere registrati, in funzione della profondità di perforazione, tramite idonei sensori di misura collegati ai circuiti di trasmissione oleopneumatica, i seguenti parametri:

- velocità di rotazione dell'utensile ( $V_r$ );
- velocità istantanea di avanzamento ( $V_a$ );
- pressione relativa alla spinta che agisce sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione di iniezione del fluido di circolazione (PIF);
- pressione relativa alla coppia di rotazione trasmessa.

Ove possibile dovrà essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione o opportunamente attrezzata.

#### 12.1.2 Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica deve riportare:

- tipo di terreno o di roccia;
- condizioni di umidità naturale;
- consistenza;
- colore o colore prevalente;
- struttura;
- particolarità aggiuntive;
- litologia ed origine;
- percentuale di recupero;
- rilievo del livello dell'acqua nel foro;
- eventuali franamenti, perdite di circolazione, cavità;
- Quote di eventuali prove geotecniche in foro.

Per la rappresentazione e restituzione della stratigrafia si descrivono gli elementi da trattare in base alla tipologia di terreno o roccia riscontrati. Si sottolinea il fatto che alcuni dei parametri sono descrivibili sia nel caso di terreni che di rocce.

##### 12.1.2.1 Terreni non rocciosi

###### 1) Recupero % di carotaggio

Per i materiali non rocciosi viene definito come il rapporto percentuale tra la lunghezza della carota recuperata  $L_c$  e la lunghezza della battuta  $L_b$  presa in considerazione:

$$\text{Recupero}\% = 100 \cdot \frac{L_c}{L_b}$$

Il suo valore viene riportato graficamente in stratigrafia inspessendo il tratto corrispondente al valore riscontrato e riportando il valore numerico in colonna.

###### 2) Tipo di terreno

a) Composizione granulometrica approssimata del terreno in esame, con riferimento alla tabella 12.1.

La descrizione dovrà essere conforme alle raccomandazioni AGI.

Si elenca per primo il nome del costituente principale, seguito dal costituente secondario nella forma:

- preceduto dalla preposizione "con", se rappresenta una percentuale compresa fra il 25% ed il 50 %;
- seguito dal suffisso "oso", se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25 %;
- preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10 %.

b) per quanto riguarda la frazione ghiaiosa e ciottolosa è necessario descrivere il *grado di arrotondamento e/o appiattimento*, con riferimento alla tabella 12.2.

Specificare inoltre la natura litologica ed il diametro massimo della ghiaia, dei ciottoli e dei blocchi e precisare il grado di uniformità della composizione granulometrica.

###### 3) Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità naturale del terreno saranno definite utilizzando uno dei seguenti termini:

- asciutto;
- debolmente umido;
- umido;
- molto umido;
- saturo.

E' fondamentale nell'interpretazione descrivere la condizione propria del terreno naturale, escludendo quanto indotto dalla circolazione di fluido connesso alle modalità di perforazione adottate.

Tabella 12.1. - Tipo di terreno

| Definizione                         |                         | Diametro dei grani (mm)      | Criteri di identificazione  |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|---|
| Blocchi                             |                         | >200                         | <i>Visibili ad occhio nudo</i>  |
| Ciottoli                            |                         | 200÷60                       |   |
| Ghiaia                              | grossa<br>media<br>fine | 60÷20<br>20÷6<br>6÷2         |   |
| Sabbia                              | grossa<br>media<br>fine | 2÷0.6<br>0.6÷0.2<br>0.2÷0.06 |   |
| Limo                                |                         | 0.06÷0.002                   | Solo se grossolano è visibile a occhio nudo, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato fra le dita.       |
| Argilla                             |                         | <0.002                       | I frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita, si disgrega in acqua lentamente, liscia al tatto, plastica, non dilatante, appiccica alle dita, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione |
| Terreno agrario organico o vegetale |                         |                              | Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali   |
| Torba                               |                         |                              | Predominano resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità   |

Tabella 12.2. - Arrotondamento

| Definizione     | Arrotondamento | Descrizione  |
|-----------------|----------------|--|
| Angolare        | 0-0.15         | Nessun smussamento   |
| Sub-angolare    | 0.15-0.25      | Mantiene forma originale con evidenze di smussamento                       |
| Sub-arrotondata | 0.25-0.40      | Smussamento considerevole e riduzione - dell'area di superficie del calsto |
| Arrotondata     | 0.40-0.60      | Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta         |
| Ben-arrotondata | 0.60-1         | Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate                   |

#### 4) Consistenza e addensamento

Per i terreni coesivi e semicoesivi verrà valutata la consistenza del terreno, mentre per i terreni incoerenti o granulari sarà misurato il grado di addensamento.

La consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi sarà descritta con riferimento alla tabella 12.3, misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta dopo averla scortecciata ed applicando lo strumento nel nucleo; la frequenza di esecuzione della misura lungo una carota è di 20 ÷ 30 cm.

In aggiunta alle prove eseguite con il penetrometro tascabile dovranno essere eseguite, sempre sulla carota appena estratta e scortecciata e alternandole alle prime, prove con lo scissometro tascabile; i risultati dovranno essere annotati nell'apposita colonna in stratigrafia.

Nel caso di terreni granulari si esprimerà la consistenza in termini di addensamento, con riferimento alla tabella 12.4.

Tabella 12.3. - Consistenza terreni coesivi

| Definizione               | Resistenza al penetrometro tascabile (kg/cm <sup>2</sup> ) | Prove manuali   |
|---------------------------|--|---|
| Privo di consistenza      | < 0,25   | Espelle acqua quando strizzato fra le dita  |
| Poco consistente          | 0,25 ÷ 0,5   | Si modella fra le dita con poco sforzo; si scava facilmente                       |
| Moderatamente consistente | 0,5 ÷ 1,0  | Si modella fra le dita con un certo sforzo. Offre una certa resistenza allo scavo |
| Consistente               | 1,0 ÷ 2,0  | Non si modella fra le dita. E' difficile da scavare                               |
| Molto consistente         | > 2,0  | E' molto resistente fra le dita e si scava con molta difficoltà                   |

Tabella 12.4. - Addensamento terreni granulari

| N <sub>spt</sub> | Valutazione dello stato di addensamento | Prove manuali  |
|------------------|---|--|
| 0 - 4            | Sciolto                                 | Si scava facilmente con un badile                                    |
| 4 - 10           | Poco addensato                          | Si scava abbastanza facilmente con badile e si penetra con una barra |
| 10 - 30          | Moderatamente addensato                 | Difficile da scavare con badile, o da penetrare con barra            |
| 30 - 50          | Addensato                               | Molto difficile da penetrare; si scava con piccone                   |
| > 50             | Molto addensato                         | Difficile da scavare con piccone                                     |

### 5) Colore

Nel caso di sondaggi in terreno per l'identificazione di questo parametro è necessario fare riferimento alle carte colorimetriche "Munsell soil" o alla "Rock color chart". Queste tavole forniscono dei nominativi identificativi per ciascun colore dominante, la gradazione (*hue*), la luminosità relativa (*value*) ed il tono (*chroma*). Nel caso di terreni grossolani il colore da descrivere è quello della matrice.

Nel caso di sondaggi in roccia si potranno adottare definizioni più generiche, avendo cura però di distinguere il colore della roccia intatta da quello delle superfici delle fratture o discontinuità, evidenziando ciò che può dare indicazioni sulla presenza di filtrazione idrica (sarà descritto scegliendo o combinando i seguenti termini):

- rosa; - rosso; - viola; - arancione; - giallo; - marrone; - verde; - grigio; - nero.

### 6) Particolarità aggiuntive

Per particolarità aggiuntive si intendono tutte quelle caratteristiche non inserite in alcuna descrizione precedente che siano significative ai fini di una schematizzazione geotecnica.

Si segnala a titolo di esempio la presenza di quanto segue:

- radici;
- manufatti, riporti, materiali di discarica;
- fossili o residui organici vegetali;
- sostanze deperibili, friabili, solubili;
- effervescenza all'acido HCl in soluzione diluita al 5%.

### 7) Simboli grafici per rappresentare terre e rocce

Nei profili stratigrafici è necessario adottare, per una più facile lettura in corrispondenza della colonna della descrizione del materiale, simboli grafici rappresentanti i diversi tipi litologici.

### 8) Rilievo del livello dell'acqua nel foro

Nel corso della perforazione verrà rilevato in forma sistematica il livello dell'acqua nel foro.

Le misure verranno eseguite tramite sondina piezometrica (fig. 12.2) o freatimetro in particolare prima e dopo ogni interruzione di lavoro (sera, mattina, altre pause), con annotazione di quanto segue:

- livello acqua nel foro rispetto al p.c.;
- quota del fondo del foro;
- quota della scarpa del rivestimento;
- data ed ora della misura;

Tali annotazioni devono comparire nella documentazione definitiva del lavoro.

#### 12.1.2.2 Terreni rocciosi e cementati

La parte dei moduli stratigrafici dedicata alla descrizione dei materiali litoidi riporterà oltre ai dati già descritti per le terre anche le seguenti voci: (fig. 12.3 ):

- recupero % di carotaggio;
- RQD;
- dimensione degli spezzoni di roccia;

- natura e caratteri strutturali;
- grado di alterazione;
- tipo di discontinuità;
- natura delle superfici;
- inclinazione delle superfici di debolezza;
- scabrezza delle superfici di discontinuità (JRC);
- riempimento;
- spaziatura;
- apertura;
- persistenza.

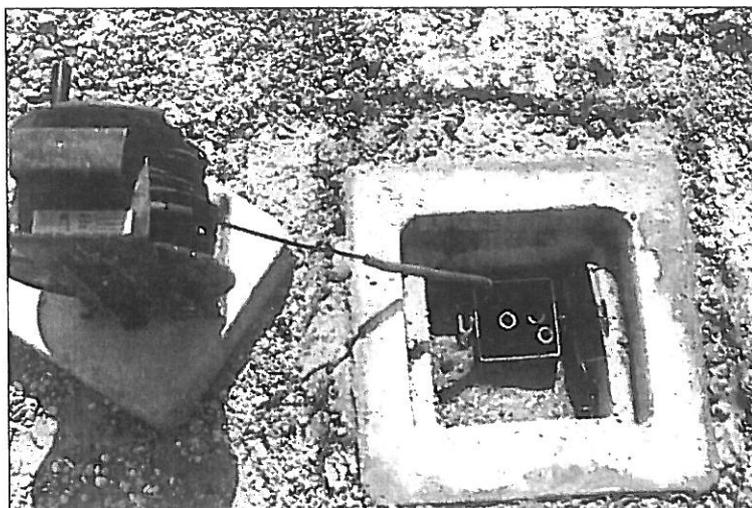


Fig. 12.2. - Sonda piezometrica

#### 1) Recupero % di carotaggio

Per i materiali rocciosi viene definito come il rapporto percentuale tra la sommatoria delle lunghezze dei singoli spezzoni di carota  $L_{sp}$  e la lunghezza perforata  $L_c$  presa in considerazione:

$$Recupero\% = 100 * \frac{\sum(L_{sp})}{L_c}$$

Il suo valore viene riportato graficamente in stratigrafia inspessendo il tratto corrispondente al valore riscontrato e riportando il valore numerico in colonna.

#### 2) RQD (Rock Quality designation – Recupero % modificato)

E' definito come il rapporto percentuale tra la sommatoria dei soli spezzoni di carota aventi lunghezza maggiore o uguale a 100 mm ( $L_{\geq 100}$ ) ed il tratto di lunghezza perforato ( $L_c$ ) presa in considerazione:

$$RQD = 100 * \frac{\sum(L_{\geq 100})}{L_c}$$

Per lunghezza del tratto perforato si intende l'effettivo avanzamento, anche se minore della lunghezza del carotiere. Tale valore va calcolato considerando solo le discontinuità naturali della roccia, apprezzando la lunghezza di ciascun spezzone lungo l'asse di carote aventi diametro  $\geq 53.10$  mm, estratte utilizzando carotieri doppi. Nell'eventualità di una rottura accidentale della carota in fase di estrazione dal carotiere o al momento della disposizione in cassetta catalogatrice, le parti risultanti devono essere conteggiate come unico pezzo.

Di norma devono essere considerate discontinuità naturali caratteristiche dell'ammasso le fratture lisce, apparentemente fresche ma non ricongiungibili e quelle contenenti prodotti di degradazione meteorica o alterazioni, elementi cementanti nonché striature.

Attraverso l'indice RQD è possibile fornire una valutazione sulla qualità della roccia presa in esame (tabella 12.5.).

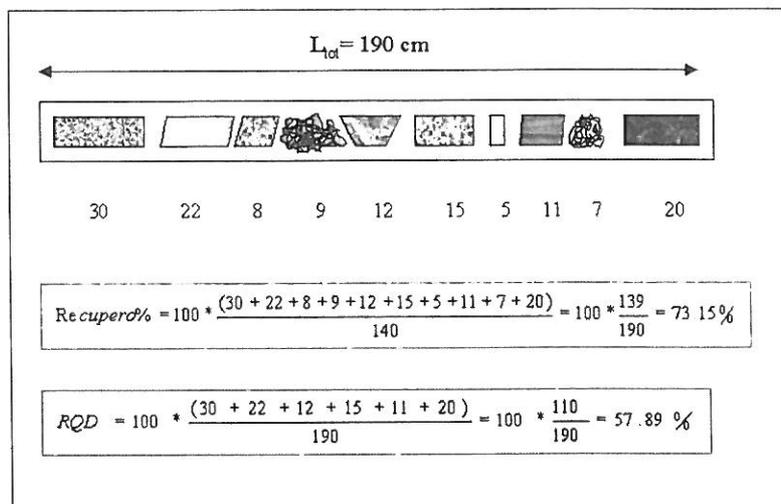


Fig. 12.4 . - Recupero % di carotaggio e RQD

Tabella 12.5. - Qualità della roccia attraverso RQD

| Rqd    | Qualità della roccia  |
|--------|-----------------------|
| 0-25   | <i>molto scadente</i> |
| 25-50  | <i>scadente</i>       |
| 50-75  | <i>discreta</i>       |
| 75-90  | <i>buona</i>          |
| 90-100 | <i>eccellente</i>     |

### 3) Dimensione degli spezzoni di roccia

La definizione di tale parametro deriva dall'esigenza di specificare e definire il valore RQD. La lettura simultanea delle voci RQD e dimensione degli spezzoni fornisce infatti una visione globale sulle caratteristiche dell'ammasso. In stratigrafia devono comparire tre colonne che, da sinistra verso destra indicano:

- spezzoni con dimensioni inferiori a 5 cm;
- spezzoni con dimensioni comprese tra 5 e 10 cm;
- spezzoni con dimensioni superiori a 10 cm;

### 4) Natura e caratteri strutturali

Le rocce, riferendosi alle classifiche litologiche, vengono riconosciute riportando i principali costituenti e descrivendo i caratteri strutturali relativi al loro stato di aggregazione, alle dimensioni dei granuli costituenti ed alla loro forma.

Si definiscono:

- struttura compatta: se non è possibile distinguere i componenti della roccia ad occhio nudo;
- struttura granulare: se è possibile distinguere i componenti della roccia ad occhio nudo.

Tabella 12.6. - Stratificazione

| Spaziatura media (mm) | Termini descrittivi              |
|-----------------------|----------------------------------|
| < 2000                | Stratificazione in banchi        |
| 2000 ÷ 600            | Strati di elevato spessore       |
| 600 ÷ 200             | Strati di medio spessore         |
| 200 ÷ 60              | Strati di sottile spessore       |
| 60 ÷ 20               | Strati di spessore molto sottile |
| 20 ÷ 6                | Laminazione                      |
| < 6                   | Sottile laminazione              |

A tale tipo di struttura appartiene la:  
 struttura cristallina: i singoli elementi sono costituiti da individui cristallini (es. granitoide)  
 struttura clastica: i singoli elementi sono costituiti da frammenti di rocce o minerali cementati.  
 - Struttura orientata: i singoli elementi di roccia sono allineati secondo una direzione.

A tale tipo di struttura appartiene la:  
 struttura laminata: la roccia si divide in frammenti con forma di lamine o scaglie  
 struttura scistosa: la distribuzione dei minerali micacei avviene secondo superfici piano-parallele. La roccia è divisibile secondo tali superfici

- Stratificazione

Indicare i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura, definibile in accordo alla tabella 12.6.

Dovrà essere indicata anche la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazioni o laminazioni incrociate.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (es.: sabbie ed argille, marne e calcareniti) possono essere definite con il termine di "interstratificazione":

- scistosità, piani di taglio: indicare la presenza, la spaziatura e le caratteristiche della scistosità (orientazione visiva della roccia dovuta a minerali lamellari e prismatici) e di piani di taglio (in terreni coesivi, granulari o rocciosi).

- strutture particolari: indicare la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legate a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

### 5) Grado di alterazione

Sono individuati e distinti sei gradi di alterazione per i quali però non è necessario definire in dettaglio i processi di decomposizione e di disgregazione con riferimento alla tabella 12.7.

Tabella 12.7. - Grado di alterazione

| Definizione     | Descrizione  |
|-----------------|--|
| Assente         | Nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti.  |
| Debole-Moderata | Le superfici di debolezza presentano patine di ossidazione da locali a diffuse e possono essere decolorate, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità.   |
| Media           | La decolorazione penetra nella roccia per spessori superiori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Sono visibili i primi segni di disgregazione della roccia in particolar modo lungo i piani di scistosità (lamine e piccole scaglie non del tutto separate dalla superficie). |
| Elevata         | La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati tra loro.  |
| Intensa         | La roccia è completamente decolorata, decomposta e friabile, con l'aspetto esteriore di un suolo. Internamente la struttura originale può essere riconosciuta, la separazione fra i cristalli è completa.  |

### 6) Tipo di discontinuità

Con il termine "discontinuità" si definisce un piano o una superficie di debolezza presente all'interno dell'ammasso roccioso. Tipi di discontinuità:

fratture (FR): superfici o piani di discontinuità in senso lato con o senza materiale di riempimento.

faglie (FG): superfici di debolezza lungo i cui lembi si sono avuti spostamenti relativi, sottolineati talora dalla presenza di striature; l'attrito tra i due piani può dare origine a fenomeni di brecciatura e fratturazione.

scistosità (SC): tessitura determinata dalla disposizione preferenziale in letti o bande (cristallizzazione orientata) come effetto di spinte tettonico/metamorfiche.

### 7) Natura delle superfici

Per le superfici di discontinuità prive di riempimento è necessario fornire la resistenza di parete utilizzando lo sclerometro di Schmidt; tale strumento consente di determinare un indice JCS correlabile, in funzione della densità della roccia, alla resistenza a compressione.

Una stima speditiva alternativa può essere fornita in funzione dell'entità della scalfitura provocata da una punta di acciaio:

- superficie soffice: scalfibile con l'unghia

- superficie di media durezza: scalfibile con punta di acciaio

- superficie dura: scalfibile debolmente con punta di acciaio

8) Inclinazione delle superfici di debolezza

L'inclinazione di una superficie di debolezza viene definita come l'angolo, misurato in senso orario, che il piano perpendicolare alla direzione di perforazione forma con la superficie di discontinuità.

9) JRC (Scabrezza delle superfici di discontinuità - Joint roughness coefficient)

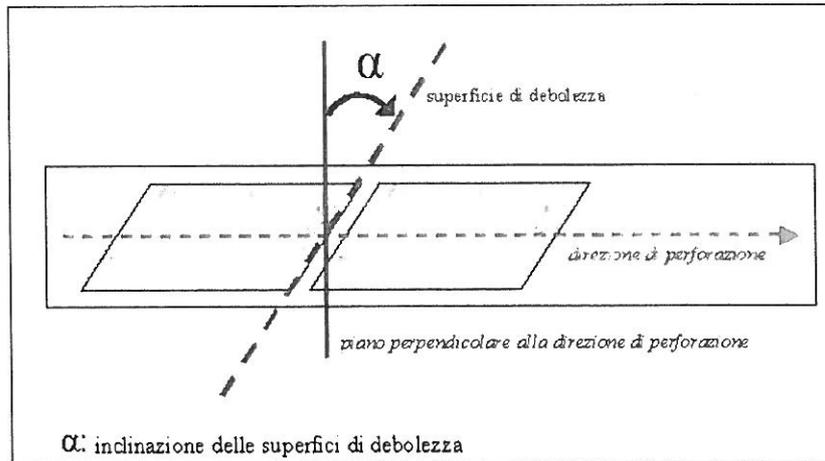


Fig. 12.5. - Inclinazione delle superfici di debolezza

La scabrezza delle superfici di discontinuità viene valutata utilizzando un opportuno profilatore (pettine di Barton) che permette di ricavare l'impronta della carota lungo una direzione. Il profilatore deve essere applicato lungo la direzione di massima inclinazione della superficie e lungo la sua perpendicolare ottenendo così due distinti profili. Il valore JRC, variabile da 0 a 20, viene ottenuto sovrapponendo i due profili con quelli di riferimento riportati in fig. 12.6. In stratigrafia si inseriranno prima il JRC misurato lungo la massima inclinazione seguito da quello misurato lungo la perpendicolare. (esempio: 10-12/8-10)

10) Riempimento

In corrispondenza di ciascuna superficie di discontinuità deve essere descritto anche l'eventuale riempimento presente e la sua natura, in accordo ai criteri adottati per le terre.

11) Spaziatura

Indicare la spaziatura dei giunti con riferimento alla tabella 12.8..

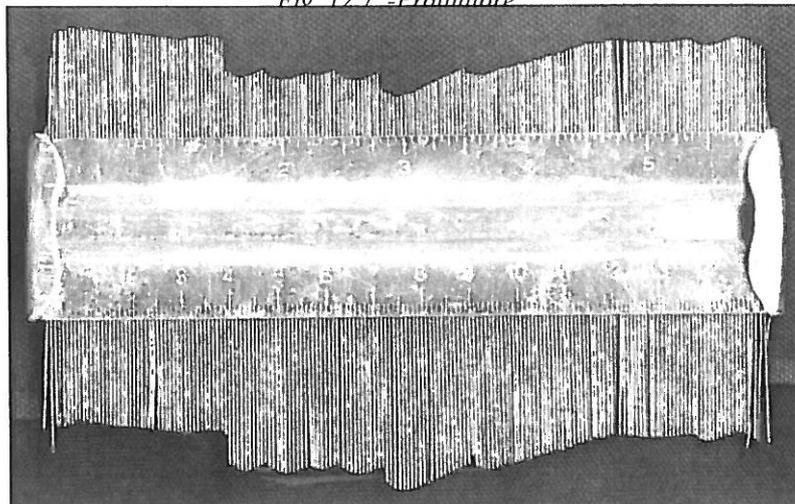
| PROFILI TIPICI DI RUGOSITÀ |  | JRC   |
|----------------------------|--|-------|
| 1                          |  | 0-2   |
| 2                          |  | 2-4   |
| 3                          |  | 4-6   |
| 4                          |  | 6-8   |
| 5                          |  | 8-10  |
| 6                          |  | 10-12 |
| 7                          |  | 12-14 |
| 8                          |  | 14-16 |
| 9                          |  | 16-18 |
| 10                         |  | 18-20 |
|                            |  | SCALA |

Fig. 12.6. - Profili di scabrezza

Tabella 12.8. - Spaziatura e fratturazione

| Spaziatura delle fratture | Termini descrittivi                |
|---------------------------|------------------------------------|
| < 5 cm                    | Fratture molto ravvicinate         |
| 5 ÷ 30 cm                 | Fratture ravvicinate               |
| 30 ÷ 100 cm               | Fratture moderatamente ravvicinate |
| 100 ÷ 300 cm              | Fratture distanziate               |
| > 300 cm                  | Fratture molto distanziate         |

Fig. 12.7. -Profilatore



#### 12) Apertura

Rappresenta la distanza tra le pareti di una discontinuità fra le quali non sia presente materiale di riempimento.

#### 13) Persistenza

Descrivere anche la *persistenza* ovvero se la discontinuità termina o meno.

#### 14) Colore

Nel caso di sondaggi in terreno per l'identificazione di questo parametro è necessario fare riferimento alle carte colorimetriche "Munsell soil" o alla "Rock color chart". Queste tavole forniscono i nominativi identificativi per ciascun colore dominante, la gradazione (*hue*), la luminosità relativa (*value*) ed il tono (*chroma*). Nel caso di terreni grossolani il colore da descrivere è quello della matrice.

Nel caso di sondaggi in roccia si potranno adottare definizioni più generiche, avendo cura però di distinguere il colore della roccia intatta da quello delle superfici delle fratture o discontinuità, evidenziando ciò che può dare indicazioni sulla presenza di filtrazione idrica (sarà descritto scegliendo o combinando i seguenti termini):

- rosa; - rosso; - viola; - arancione; - giallo; - marrone; - verde; - grigio; - nero.

#### 15) Particolarità aggiuntive

Per particolarità aggiuntive si intendono tutte quelle caratteristiche non inserite in alcuna descrizione precedente che siano significative ai fini di una schematizzazione geotecnica.

Si segnala a titolo di esempio la presenza di quanto segue:

- radici;
- manufatti, riporti, materiali di discarica;
- fossili o residui organici vegetali;
- sostanze deperibili, friabili, solubili;
- cementazione più o meno regolare e relativo grado;
- effervescenza all'acido HCl in soluzione diluita al 5%.

#### 16) Litologia ed origine

Il tipo litologico sarà definito nel caso di terreni da semi-litoidi a rocciosi.

Nelle tabelle 12.9, 12.10 e 12.11 vengono indicati alcuni criteri classificativi relativi ad alcune categorie di comune riferimento; qualora il tipo litologico da descrivere non rientri nei casi sottoindicati, sarà cura del responsabile di cantiere indicare, sia pure per categorie principali, la corretta definizione.

Ciò vale in particolare per le rocce cristalline intrusive, effusive laviche e metamorfiche, per le quali i sistemi di classificazione sono basati sulla composizione mineralogica o chimica e non possono essere riassunti nel presente testo, sia per la loro complessità che per il fatto di richiedere determinazioni diverse dalla sola osservazione macroscopica o dai semplici criteri di prova applicabili in cantiere.

Oltre al tipo litologico, quando riconoscibile, potranno essere precisate per tutti i terreni informazioni sull'origine del terreno, distinguendo in modo particolare:

- terreni derivati da trasporto e sedimentazione dei materiali;
- terreni rimasti in situ, specificando se sono riconoscibili azioni fisico-chimiche di alterazione, sostituzione, cementazione.

**Tabella 12.9.- Rocce sedimentarie terrigene carbonatiche - Termini di transizione**

| Granulometria clasti costituenti |        | Definizione                  |            |                    |            |
|----------------------------------|--------|------------------------------|------------|--------------------|------------|
|                                  |        | Clasti terrigeni             |            | Clasti carbonatici |            |
| Argilla                          |        | Argillite                    |            | Calclutite         |            |
| Limo                             |        | Siltite                      |            | Calcsiltite        |            |
| Sabbia                           | fine   | Arenaria                     | fine       | Calcarenite        | fine       |
|                                  | media  |                              | media      |                    | media      |
|                                  | grossa |                              | grossolana |                    | grossolana |
| Ghiaia                           | fine   | Conglomerato<br>o<br>Breccia | fine       | Calcinudite        | fine       |
|                                  | media  |                              | media      |                    | media      |
|                                  | grossa |                              | grossolana |                    | grossolana |

**16) Simboli grafici per rappresentare terre e rocce**

Nei profili stratigrafici è necessario adottare, per una più facile lettura in corrispondenza della colonna della descrizione del materiale, simboli grafici rappresentanti i diversi tipi litologici.

**Tabella 12.10. - Depositi sedimentari terrigeni e carbonatici**

| CaCO <sub>3</sub> (%) | Definizione               |
|-----------------------|---------------------------|
| 0 - 5                 | argilla - argillite       |
| 5 - 15                | argilla debolmente mamosa |
| 15 - 25               | argilla mamosa            |
| 25 - 35               | marna argillosa           |
| 35 - 65               | Marna                     |
| 65 - 75               | marna calcarea            |
| 75 - 85               | calcare mamoso            |
| 85 - 95               | calcare debolmente mamoso |
| 95 - 100              | Calclutite                |

Note: è opportuno specificare il grado di cementazione che, spesso, è funzione della percentuale di CaCO<sub>3</sub>, anche se non necessariamente. Il contenuto di CaCO<sub>3</sub> può essere stimato in base alla effervescenza dell'acido cloridrico diluito al 5%.

**Tabella 12.11. - Depositi vulcanici piroclastici**

| Granulometria clasti costituenti | Definizione     |                            |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------|
|                                  | Tufo            | Tufite                     |
| Argilla                          | Cinerite        | Tufite argillosa           |
| Limo                             | Tufo cineritico | Tufite limosa              |
| Sabbia                           | Tufo e lapilli  | Tufite sabbiosa o arenacea |
| Ciottoli e blocchi               | Agglomerato     | Tufite conglomeratica      |

Note:  
 Tufo = deposito piroclastico primario  
 Tufite = deposito piroclastico primario commisto a sedimenti non vulcanici  
 Specificare il grado di saldatura o cementazione dei depositi, che può anche essere nullo.

### 17) Rilievo del livello dell'acqua nel foro

Nel corso della perforazione verrà rilevato in forma sistematica il livello dell'acqua nel foro.

Le misure verranno eseguite tramite sondina piezometrica in particolare prima e dopo ogni interruzione di lavoro (sera, mattina, altre pause), con annotazione di quanto segue:

- livello dell'acqua nel foro rispetto al p.c.;
- quota del fondo del foro;
- quota della scarpa del rivestimento;
- data ed ora della misura.

Tali annotazioni devono comparire nella documentazione definitiva del lavoro.

## Art. 13 - Campionamento durante i sondaggi geotecnici

### 13.1 Generalità

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campioni:

- a) "*campioni rimaneggiati*", raccolto fra i testimoni del carotaggio di qualsiasi litologia;
- b) "*campioni indisturbati*", prelevato con campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi;
- c) "*spezzoni di carota lapidea*", prelevati dal carotaggio in terreni rocciosi.

I campioni a) e b) devono assicurare una rappresentazione veridica della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni b) e c) non devono subire deformazioni strutturali rilevanti conservando inalterati:

- contenuto d'acqua (solo b);
- peso di volume apparente;
- deformabilità;
- resistenza al taglio.

I campioni devono essere prelevati tenendo conto delle esigenze dell'indagine ovvero del grado di qualità richiesto e delle quantità necessarie per le prove di laboratorio.

### 13.2 Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati vengono prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio; sono i campioni ottenuti con i normali utensili di perforazione e devono essere conservati ordinatamente nelle apposite cassette catalogatrici (campioni con grado di qualità Q1-Q2) oppure sigillati in sacchetti o barattoli di plastica a tenuta stagna per consentirne la conservazione e la misura del tenore di umidità (campioni con grado di qualità Q3); essi dovranno essere contraddistinti da un cartellino indelebile posto all'esterno del sacchetto o del barattolo, riportandone la data di prelievo, il nome del campione (rappresentato da lettere alfabetiche) e del sondaggio, nonché l'indicazione del cantiere. Tali dati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

La quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 gr. per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani. Nella scelta si avrà cura di eliminare le parti di campione alterabile dall'azione del carotiere (corteccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.). Tali campioni devono essere rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato.

### 13.3 Campioni indisturbati

Sono i campioni recuperati con appositi utensili chiamati campionatori, scelti in base alle caratteristiche del terreno. Hanno un grado di qualità pari a Q4-Q5. I campionatori da utilizzare impiegano la fustella a pareti sottili in acciaio inox, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto  $L/D = 8$

- rapporto delle aree o coefficiente di parete:

$$c_p = \frac{D_{cst}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 = 9 \div 13 \%$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0,0 \div 1,0 \quad \text{secondo necessità}$$

- diametro utile  $\geq 85$  mm

dove:

L = lunghezza utile della fustella

$D_i$  = diametro interno della fustella

$D_{est}$  = diametro esterno della fustella  
 $D$  = diametro all'imboccatura della fustella.

La fustella deve essere preferibilmente in acciaio inossidabile e comunque priva di corrosione, liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. Il prelievo dei campioni può essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

- a.1) campionatore a pistone, tipo Osterberg;
- a.2) campionatore a fune, tipo RODIO - NENZI (RO-NE);
- a.3) campionatore rotativo a pareti sottili, tipo CRAPS;
- a.4) altri campionatori (in tutti i casi subordinandone l'uso alla preventiva autorizzazione della direzione dei lavori).

Il campionatore Osterberg, a parete sottile, è il più comune dei tipi a pistone; può essere utilizzato con profitto in terreni a grana fine o coesivi, con consistenza da tenera a media ed aventi resistenza al taglio  $\leq 20$  t/mq, in relazione alla potenza della pompa utilizzata. Funziona bene anche in sabbie, fino a quelle mediamente addensate.

Il campionatore a fune con pistone agganciabile permette il campionamento in terreni la cui consistenza arresterebbe la fustella spinta idraulicamente. Sostituisce validamente il classico Shelby, avendone la stessa capacità penetrativa (utilizza la spinta meccanica della batteria di aste), con i vantaggi del pistone.

Il campionatore CRAPS, con scarpa sporgente e fustella a pareti sottili permette di campionare i terreni compatti a grana fine o coesivi, la cui consistenza arresterebbe l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste.

I campionatori quali i tradizionali Shelby, Denison e Mazier, possono essere utilizzati solo in seguito alla preventiva autorizzazione da parte della direzione dei lavori e comunque sotto la completa responsabilità dell'impresa per quanto riguarda l'esito del campionamento. Altri tipi di campionatore possono essere presentati dall'impresa stessa, per essere sottoposti a preventivo esame da parte della direzione dei lavori.

I campionatori a parete sottile con pistone e quello rotativo a doppia parete, sono costituiti da cilindri di acciaio inox sagomati a tagliente nella parte terminale, e devono avere le seguenti dimensioni:  
 - diametro interno non inferiore a 85 mm;  
 - lunghezza utile  $\geq 60$  cm.

Le dimensioni del campione rotativo a tripla parete devono essere:  
 - diametro interno  $\geq 65$  mm;  
 - lunghezza da 60 a 100 cm.

I campionatori rotativi consistono in due tubi di acciaio: uno rotante esterno ed uno fisso interno; quello a doppia parete ha anche la funzione diretta di contenitore per la spedizione dei campioni al laboratorio; quello a tripla parete ospita a tal fine un apposito cilindro di lamiera o in PVC.

Il tubo esterno è fornito di una corona avvitata all'estremità inferiore, mentre quello interno è sagomato a tagliente e sporge da quello esterno di una quantità dipendente dalla consistenza del terreno da campionare.

I campionatori rotativi vengono fissati nel terreno per mezzo di rotazione e pressione, usando fluidi di circolazione, mentre i campionatori a parete sottile con pistone devono essere infissi a pressione ed in un'unica tratta.

Tabella 13.1. - Scheda riassuntiva sui tipi di campionatore secondo le "Raccomandazioni A.G.I."

|  |  |
|--|--|
| Campionatori pesanti a percussione   | Generalmente predisposti con astuccio interno di contenimento, talvolta con dispositivo di ritenuta alla base (estrattore, molla a cestello);  |
| Campionatori a pareti sottili  | Previsti generalmente per terreni coesivi a grana fine, poco o moderatamente consistenti. Il tubo di infissione, in acciaio di qualità, è impiegato anche come contenitore e pertanto deve essere resistente alla corrosione (acciaio inossidabile oppure zincato o cadmiato oppure termoplastificato).<br>Rientrano tra i campionatori a parete sottile i campionatori a pistone e quelli a pressione idraulica (Shelby a pressione e Osterberg, a pistone). Il campionatore Osterberg è impiegato solo in terreni coesivi e semicoesivi teneri e medi; |
| Campionatori a rotazione (rotativi) a doppia o tripla parete con scarpa tagliente avanzata | Si impiegano in terreni coesivi di elevata consistenza nei quali non sia possibile l'infissione di campionatori a pressione o a pistone; il tubo interno non rotante, che funziona da contenitore, è spinto nel terreno mentre il tubo esterno, rotante e dotato di corona tagliente, asporta il terreno circostante; per un buon campionamento è indispensabile che la scarpa del tubo interno sporga rispetto alla scarpa del tubo rotante.  |

### 13.3.1 Osservazioni aggiuntive

L'infissione del campionatore deve sempre avvenire in un'unica tratta.

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto tra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori fra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si rivestirà prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio 0,2 ÷ 0,5 m più in alto della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo del foro.

Si deve inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di circolazione nella fase di installazione dei rivestimenti. A tal fine, la pressione del fluido alla testa del foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) (da escludere nelle fasi di campionamento Osterberg, ove sono necessarie pressioni maggiori)

### 13.3.2 Campioni semidisturbati con campionatore a pressione/percussione

Il prelievo verrà eseguito con campionatore cosiddetto "a pareti grosse" con fustella di plastica inserita, diametro adeguato alla granulometria del terreno ed al diametro del foro, comunque avente diametro utile (del campione) non inferiore a 85 mm.

Se necessario il campionatore deve essere munito di cestello di ritenuta alla base. L'infissione avverrà a percussione o a pressione in base alla compattezza del terreno.

In alternativa a questo tipo di campionatore potrà essere richiesto l'impiego del campionatore rotativo a tripla parete e scarpa avanzata tipo Denison o Mazier aventi diametro utile (della carota) non inferiore a 70 mm.

### 13.3.3 Campioni indisturbati con campionatore a pistone stazionario e rotativo

La fustella da impiegare è sempre quella a pareti sottili, costituita da un cilindro di acciaio inox avente rapporto fra lunghezza utile e diametro utile pari a 8, nonchè rapporto delle aree compreso fra 9 e 13. Il cilindro deve essere pulito, liscio, privo di cordoli e non ovalizzato. Il diametro utile sarà  $\geq 85$  mm

Il più comune dei campionatori a pareti sottili con pistone è quello tipo Oersterberg (\*) che quando utilizzato con una buona pompa può prelevare campioni:

- in terreni coesivi aventi resistenza al taglio fino a 30 t/mq;
- in sabbie da sciolte a mediamente addensate.

Per terreni di compattezza superiore a quella di utilizzazione dell'Oersterberg, l'impresa impiegherà possibilmente il campionatore a pareti sottili a pistone trattenuto da fune (\*\*), oppure quello a pareti sottili rotativo con scarpa avanzata (\*\*\*), entrambi spinti meccanicamente dal "pull down" della sonda agente sulla batteria di aste.

Ove il campionatore rotativo sopra descritto non fosse disponibile, potrà essere impiegato il campionatore rotativo a tripla parete, tipo Danison, ma con scarpa migliorata (\*\*\*\*).

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter riportare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo la sporgenza della fustella del carotiere in rotazione esterno può essere scelta a priori fra 0.5 e 3-4 cm, ma deve poi rimanere costante durante il prelievo.

In terreni coesivi la scarpa (estremità inferiore) del rivestimento metallico provvisorio deve essere mantenuta 0.2 ÷ 0.5 m più alta della quota di inizio prelievo. Inoltre si deve evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione, nella fase di installazione dei rivestimenti. A tal fine, la pressione del fluido alla testa del foro, dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) (da escludere nelle fasi di campionamento con Oersterberg, ove sono necessarie pressioni ben più alte)

### 13.3.4 Spezzoni di carota lapidea e/o di strati cementati

In terreni cementati e rocciosi si prelevano dal carotaggio spezzoni di lunghezza  $\geq 15$  cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato. Gli spezzoni di carota devono essere puliti, paraffinati ed inseriti in un involucro rigido di protezione (contenitori cilindrici di PVC); l'intercapedine tra la carota ed il cilindro verrà riempita con paraffina fusa che verrà impiegata anche per sigillare le due estremità. A maggiore protezione delle estremità verrà applicato nastro adesivo. Sui contenitori dovrà essere applicata una targhetta adesiva sulla quale viene indicato il cantiere di lavoro, il numero del sondaggio, la quota del prelievo, la data e il tipo di carotiere usato. Tali dati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

### 13.4 Indicazioni sul campione

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:

- 1) committente;
- 2) cantiere;
- 3) numero del sondaggio;
- 4) numero del campione;
- 5) profondità di prelievo;
- 6) tipo di campionatore impiegato;
- 7) data di prelievo;
- 8) parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione, previa accurata pulizia della testa e della coda del campione.

### 13.5 Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo, protette dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto verrà effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni sotto la diretta responsabilità dell'impresa esecutrice.

## Art. 14 - Strumentazione geotecnica

### 14.1 Generalità

Al termine della perforazione possono essere poste in opera particolari strumentazioni geotecniche quali:

- Piezometri;
  - celle di Casagrande
- Tubi inclinometrica

### 14.2 Piezometro di Casagrande

E' uno strumento posto in opera in fori di sondaggio, finalizzato alla misura della pressione neutra dell'acqua in particolari intervalli di profondità. Presenta tempi di risposta relativamente brevi dato il piccolo volume di acqua contenuto nello strumento. Isolando il tratto di misura questo tipo di piezometro è indicato anche in corrispondenza di falde sospese minori; il suo impiego è limitato ai terreni con permeabilità medio-bassa ( $K > 10^{-5}$  cm/sec).

Nei normali fori di sondaggio è possibile installare 1 o 2 celle piezometriche. Per una corretta installazione è comunque necessario che il foro stesso sia realizzato con l'ausilio di tubi di rivestimento.

#### 14.2.1 Strumentazione

La verticale strumentale completa deve essere costituita dai seguenti elementi:

- cella o celle di Casagrande;
- tubi di misura e di spurgo e manicotti.

##### 14.2.1.1 Cella piezometrica o Casagrande

La cella piezometrica deve essere composta da un filtro a candela e da un telaio. Il filtro, avente un diametro esterno di circa 55 mm e lunghezza compresa tra 100 e 500 mm, deve essere costituito da agglomerato di silice, o materiale equivalente, con porosità compresa tra 0,2 e 0,6 mm; il telaio deve avere ad una estremità due raccordi da 1/2".

Tutti i materiali che costituiscono la cella piezometrica devono essere tali da evitare l'aggressione da parte della ruggine.

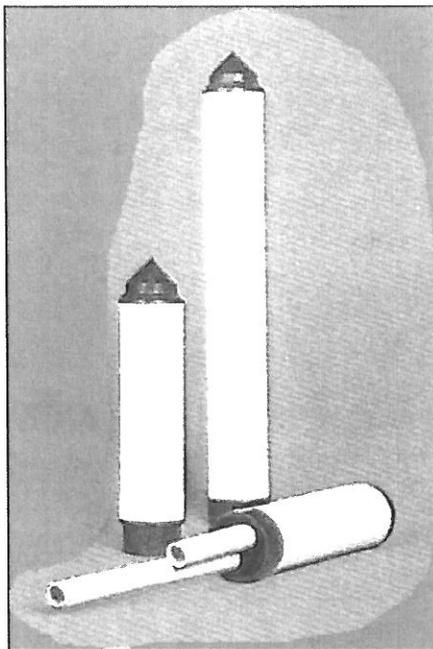
##### 14.2.1.2 Tubi di misura e di spurgo

Ogni cella piezometrica deve essere munita di un tubo di misura e di un tubo di spurgo in PVC aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro nominale 1/2";
- lunghezza degli spezzoni pari a 3 m uniti tramite appositi manicotti
- filetti: gas normale.

Le celle predisposte per la misura automatica della colonna d'acqua avranno uno dei due tubicini di diametro maggiorato (1.5" gas) per permettere l'inserimento all'interno della tubazione di un trasduttore di pressione elettrico. L'innesto tra la cella e la tubazione da 1.5" dovrà essere realizzato mediante apposito raccordo idraulico.

L'utilizzo di celle o tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della direzione dei lavori.



**Fig. 14.1 - Cella di Casagrande**

#### 14.2.2 Modalità di installazione

Le modalità di installazione sono le seguenti:

- controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;
- se richiesto, riempimento del foro con malta di cemento-bentonite-acqua (50-10-100 parti in peso), fino alla quota di 1.5 m. al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro, con ritiro progressivo del rivestimento;
- posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite ( $\varnothing=1-2$  cm.) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m., con ritiro ulteriore del rivestimento;
- abbondante lavaggio del foro con acqua pulita immessa dal fondo;
- controllo della profondità del foro;
- posa di uno strato (spessore 0.5 m.) di materiale granulare pulito uniforme e saturo ( $\varnothing=1-4$  mm.), ritirando i rivestimenti; tale operazione deve avvenire con il foro pieno d'acqua;
- controllo della profondità del foro;
- discesa a quota del piezometro preventivamente saturato (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti mediante sigillanti idraulici;
- posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0.5 m.) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna sia sempre presente sabbia;
- posa di un tappo impermeabile di palline bentonitiche di circa 15 cm, costipate con pestello ad aste, con progressivo ritiro del rivestimento;
- posa di uno strato di 15 cm di ghiaia compattata con pestello;
- realizzazione di un ulteriore strato di 15 cm con palle di bentonite compattate tramite pestello;
- innalzamento graduale della colonna di rivestimento mentre si compiono le operazioni di sigillatura;
- cementazione del tratto di foro rimanente, come nel caso del primo riempimento, fino alla sommità (se non prevista l'installazione della seconda cella piezometrica), ritirando gradualmente la colonna di rivestimento;
- spurgo della cella con acqua pulita per almeno 20 minuti;
- protezione delle estremità dei tubi con tappi avvitati.

- posa di un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave per la protezione dei terminali piezometrici. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate al direttore dei lavori. A protezione ulteriore del tubo metallico può essere posato un pozzetto in calcestruzzo di profondità sufficiente per evitare lo scalzamento ad opera delle acque superficiali e/o la manomissione da parte di maleintenzionati. Qualora si preveda di installare all'interno della stessa perforazione due celle Casagrande a differenti profondità, deve essere eseguito un adeguato tappo impermeabile che consenta un completo isolamento fra le due celle piezometriche. Tale isolamento può essere realizzato con strati alternati di palline di bentonite e ghiaietto dello spessore di circa 10 cm per una lunghezza totale di almeno 3 m;
- esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra, fino a completa stabilizzazione del livello dell'acqua nel foro; la misura del livello dovrà essere eseguita in entrambi i tubi del piezometro, controllando così che il circuito e il filtro siano liberi da bolle d'aria o impurità che possano impedire il libero flusso dell'acqua; in caso di rilevamento di un livello dell'acqua non uguale nei due tubi, dovrà essere eseguito il lavaggio dei tubi; a questa fase di controllo dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro.

#### 14.2.3 Documentazione

La documentazione comprenderà, per ciascuna cella (o coppia) installata:

- informazioni generali;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabelle e grafici con letture piezometriche eseguite.

#### 14.3 Sistemazione esterna per qualsiasi tipo di piezometro

Per qualunque tipo di piezometro è fondamentale prevedere la sistemazione esterna della bocca di perforazione. E' necessario predisporre:

- pozzetto di protezione cementato in modo da evitare scalzamento provocato da eventuali percolazioni, scorrimento di acque superficiali e manomissioni da parte di malintenzionati;
- flangia esterna di protezione con chiusura a lucchetto;
- locale o cabina per la sistemazione della centralina di lettura dei dati per piezometri di tipo elettropneumatico.

#### 14.4 Installazione di tubi inclinometrici

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici o potenziometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

I tubi inclinometrici sono caratterizzati da una sezione circolare, provvista di quattro scanalature o guide, con funzioni di guida per la sonda inclinometrica, con diametro esterno di 80÷90 mm e lunghezza non inferiore a 3,0 m.

Tabella 15.4. - Caratteristiche tecniche dei tubi inclinometrici

| <b>TUBI INCLINOMETRICI</b>               |  |
|--|--|
| Dimensioni                               | $\varnothing_{int}$ guide = 80÷82 mm                     |
| Dimensioni                               | $\varnothing_{est}$ guide = 86÷88 mm                     |
| Lunghezza tubi                           | 3 m  |
| Materiali                                | alluminio, vetroresina, ABS, PVC, o altro purché idoneo  |
| Eventuali protezione                     | anodizzazione o verniciatura con vernici epossidiche     |
| Angolo di spirallatura max               | 1°/m   |
| Perpendicolarità delle sezioni terminali | $\pm 1^\circ$  |
| <b>MANICOTTI DI GIUNZIONE</b>            |  |
| Dimensioni                               | $\varnothing_{int}$ guide = 87÷89 mm                     |
| Lunghezza                                | 300 mm   |
| Materiali                                | alluminio, vetro resina, ABS, PVC, o altro purché idoneo |

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti | $\pm 2^\circ/\text{giunto}$ |
|   |                             |

Per l'accettazione della fornitura si richiede che:

- la spirality dei tubi sia inferiore a  $0,5^\circ/\text{metro lineare}$ ,
  - la perpendicolarità delle sezioni terminali dei tubi deve essere garantita con la tolleranza di  $1^\circ$
- I tubi, realizzati in spezzoni di 3,0 m, sono assemblati mediante manicotti di giunzione, la cui lunghezza non deve essere inferiore a 300 mm e devono presentare le seguenti dimensioni:

- $\varnothing_{\text{int}} \text{ guide manicotto} \approx \varnothing_{\text{est}} \text{ guide tubo (+ 0.1 mm. max)}$ ;
- il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti, non dovrà comunque essere superiore a  $1^\circ/\text{giunto}$ .

I tubi inclinometrici possono essere realizzati nei seguenti materiali:

- alluminio (UNI 3569/66),
- ABS : installati in ambiente aggressivo (ambienti alcalini, presenza di correnti vaganti, ecc.) in luogo dei tubi in alluminio di spessore minimo non inferiore a 4 mm, il cui utilizzo tuttavia dovrà essere subordinato a preventiva autorizzazione da parte della direzione dei lavori.

Le caratteristiche dei tubi e dei manicotti di giunzione sono riportate nella tabella 15.4.

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazioni o verniciatura con resine epossidiche); per tali ambienti aggressivi è comunque consigliabile l'utilizzo di inclinometri in ABS.

La cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere eseguita mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

In nessun caso potranno essere installati tubi inclinometrici in materiali diversi (ad es. PVC o vetroresina).

Normative e specifiche di riferimento:

- ASTM D 4622 - 86 (1993) - Standard Test Method for Rock Mass Monitoring Using Inclinometers

#### 14.4.1 Modalità di posa in opera dei tubi inclinometrici

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico che nella parte a massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm. A questa misura va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione (Rilsan);
- deviazione globale dalla verticale max 1,5%.

Prima dell'installazione vera e propria dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e manicotti non devono presentare lesioni o schiacciamenti dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non devono presentare sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- efficienza del tubo per l'iniezione di miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna inclinometrica;
- la composizione della miscela di cementazione deve essere costituita da acqua, cemento pozzolanico e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno;
- verifica della quota del fondo del foro.

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita; mantenere il foro pieno il più possibile di acqua e verificare la profondità con lo scandaglio;
- preassemblare i tubi in spezzoni di 6,0 m, terminanti ad un estremo con un manicotto.

La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:

- inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
  - praticare i fori per i rivetti (4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
  - mantenendo in posizione il manicotto mediante spine, introdurre l'altro tubo e forare; rimuovere il manicotto;
  - applicare un sottile strato di mastice sul tubo ed all'interno del manicotto; attendere almeno 5 minuti;
  - infilare il primo tubo sul manicotto e chiodare con rivetti;
  - evitando bruschi movimenti che possano causare torsioni, fasciare abbondantemente con nastro autovulcanizzante.
- montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;

- d) inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorire l'affondamento);
- e) bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente il manicotto di giunzione;
- f) inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio, la rivettatura e la sigillatura del giunto;
- g) allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione; bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente il manicotto;
- h) procedere di seguito fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti, provvedendo, ad intervalli opportuni, a fissare al tubo inclinometrico i tubetti di iniezione;
- i) completata la colonna, inserire all'interno del tubo inclinometrico un tubo di iniezione (se previsto) agganciato alla valvola di fondo a perdere; iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ( $P = 2 \text{ atm}$ ) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno del tubo (l'operazione si considera ultimata dopo avere osservato, per un congruo intervallo di tempo, la fuoriuscita di miscela in superficie). Un altro metodo possibile è l'iniezione di miscela dal fondo del foro attraverso un tubicino di plastica a perdere (Rilsan) che viene affiancato al tubo inclinometrico: l'iniezione deve essere effettuata lentamente con una bassa pressione. I rivestimenti di perforazione devono essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito dalla testa del foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a piano campagna; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- l) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo inclinometrico di un tubo di protezione in acciaio o PVC pesante (diametro interno minimo  $D = 0.12 \text{ m}$ , lunghezza  $L = 1,0 \text{ m}$ . Il tubo sporgerà di  $10 \div 15 \text{ cm}$ . dalla sommità del tubo inclinometrico e sarà provvisto di un coperchio in acciaio con chiusura antigelo, dotato di lucchetto;
- m) terminata la cementazione il tubo inclinometrico sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita; l'attrezzo dovrà essere dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide e consentire un prolungato ed efficace lavaggio interno della colonna inclinometrica.

#### 14.4.2 Collaudo del tubo inclinometrico e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di  $10 \div 15$  giorni dalla installazione del tubo, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo e la verifica della rispondenza dell'inclinazione e della spirallatura della tubazione alle specifiche di accettazione.

Le operazioni di collaudo e la lettura iniziale di riferimento saranno eseguite dalla società incaricata del successivo monitoraggio, in contraddittorio con l'impresa e alla presenza della direzione dei lavori. La strumentazione necessaria per il collaudo della tubazione inclinometrica dovrà comprendere una sonda testimone per il controllo dell'integrità della tubazione, una sonda inclinometrica, con le caratteristiche tecniche già specificate per il controllo della verticalità ed una sonda spiralometrica, a controllo meccanico o elettronico, che consenta la misura dell'azimut del tubo in ogni sezione con una sensibilità non inferiore a  $0.1^\circ/\text{m}$ .

Il controllo verrà eseguito calando nel foro una sonda testimone (di caratteristiche analoghe a quella da utilizzarsi per le successive misure), facendola scorrere lungo le quattro guide del tubo fino a fondo del foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata nelle quattro guide, senza incontrare ostacoli, sia in discesa che in risalita. In questa fase inoltre verrà scelta la guida di riferimento (guida 1), preferibilmente orientata secondo la probabile direzione di movimento, se ne misurerà l'azimut, e si numereranno le guide:

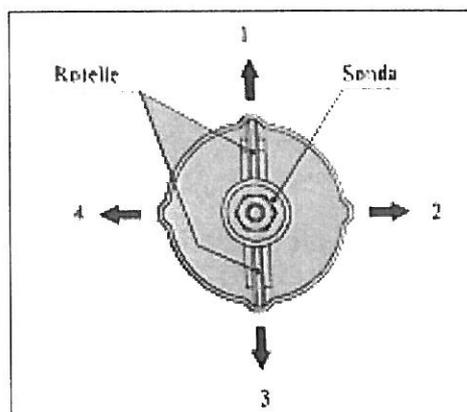


Fig. 15.2. - Numerazione guide per lettura

Successivamente dovranno essere verificate anche la verticalità e la spirality del tubo, che verrà dichiarato idoneo se la deviazione dalla verticale rilevata sarà inferiore al 2% e se la spirality totale sarà inferiore a 0.5°/metro lineare.

#### *14.4.3 Documentazione per posa di inclinometri*

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali;
- log stratigrafico del sondaggio;
- schema geometrico delle tubazioni installate;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato e del cemento usato nella miscela, insieme a composizione e quantità della stessa per quanto assorbita.

#### *14.4.4 Manutenzione e gestione dei tubi*

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o se durante l'esecuzione delle misure ne emergesse la necessità, si deve procedere ad un calaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo. Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione.

Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato alla testa del tubo.

## **Art. 15 - Prove geotecniche di laboratorio**

### **15.1 Generalità**

#### *15.1.1 Requisiti generali del laboratorio*

L'attività del laboratorio di prova dovrà essere condotta in accordo alla norma UNI-CEI-EN 45001 - Criteri generali per il funzionamento di laboratori di prova.

Il laboratorio di prova dovrà essere competente per l'esecuzione delle prove in programma; il personale tecnico sarà in numero sufficiente, avrà adeguata formazione ed aggiornamento documentabili e farà capo ad un responsabile di laboratorio

#### *15.1.2 Locali di prova*

L'ambiente in cui le prove vengono eseguite non deve in alcun modo invalidarne i risultati né influenzare le misure: i locali di prova dovranno essere opportunamente protetti da condizioni anomale quali temperatura, polveri, umidità, vapori, vibrazioni, disturbi o interferenze elettromagnetiche; dovranno inoltre essere sufficientemente spaziosi e dotati di apparecchiature e sorgenti di alimentazione adeguate.

Per quanto riguarda ambienti particolari quali camera umida di conservazione o zona di preparazione provini e assemblaggio delle prove, i locali dovranno essere dotati di strumentazione di controllo e condizionamento ambientale.

L'accesso alle zone di prova dovrà essere controllato e regolato da procedure.

#### *15.1.3 Apparecchiature di prova*

Il laboratorio di prova deve essere fornito di tutte le apparecchiature necessarie per la corretta esecuzione delle prove in programma.

Tutte le apparecchiature devono essere conservate con cura e devono essere disponibili idonee procedure di manutenzione.

Per le apparecchiature di prova principali dovrà essere disponibile un sistema di registrazione in cui sia riportato

- il nome dell'apparecchiatura;
- il nome del fabbricante, l'identificazione del tipo ed il numero di serie;
- la data di acquisizione e la data di messa in servizio;
- lo stato al momento del ricevimento;
- le operazioni di manutenzione eseguite;
- i danni subiti e le riparazioni eseguite;
- copia del certificato di taratura di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Una copia delle schede di registrazione delle apparecchiature da utilizzare nell'ambito della Commessa dovrà essere sottoposta alla direzione dei lavori prima dell'inizio dell'attività di prova. Gli strumenti di misura e le apparecchiature di prova dovranno essere sottoposte a taratura secondo un programma temporale adeguato al carico di lavoro del laboratorio, e comunque ad intervalli non superiori ai sei mesi. La taratura degli strumenti di misura e di prova dovrà essere effettuata in modo da garantire la riferibilità delle misure effettuate alla catena metrologica internazionale. Copia dei certificati di taratura delle apparecchiature e degli strumenti di misura utilizzati per l'esecuzione delle prove, di data non anteriore di sei mesi la data di prova, dovrà accompagnare il rapporto di prova emesso dal laboratorio a conclusione dell'incarico.

#### *15.1.4 Identificazione dei campioni*

Sarà necessario presentare alla direzione dei lavori le procedure adottate dal laboratorio prove per l'identificazione dei campioni e delle parti di campioni da sottoporre a prova. Al momento del ricevimento dei campioni si dovrà controllare la corrispondenza con le distinte o le stratigrafie di accompagnamento, segnalando immediatamente qualsiasi difformità alla direzione dei lavori.

Tutti i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova (provini) dovranno essere chiaramente identificati da una sigla o da un codice che accompagnerà il campione o il provino in tutte le fasi dell'attività di laboratorio (conservazione, preparazione dei provini da sottoporre a prova, esecuzione delle prove, preparazione della documentazione di prova e del rapporto finale di prova); dovrà inoltre essere stabilita una corrispondenza tra il codice adottato dal laboratorio per l'identificazione dei campioni e dei provini e il sistema di identificazione utilizzato durante il prelievo in situ, in modo che i risultati delle prove di laboratorio siano sempre chiaramente attribuibili.

Prima dell'inizio delle attività di laboratorio dovrà essere redatta e trasmessa alla direzione dei lavori una scheda contenente:

- la località di prelievo;
- il numero del sondaggio o del pozzetto esplorativo;
- la profondità di prelievo;
- il codice adottato nel corso del campionamento;
- il codice identificativo del campione o del provino adottato in laboratorio;
- il programma di prove indicato dalla società;
- il programma temporale di attuazione.

#### *15.1.5 Conservazione dei campioni*

I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche naturali. All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente alla direzione dei lavori eventuali danni alle fustelle che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni (ovalizzazioni, deformazioni anomale, etc.).

I campioni dovranno essere conservati in cella umidificata a temperatura ed umidità controllata in modo da garantire il mantenimento dei seguenti parametri ambientali:

- temperatura :  $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$
- umidità relativa  $> 95\%$

Al termine delle attività di prova, i campioni residui non sottoposti a prova dovranno essere conservati in ambiente ad atmosfera controllata e potranno essere avviati a discarica, unitamente ai campioni ed ai provini sottoposti a prova, idoneamente conservati, solo previa autorizzazione della direzione dei lavori o, salvo diverse indicazioni, dopo 2 anni dalla fine dei lavori.

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio, i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova dovranno essere trattati e manipolati in modo di minimizzare il disturbo ad essi arrecato e di alterarne il meno possibile le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

In particolare si dovrà avere la massima cura per evitare di:

- alterare significativamente il contenuto d'acqua;
- modificare la struttura del terreno;
- applicare sollecitazioni tali da alterare lo stato tensionale residuo;
- modificare la composizione granulometrica del terreno.

Risulta di conseguenza necessario che le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini siano effettuati in ambienti con temperatura intorno ai  $20^{\circ}$  ed umidità non inferiore al  $75\%$ , meglio se ad atmosfera controllata; in ogni caso le condizioni ambientali della zona di preparazione dei provini devono essere tali da assicurare variazioni del contenuto d'acqua non superiori all' $1\%$ .

In linea di principio, l'inizio delle analisi o prove programmate dovrà immediatamente seguire l'apertura dei campioni; nel caso in cui l'inizio delle attività di prova debba essere necessariamente procrastinato, i provini già confezionati, opportunamente siglati e sigillati, dovranno essere conservati nel locale ad atmosfera controllata utilizzato per la conservazione dei campioni. Durante le fasi di montaggio

e di avvio delle prove dovrà essere garantito il mantenimento delle condizioni originarie dei campioni, segnalando le eventuali variazioni connesse alle procedure di prova ed evitando ogni tipo di modificazione incontrollata.

#### *15.1.6 Modifiche al programma di prove*

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite secondo il programma contenuto nel progetto delle indagini e nelle eventuali indicazioni integrative fornite dalla direzione dei lavori. Se tuttavia in fase di apertura dei campioni si dovessero riscontrare incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione rendesse poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente), il laboratorio interromperà il programma di prova e comunicherà immediatamente alla direzione dei lavori gli inconvenienti riscontrati in modo da adeguare il programma di prove alla effettiva qualità e tipologia dei campioni disponibili.

A tale proposito il laboratorio dovrà comunicare alla direzione dei lavori il programma temporale delle attività, in modo che sia possibile presenziare all'apertura dei campioni, al fine di concordare eventuali modifiche al programma di prove.

In nessun caso il laboratorio potrà proseguire nel programma di prove o modificare il programma di prove senza la preventiva autorizzazione della direzione dei lavori.

#### *15.1.7 Rapporti con la direzione dei lavori*

Il responsabile del laboratorio manterrà i contatti con la direzione dei lavori. Dovrà inoltre comunicare qualsiasi problema o inconveniente che dovesse insorgere durante l'effettuazione delle prove in programma e si farà carico di trasmettere settimanalmente un rapporto comprendente lo stato di avanzamento dell'attività di laboratorio, ogni variazione rispetto al programma temporale trasmesso inizialmente ed i risultati delle prove già eseguite, anche in bozza. In tutta la corrispondenza si dovrà fare riferimento allo schema adottato per la scheda sinottica inizialmente trasmessa alla direzione dei lavori.

In caso di controversie o di perplessità relative alle modalità operative del laboratorio, la direzione dei lavori si riserva la facoltà di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune prove di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.

#### *15.1.8 Normative di riferimento*

Le prove saranno eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati. L'eventuale esecuzione delle prove secondo standard o normative alternative a quelle indicate nelle presenti norme tecniche dovrà in ogni caso essere preventivamente autorizzato dalla direzione dei lavori. In ogni caso la normativa di riferimento seguita per l'esecuzione delle prove dovrà essere indicata nel rapporto di prova.

#### *15.1.9 Documentazione da fornire*

Alla consegna dei certificati di prova dovrà essere fornita anche una sintesi che riporterà i risultati principali ottenuti dalle singole prove. Tale sintesi, espressa in un quadro riepilogativo generale, dovrà contenere:

- la sigla identificativa del campione e la profondità di prelievo;
- le percentuali delle diverse frazioni granulometriche;
- i valori dei limiti di consistenza e dell'indice di plasticità;
- le classificazioni AGI, USCS e CNR-UNI 10006;
- il contenuto d'acqua e il peso di volume naturale;
- i valori ottenuti dalle prove di taglio diretto e dalle prove triassiali;
- i valori di modulo edometrico, permeabilità, coefficiente di consolidazione verticale e coefficiente di consolidazione secondaria per una determinata pressione di riferimento.

Il rapporto finale di ciascuna prova dovrà comprendere almeno le seguenti informazioni:

- il nome e l'indirizzo del laboratorio di prova;
- l'identificazione univoca del rapporto di prova, di ciascuna sua pagina e del numero totale delle pagine;
- il nome ed indirizzo del committente;
- l'identificazione dei campioni;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di prova;
- lo standard di riferimento seguito per l'esecuzione delle prove;
- tutte le misure, gli esami e i loro risultati, corredati di tabelle, grafici, disegni e fotografie e tutte le anomalie individuate;
- la firma del responsabile del rapporto di prova e la data di emissione.

I risultati di tutti i calcoli e le determinazioni eseguite dovranno essere espressi in opportune unità SI, con relative multipli o sottomultipli.

## 15.2 Determinazione delle caratteristiche fisiche

### 15.2.1 Apertura e descrizione geotecnica di campioni indisturbati

L'estrusione dalle fustelle o cassette di alloggiamento dovrà avvenire in modo da minimizzare il disturbo arrecato al campione tramite l'utilizzo di un estrusore idraulico. L'estrusione del campione dovrà avvenire con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi o l'esecuzione di brusche manovre.

Dopo l'estrusione il campione sarà sottoposto a scorticatura e ripulitura delle estremità e si procederà alla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, indicando natura, colore, strutture, inclusioni, frammenti di conchiglie, resti organici, eventuale odore ed ogni altro elemento ritenuto significativo. La descrizione geotecnica visivo-manuale dovrà essere condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure). Si effettuerà quindi una ripresa fotografica a colori del campione, avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione e del suo alto. Successivamente si procederà, ove possibile, all'esecuzione di prove speditive con penetrometro e scissometro tascabile ad intervalli regolari, per la determinazione dello stato di consistenza del materiale campionato. Da ultimo si procederà alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, avendo particolare cura di escludere, dal confezionamento dei provini da sottoporre a prova, le porzioni disturbate per rammollimento o deformazione eccessiva, e di scegliere porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedano la preparazione di una serie di provini. Nella scelta delle porzioni di campione da sottoporre a prova assume particolare rilevanza la valutazione dello stato di qualità del campione che dovrà in ogni caso essere indicata. Al termine dell'esame sarà redatto un apposito modulo contenente tutte le osservazioni e le misure condotte, l'indicazione delle prove da eseguire e dei relativi provini, le indicazioni sullo stato di qualità del campione e della fustella, le dimensioni della fustella e del campione estruso. Il modulo sarà corredato dalla documentazione fotografica del campione.

### 15.2.2 Apertura e descrizione geotecnica di campioni rimaneggiati

L'estrazione di un campione rimaneggiato dal contenitore di alloggiamento (sacchetto, barattolo, vasetto, etc.) sarà seguita dalla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure). Il materiale campionato sarà sottoposto a ripresa fotografica a colori, avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione. Al termine delle operazioni, si procederà alla redazione di un modulo contenente la descrizione geotecnica del campione, l'indicazione delle prove da eseguire e l'eventuale documentazione fotografica.

### 15.2.3 Determinazione del contenuto naturale d'acqua

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua di terreni, rocce e materiali similari.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2216 - 92 - Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

#### 15.2.3.1 Modalità di prova

La determinazione del contenuto naturale d'acqua, ottenuto per differenza tra peso del campione umido e peso del campione essiccato in forno termostato a 105° ed espresso in percentuale rispetto al peso del campione essiccato, dovrà essere effettuata su campioni o porzioni di campioni che non abbiano subito significative variazioni di umidità (rammolliti o essiccati), rispetto alle condizioni naturali.

#### 15.2.3.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- valore percentuale del contenuto d'acqua espresso alla prima cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

#### 15.2.4 *Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale)*

La prova consiste nella determinazione della massa volumica apparente di un terreno, ottenuto come rapporto tra la massa di un provino ed il suo volume.

Normative e specifiche di riferimento:

BS 1377 (1990) - Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests.

##### 15.2.4.1 *Modalità di prova*

La prova dovrà essere effettuata unicamente su provini indisturbati, avendo cura di non alterare in alcun modo le caratteristiche del campione durante il confezionamento del provino.

Per il confezionamento dei provini dovrà di norma essere impiegato un apposito tornietto da laboratorio, al fine di minimizzare il disturbo al campione; l'uso del tornietto potrà essere evitato per terreni a bassa consistenza, per i quali è possibile l'infissione a pressione di una fustella tarata mediante l'impiego di un idoneo campionatore. In nessun caso la fustella sarà infissa manualmente nel terreno da campionare.

##### 15.2.4.2 *Documentazione*

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato della determinazione espresso in unità SI con definizione della seconda cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite e delle dimensioni dei provini;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

#### 15.2.5 *Analisi granulometrica per vagliatura*

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno trattenuto al setaccio ASTM n° 200.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants

##### 15.2.5.1 *Modalità di prova*

L'analisi granulometrica per vagliatura si eseguirà in ogni caso per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore ai 300 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 100, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2" e 3". E' ammesso l'uso di serie di setacci equivalenti a quella sopra indicata.

Il quantitativo minimo da sottoporre a prova sarà stabilito sulla base delle dimensioni massime dei granuli presenti in quantità significativa (non inferiore al 10%) secondo la tabella 18.1.

Tabella. 18.1. - Massa minima da analizzare

| Dimensione massima granuli<br>[mm] | Massa minima campione<br>[g] |
|------------------------------------|------------------------------|
| 2                                  | 200                          |
| 10                                 | 1000                         |
| 15                                 | 2000                         |
| 40                                 | 10000                        |
| 60                                 | 15000                        |
| 70                                 | 25000                        |
| 100                                | 35000                        |

Prima dell'esecuzione dell'analisi granulometrica si dovrà procedere ad un controllo dell'integrità dei setacci, sostituendo immediatamente i setacci lesionati. Il campione da sottoporre ad analisi, una volta essiccato e pesato, verrà immerso in acqua fino al completo distacco della frazione fine dai granuli e la completa disgregazione dei grumi, favorendo l'operazione mediante agitazione meccanica. Successivamente, evitando qualsiasi perdita di materiale, si procederà alle operazioni di setacciatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello molto morbido, avendo cura di non forzare il materiale tra le maglie dei setacci; l'operazione di lavaggio potrà essere conclusa solo quando l'acqua che fuoriesce dall'ultimo setaccio sia perfettamente limpida.

Si procederà quindi all'essiccazione in forno termostato a 105° e alla determinazione delle masse trattenute a ciascun setaccio.

Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

#### *15.2.5.2 Documentazione*

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- diametro massimo del campione analizzato;
- quantità di materiale analizzato;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto a ciascun setaccio;
- diagramma semilogaritmico % di trattenuto - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

#### *15.2.6 Analisi granulometrica per sedimentazione*

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

##### *15.2.6.1 Modalità di prova*

L'analisi granulometrica per sedimentazione dovrà essere condotta effettuando letture della densità e della temperatura di una sospensione, preparata con 50 gr di materiale passante al setaccio ASTM n° 200, 125 ml di soluzione disperdente (esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/L, confezionata non più di 30 gg prima della data di impiego) e acqua distillata fino ad ottenere un volume pari a 1000 ml, dopo 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480' e 1440' dal termine dell'agitazione preliminare; si precisa che l'analisi potrà considerarsi conclusa solo quando la densità della sospensione risulta prossima a quella dell'acqua pura (circa 48 ore per i terreni francamente argillosi). Le letture di densità dovranno essere effettuate con densimetro calibrato di tipo ASTM 151H o 152H.

Per tutta la durata dell'analisi si avrà cura di evitare qualsiasi vibrazione ai cilindri di prova ed eccessive variazioni di temperatura; a tale scopo potrà convenientemente impiegarsi una vasca termostata a 20°. Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

##### *15.2.6.2 Documentazione*

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- data di preparazione della soluzione disperdente;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto in corrispondenza di ciascun diametro;
- diagramma semilogaritmico % - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle letture di densità e temperature eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato, termometro), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

#### *15.2.7 Determinazione della massa volumica reale (peso specifico dei grani)*

La prova consiste nella determinazione del rapporto tra la massa della frazione solida di un terreno ed il suo volume.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 854 - 92 - Standard Test Method for Specific Gravity of Soils.

#### 15.2.7.1 Modalità di prova

Il peso specifico dei grani dovrà essere ottenuto come valore medio di due determinazioni eseguite col metodo del picnometro calibrato su materiale omogeneo. Per l'eliminazione dell'aria intrappolata si dovrà impiegare una pompa per vuoto con pressione non superiore a 100 mm Hg.

#### 15.2.7.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- risultato delle due determinazioni eseguite espresso in  $\text{Mg/m}^3$  con indicazione di tre cifre decimali;
- valore medio del peso specifico dei grani;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, manometro, termometro), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

### 15.3 Determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche

#### 15.3.1 Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera

La prova consiste nella determinazione della resistenza a compressione monoassiale in assenza di confinamento laterale di terreni coesivi e fornisce un valore approssimato della resistenza non drenata espressa in termini di tensioni totali.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2166 - 91 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

##### 15.3.1.1 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su provini cilindrici di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali del provino che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse del provino. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata, in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

Il provino così preparato sarà posizionato nella pressa di carico previa lubrificazione delle piastre di carico, al fine di evitare attriti tra le estremità del provino e le piastre di carico; in tale fase si avrà cura di centrare perfettamente il provino rispetto alle piastre di carico.

La velocità di deformazione adottata nella prova dovrà essere compresa tra 0.5 e 2 %/min.; durante l'applicazione del carico si procederà alla registrazione ad intervalli di tempo regolari del carico applicato e della corrispondente deformazione assiale, in modo da avere almeno 15 coppie di valori. La prova dovrà in ogni caso essere protratta sino ad ottenere una deformazione assiale pari ad almeno il 15%.

##### 15.3.1.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni del provino;
- peso di volume naturale;
- contenuto d'acqua iniziale;
- velocità di deformazione adottata;
- carico di rottura e corrispondente deformazione assiale;
- tabella di sintesi con i valori di carico e deformazione assiale registrati;
- diagramma del carico assiale - deformazione assiale;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

### 15.3.2 Prova di taglio diretto

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate di campioni di terreno sottoposti a sollecitazioni di taglio.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 3080 - 90 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

#### 15.3.2.1 Modalità di prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici o a sezione quadrata di diametro o lato non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza compreso tra 2 e 2.5 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare, apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova si articola nelle due distinte fasi di consolidazione e di taglio:

*Fase di consolidazione:* nella fase di consolidazione viene gradualmente incrementato il carico assiale applicato al provino, fino al raggiungimento della pressione di consolidazione indicata dalla direzione dei lavori per ciascun provino. Durante la fase di consolidazione, si monitoreranno le deformazioni assiali in funzione del tempo, in modo da poter stabilire la fine della fase di consolidazione primaria, prima di ciascun incremento di carico, in analogia a quanto indicato per le prove edometriche ad incrementi di carico controllati. I valori delle deformazioni assiali in funzione del tempo relativi all'ultimo gradino di carico saranno registrati e diagrammati in funzione del logaritmo o della radice quadrata del tempo per la determinazione del  $t_{100}$  di fine consolidazione assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

*Fase di rottura:* nella fase di rottura verrà gradualmente incrementato il carico orizzontale fino ad ottenere deformazioni orizzontali non inferiori al 20% del diametro iniziale del provino. Al fine di evitare l'insorgere di sovrappressioni idrauliche conseguenti l'incremento tensionale, la velocità di deformazione  $v_r$  sarà stabilita sulla base del  $t_{100}$  di fine consolidazione e dello scorrimento orizzontale atteso a rottura  $\delta_r$ , secondo la seguente equazione:

$$V_r = \frac{\delta_r}{10 * t_{100}}$$

Per quanto riguarda i valori dello scorrimento a rottura, funzione del tipo di materiale in prova, si forniscono in tabella 18.3. alcuni valori indicativi.

Tab. 18.3. - Scorrimento a rottura

| Tipo di terreno                | Scorrimento a rottura [mm] |
|--------------------------------|----------------------------|
| argille tenere                 | 8                          |
| argille sovraconsolidate       | 2 ÷ 5                      |
| argille molto sovraconsolidate | 1 ÷ 2                      |
| sabbie                         | 1 ÷ 5                      |

Durante la fase di rottura si monitoreranno e si registreranno ad opportuni intervalli temporali i valori di spostamento orizzontale, deformazione verticale e resistenza al taglio. Ove indicato, al termine della fase di rottura, si procederà alla determinazione della resistenza residua, effettuando almeno cinque cicli completi di andata e ritorno della scatola di taglio fino a fondo corsa alla medesima velocità di scorrimento adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura completa), controllando in ogni caso che si sia raggiunta la completa stabilizzazione della curva resistenza al taglio - scorrimento orizzontale.

La resistenza residua può essere determinata anche attraverso l'esecuzione di 5 cicli di taglio veloci, condotti a velocità di scorrimento compresa tra 1 e 2 mm/min. fino a deformazioni del 20% per

ciascun ciclo, e di un ciclo di taglio finale con misura della resistenza al taglio in funzione dello scorrimento orizzontale, condotto alla medesima velocità di scorrimento, adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura semplificata).

#### *15.3.2.2 Documentazione*

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale e finale dei provini;
- tabella con la progressione di carico adottata in fase di consolidazione per ciascun provino;
- tabella con i valori della variazione di altezza e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma della deformazione verticale - logaritmo del tempo,  
o in alternativa deformazione verticale - radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- valore del tempo di fine consolidazione  $t_{100}$  di ciascun provino;
- altezza dei provini al termine della fase di consolidazione;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di resistenza al taglio, scorrimento orizzontale e deformazione verticale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- diagramma della resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- diagramma della deformazione verticale - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- eventuale diagramma cumulato della resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per la determinazione della resistenza residua;
- valori della resistenza al taglio e dello scorrimento orizzontale a rottura per ciascun provino;
- eventuali valori della resistenza al taglio residua e del relativo scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sollecitazione a rottura ed eventualmente allo stato residuo di tutti i provini sottoposti a prova espresso in termini di sforzi efficaci nel piano  $\sigma/\tau$  con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio di picco ed eventualmente residua del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri  $c'$  e  $\phi'$ ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

## **Art. 16 - Prove geomeccaniche di laboratorio**

### **16.1 Generalità**

Per quanto concerne i criteri generali di funzionamento del laboratorio di prova e le modalità di registrazione, conservazione e manipolazione dei campioni si rimanda a quanto già indicato all'art. 158.

### **16.2 Determinazione delle caratteristiche fisiche**

#### ***16.2.1.1 Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale) su provini di forma regolare***

Normative e specifiche di riferimento:

ISRM - Committee on laboratory tests - Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties (1977) - Part 1 - Test 2 - Suggested method for porosity/density determination using saturation and caliper techniques.

##### ***16.2.1.1.1 Modalità di prova***

La determinazione dovrà essere condotta su un provino cilindrico di forma regolare, preparato in accordo allo standard ASTM D 4543 - 85 (91) - Standard Practice for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances - avente dimensioni minime non inferiori a 10 volte il diametro massimo dei grani costituenti il materiale in esame. La determinazione del volume del campione dovrà essere eseguita a mezzo di un calibro centesimale, mentre la determinazione della massa sarà eseguita con bilancia centesimale.

#### 16.2.1.1.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- valore della massa volumica apparente espressa in  $\text{Mg/m}^3$  con indicazione della seconda cifra decimale;
- documentazione di tutte le misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo, non antecedente di sei mesi la data di prova (bilancia).

#### 16.2.1.2 Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale) su provini di forma irregolare di rocce non sensibili all'immersione in acqua

Normative e specifiche di riferimento:

ISRM - Committee on laboratory tests - Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties (1977) - Part 1 - Test 3 - Suggested method for porosity/density determination using saturation and buoyancy techniques.

#### 16.2.1.2.1 Modalità di prova

La determinazione dovrà essere condotta su almeno 10 frammenti lapidei, aventi massa non inferiore a 50 g e dimensioni minime non inferiori a 10 volte il diametro massimo dei grani costituenti il materiale in esame. Il volume del campione dovrà essere determinato dalla differenza tra la massa dopo saturazione in acqua con applicazione di vuoto non superiore a 800 Pa (6 mm Hg) e la massa satura sommersa, determinata a mezzo pesata idrostatica, rapportata alla densità dell'acqua. La massa del campione sarà determinata con bilancia centesimale.

#### 16.2.1.2.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- numero e massa dei provini;
- valore medio della massa volumica apparente espressa in  $\text{Mg/m}^3$ , con indicazione della seconda cifra decimale, deviazione standard e coefficiente di variazione dei dati;
- documentazione di tutte le misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo, non antecedente di sei mesi la data di prova (bilancia, manometro).

#### 16.2.1.3 Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale) su provini di forma irregolare di rocce sensibili all'immersione in acqua

Normative e specifiche di riferimento:

ISRM - Committee on laboratory tests - Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties (1977) - Part 1 - Test 4 - Suggested method for porosity/density determination using mercury displacement and grain specific gravity techniques.

#### 16.2.1.3.1 Modalità di prova

La determinazione dovrà essere condotta su almeno 10 frammenti lapidei, aventi massa non inferiore a 50 g e dimensioni minime non inferiori a 10 volte il diametro massimo dei grani costituenti il materiale in esame.

Il volume di ciascun frammento dovrà essere determinato a mezzo spostamento di mercurio, mentre per la determinazione della massa si impiegherà una comune bilancia centesimale.

#### 16.2.1.3.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- numero e massa dei provini esaminati;
- valore medio della massa volumica apparente espressa in  $\text{Mg/m}^3$  con indicazione della seconda cifra decimale, deviazione standard e coefficiente di variazione dei dati;
- documentazione di tutte le misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo, non antecedente di sei mesi la data di prova (bilancia, termostato, manometro).

### 16.2.2 Prova di taglio diretto su giunto naturale od artificiale

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza al taglio di picco e residui di giunti e discontinuità naturali.

La prova può anche essere condotta per la determinazione dell'angolo d'attrito di base  $\phi_b$  operando su superfici lisciate, ottenute mediante taglio con sega al diamante su provini di roccia intatta; in questo caso particolare cura dovrà essere posta nell'allineamento del piano di prova con l'asse orizzontale della scatola di taglio.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 5607 - 94 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Stress.

#### 16.2.2.1 Modalità di prova

La prova per la determinazione della resistenza al taglio lungo giunti naturali dovrà essere eseguita su almeno tre provini aventi superficie di taglio non inferiore a 2.500 mm<sup>2</sup>, ciascuno sottoposto ad almeno tre diversi valori di carico normale, comunicati dalla direzione dei lavori, con determinazione di cinque valori di resistenza di picco e quindici valori di resistenza residua.

I valori di resistenza residua saranno ottenuti con la tecnica *multistage*; in particolare per ciascun campione sottoposto a prova il primo valore sarà ottenuto, dopo il raggiungimento della resistenza di picco, proseguendo la prova fino a registrare incrementi nella resistenza inferiori al 5% per scorrimenti superiori a 10 mm; i successivi due valori saranno ottenuti incrementando il carico normale e, una volta esauriti i cedimenti di consolidazione, aumentando lo sforzo di taglio fino ad ottenere incrementi nella resistenza inferiori al 5% per scorrimenti superiori a 10 mm.

Nella preparazione dei provini dovrà essere posta particolare cura nell'evitare qualsiasi movimento lungo il giunto in esame, preservando l'integrità del campione mediante sigillatura delle due estremità con nastro adesivo o filo di ferro, da rimuovere appena prima dell'esecuzione della prova. La prova per la determinazione dell'angolo d'attrito di base su superficie liscia dovrà essere eseguita con tecnica *multistage* su un unico provino, avente superficie di taglio non inferiore a 2.500 mm<sup>2</sup>, sottoposto ad almeno cinque diversi valori di carico normale.

I provini dovranno essere inglobati in una matrice di resina (o cemento) e sabbia, preparata in uno stampo di dimensioni uguali a quelle della scatola di taglio, avendo cura di lasciare una zona di separazione di spessore non inferiore a 10 mm in corrispondenza del giunto in esame.

La prova dovrà essere condotta adottando velocità di taglio non superiori a 0.1 mm/min. nella fase di determinazione della resistenza di picco e non superiori a 0.2 mm/min. nella fase di determinazione della resistenza residua. Le fasi di consolidazione precedenti ciascuna fase di taglio potranno essere concluse quando le deformazioni verticali assumano valori inferiori a 0.05 mm in 10 min. Durante l'esecuzione delle fasi di taglio, si dovranno registrare ad intervalli regolari ed in numero adeguato, i valori di resistenza al taglio e di spostamento orizzontale e si controllerà la stabilità dello sforzo normale applicato. Al fine di garantire una sufficiente stabilità dello sforzo normale applicato, la macchina di taglio dovrà essere equipaggiata con un idoneo stabilizzatore di pressione pneumatico, atto a ridurre le variazioni di pressioni indotte dalle deformazioni del provino.

#### 16.2.2.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- rugosità del giunto di prova, da rilevare con profilografo a pettine e da esprimere con il valore di JRC;
- tabella riassuntiva con i valori di scorrimento orizzontale, deformazione verticale, sforzo di taglio e carico normale per ciascuna fase di taglio;
- diagrammi dello sforzo di taglio - scorrimento orizzontale per ciascun provino e per ciascuna fase di taglio;
- diagrammi della deformazione verticale - scorrimento orizzontale per ciascun provino e per ciascuna fase di taglio;
- rappresentazione nel piano  $\sigma/\tau$  di tutti i punti di prova con indicazione dell'involuppo di rottura di picco e residuo;
- valore dell'angolo d'attrito di base (per la sola prova su superficie liscia);
- documentazione di tutte le misure eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (comparatori centesimali o trasduttori lineari di spostamento, manometri o trasduttori di carico), non antecedente di sei mesi la data di prova.

### 16.2.3 Prove di compressione monoassiale

La prova consiste nella determinazione della resistenza a compressione monoassiale di un campione di roccia.

La prova può essere impiegata anche per la determinazione delle costanti elastiche statiche del materiale in esame, qualora condotta con la misura delle deformazioni assiali e diametrali.

#### 16.2.3.1 Prova di compressione monoassiale con rilievo del solo carico di rottura

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2938 - 95 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.

##### 16.2.3.1.1 Modalità di prova

La prova dovrà essere eseguita su provini cilindrici ottenuti con operazioni di carotaggio, taglio e rettifica da spezzoni di carota o da campioni di forma irregolare in accordo allo standard ASTM D 4543 - 85 (91) - Standard Practice for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

I provini dovranno avere diametro non inferiore a 10 volte la dimensione massima dei grani costituenti la roccia e comunque non inferiori a 50 mm, con rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 3. La superficie laterale dei provini dovrà essere liscia e priva di irregolarità superiori a 0.5 mm; le facce laterali dovranno essere perpendicolari all'asse del provino, con tolleranza massima di 0.25°, e lappate con una tolleranza non superiore a 25 µm. Il provino così preparato dovrà essere portato a rottura impiegando una pressa di carico idraulica di adeguata rigidità e capacità di carico, in ogni caso non inferiore a 1500 kN, dotata di un giunto sferico sul piatto superiore.

Il sistema per il rilevamento e la lettura del carico assiale applicato dovrà essere costituito da una coppia di manometri o, preferibilmente, da un trasduttore di pressione, posizionati sulla linea idraulica di alimentazione della pressa, in grado comunque di assicurare una precisione di lettura non inferiore a 1 kN.

La rottura del provino dovrà essere raggiunta incrementando il carico applicato con continuità; la velocità di incremento del carico dovrà essere scelta in modo che il campione giunga a rottura in un tempo compreso tra 2 e 15 min. In particolare si ritengono adeguate velocità di applicazione del carico comprese tra 200 e 400 kPa/s. La velocità di carico prescelta dovrà essere mantenuta costante per tutta la prova, con una variazione massima non superiore al 10%.

##### 16.2.3.1.2 Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- descrizione litologica del campione;
- indicazione della direzione dell'applicazione di carico rispetto alla struttura del campione;
- dimensioni del provino e tolleranze geometriche;
- velocità di incremento del carico;
- descrizione e schizzo del tipo di rottura;
- valore della resistenza a compressione monoassiale;
- documentazione di tutte le misure eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (comparatori, manometri, trasduttori di pressione), non antecedente di sei mesi la data di prova.

## **Cap. 3**

### **NORME DI MISURAZIONE, CONTABILIZZAZIONE**

#### **Art. 17 - Sondaggi geotecnici e posa in opera di strumentazione geotecnica**

##### **17.1 Approntamento e trasporto dell'attrezzatura di perforazione**

L'approntamento e trasporto in A/R dell'attrezzatura di perforazione al sito d'indagine, compreso il viaggio del personale tecnico e della mano d'opera di cantiere sarà pagato a corpo

##### **17.2 L'installazione dell' attrezzatura per l'esecuzione di sondaggi a rotazione**

L'installazione dell' attrezzatura per l'esecuzione di sondaggi a rotazione su ciascun punto di perforazione sarà pagata a corpo.

##### **17.3 Realizzazione di piste di accesso e o di piazzole**

La realizzazione di piste di accesso e o di piazzole (di lunghezza non superiore a 15 m), con l'utilizzo di mezzi meccanici per l'installazione delle attrezzature di sondaggio o delle attrezzature per l'esecuzione di prove penetrometriche per ogni metro lineare di pista o piazzola, sarà compreso nel prezzo dell'installazione delle apparecchiature di sondaggio.

##### **17.4 Approvvigionamento dell'acqua necessaria alla perforazione**

L'approvvigionamento dell'acqua necessaria alla perforazione, qualora non reperibile ad una distanza inferiore a m. 300, sarà pagata a viaggio giornaliero.

##### **17.5 Perforazione ad andamento verticale**

La perforazione ad andamento verticale, eseguita a rotazione a carotaggio continuo, sarà compensata per ogni metrolineare.

##### **17.6 Perforazione a rotazione a carotaggio continuo di conglomerati bituminosi o cementizi, armati e non**

La perforazione a rotazione a carotaggio continuo di conglomerati bituminosi o cementizi, armati e non, compreso l'uso di doppio carotiere e di corone diamantate ed il taglio di ferri incontrati durante la perforazione, sarà pagata per ogni metro di perforazione.

##### **17.7 Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo**

La perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo sarà pagata per ogni metro di perforazione.

##### **17.8 Cassette catalogatrici in legno**

La fornitura di cassette catalogatrici in legno, metallo o plastica, sarà compensata a numero.

##### **17.9 Fotografie a colori**

Le fotografie a colori di ciascuna cassetta catalogatrice in pellicola fotografica e negativi o in formato digitale sono comprese e compensate con i prezzi dei sondaggi .

##### **17.10 Prelievo di campione rimaneggiato**

Il prelievo di campione, rimaneggiato nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, confezionato in doppi sacchetti di polietilene o in barattoli di plastica, o di spezzone di carota lapidea, inserito in un involucro rigido di protezione (tubo in PVC) e opportunamente sigillato con paraffina, compreso l'imballaggio ed il trasporto al laboratorio ufficiale, sarà pagato per ogni campione rimaneggiato.

##### **17.11 Prelievo di campioni indisturbati**

Il prelievo di campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso di sondaggi a rotazione, impiegando campionatore a pistone (tipo Oersterberg) o rotativo (tripo Danison e Mazier), compresa la fornitura temporanea della fustella da restituire a fine lavoro, ovvero da compensare

con il relativo prezzo se non restituita, la sua sigillatura, l'imballaggio ed il trasporto al laboratorio ufficiale, sarà pagato per ogni prelievo in base alla profondità da raggiungere.

#### **17.12 Spurgo dei pozzi al termine dei sondaggi**

Il compenso per lo spurgo dei fori di sondaggio prima della posa in opera della strumentazione geotecnica è compreso nel prezzo dei sondaggi.

#### **17.13 Piezometri tipo Casagrande a doppio tubo**

L'installazione di piezometri tipo Casagrande a doppio tubo, compresa la fornitura dei materiali occorrenti, la formazione del manto drenante e l'esecuzione di tappi impermeabili in fori già predisposti, esclusa la fornitura del pozzetto protettivo, sarà pagato come segue:

- a) per ogni installazione;
- b) per ogni metrolineare di doppio tubo installato.

#### **17.14 Tubo inclinometrico in alluminio o altro materiale**

La fornitura e posa di tubo inclinometrico in alluminio o altro materiale a quattro guide, compresa la cementazione del tubo con miscela cemento-bentonite da eseguire dal fondo a bassissima pressione, nonché la fornitura dei tubi, della valvola a perdere, dei manicotti ed il lavaggio finale interno della tubazione installata, sarà pagata come segue:

- a) per ogni installazione;
- b) per ogni metrolineare di tubo installato.

#### **17.15 Collaudo di tubazione inclinometrica**

Il collaudo di tubazione inclinometrica ed esecuzione di misura iniziale di riferimento con sonda inclinometrica è compreso nella voce di fornitura e posa in opera dei tubi

#### **17.16 Pozzetti metallici (flange) a protezione della strumentazione**

I Pozzetti metallici (flange) a protezione della strumentazione, compresa la relativa posa in opera e lucchetto di chiusura saranno pagati a numero.

### **Art. 18 - Prove geotecniche di laboratorio**

#### **18.1 Estrusione e descrizione geotecnica di campioni indisturbati alloggiati in fustella cilindrica o cassette cubiche**

L'estrusione e descrizione geotecnica di campioni indisturbati alloggiati in fustella cilindrica o cassette cubiche sarà pagata per ogni estrusione. Nel prezzo è compresa la documentazione fotografica del campione.

#### **18.2 Determinazione del contenuto naturale d'acqua**

La determinazione del contenuto naturale d'acqua sarà pagata per ogni determinazione.

#### **18.3 Determinazione della massa volumica apparente**

La determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale) sarà pagata per ogni determinazione.

#### **18.4 Determinazione del limite di liquidità e plasticità**

La determinazione del limite di liquidità e di plasticità sarà pagata per ogni determinazione.

#### **18.5 Analisi granulometrica mediante vagliatura per via umida**

L'analisi granulometrica mediante vagliatura per via umida con tredici setacci sarà pagata per ogni analisi.

#### **18.6 Analisi granulometrica per sedimentazione**

L'analisi granulometrica per sedimentazione con densimetro sulla frazione passante al setaccio ASTM n° 200, esclusa la determinazione del peso specifico assoluto dei grani, sarà pagata per ogni analisi.

#### **18.7 Determinazione della massa volumica reale**

La determinazione della massa volumica reale (peso specifico assoluto dei grani) con picnometro calibrato (media di due determinazioni) sarà pagata per ogni coppia di determinazioni

#### **18.8 Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera (ELL)**

La prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera (ELL), compresa la preparazione del provino e la fornitura del diagramma carico-deformazioni assiali, con raggiungimento di una deformazione assiale non inferiore al 15%, sarà pagata per ogni prova in base al tipo di pressa.

#### **18.9 Prova di taglio diretto**

La prova di taglio diretto consolidata, drenata, con determinazione dei soli valori di picco e raggiungimento di una deformazione orizzontale non inferiore al 20%, su tre provini per ogni prova, compresa la preparazione del provino, la graficazione dei risultati e la determinazione dei parametri dell'involuppo di rottura, sarà pagata per ogni provino.

#### **18.10 Determinazione della resistenza al taglio residua nel corso di prova di taglio**

La determinazione della resistenza al taglio residua nel corso di prova di taglio diretto, con esecuzione di almeno cinque cicli completi di andata e ritorno della scatola di taglio fino alla massima corsa, con raggiungimento di deformazioni totali non inferiori al 100%, compresa la graficazione dei risultati e la determinazione dei parametri dell'involuppo di rottura, sarà pagata per ogni provino, a seconda che il tipo di procedura sia completa o semplificata.

#### **18.11 Apertura e descrizione di campioni di roccia**

L'apertura e descrizione di campioni di roccia, compresa la ripresa fotografica a colori in pellicola o in formato digitale del campione sarà pagata cadauna.

#### **18.12 Formazione di provini cilindrici**

La formazione di provini cilindrici da carote di sondaggio o blocchi sarà pagata per ogni provino.

#### **18.13 Determinazione della massa volumica apparente**

La determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale) su provini di qualsiasi forma regolare sarà pagata per ogni determinazione.

#### **18.14 Prova di taglio diretto su giunto**

La prova di taglio diretto su giunto, su almeno tre provini, con determinazione di un valore di resistenza di picco e tre valori di resistenza residua a diversi valori di carico assiale per ciascun provino, compresa la preparazione del provino, il rilievo della rugosità del giunto, la graficazione dei risultati e la determinazione dei parametri dell'involuppo di rottura di picco e residuo, sarà pagata per ogni provino.

#### **18.15 Prova di compressione monoassiale**

La prova di compressione monoassiale, con rilievo del carico di rottura, delle deformazioni assiali e diametrali e calcolo delle costanti elastiche su provini cilindrici, esclusa la preparazione del provino, sarà pagata per ogni provino.

## Cap. 4

### DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI L'APPALTO

#### **Art. 19 - Tempo utile per l'ultimazione dei lavori**

Il tempo utile per ultimare i lavori sarà di giorni trenta naturali successivi e continui decorrenti dalla data del verbale di consegna.

#### **Art. 20 - Penale per ritardata ultimazione dei lavori**

In caso di ritardata ultimazione dei lavori, ai sensi dell'art. 117 del regolamento n. 554/1999 e dell'art. 22 del capitolato generale d'appalto approvato con D.M. 10 aprile 2000 n. 145, sarà applicata una penale della misura di euro 50,00 (cinquanta) per ogni giorno di ritardo, e comunque non superiore al 10 per cento dell'importo dell'appalto.

#### **Art. 21 – Pagamenti in acconto**

Per l'esecuzione dei lavori all'appaltatore non è dovuta alcuna anticipazione sull'importo contrattuale.

I lavori a misura saranno pagati in base ai relativi prezzi di elenco ed alle quantità effettivamente eseguite in unica soluzione e solo dopo la consegna degli elaborati e certificati comprovanti le singole lavorazioni e analisi o prove.

Il tecnico preposto alla direzione e sorveglianza dei lavori procederà ad eseguire, in contraddittorio con l'impresa, la contabilità dei lavori in base alla quale verrà emesso uno stato di avanzamento e relativo certificato di pagamento. I lavori saranno contabilizzati durante l'esecuzione ed il pagamento degli stessi avverrà a seguito di regolare fattura intestata all'Amm.ne committente e dopo l'avvenuto ottenimento delle regolarità contributive e fiscali di legge.

#### **Art. 22 - Conto finale**

Ai sensi dell'art. 173 del regolamento approvato con D.P.R. 21 dicembre 1999 n. 554, si stabilisce che il conto finale dovrà essere compilato entro mesi uno dalla data dell'ultimazione dei lavori.

#### **Art. 23 – Modalità e termini del collaudo**

Il completamento delle operazioni di collaudo o di redazione del certificato di regolare esecuzione dovrà avvenire entro e non oltre un mese dall'ultimazione dei lavori con l'emissione del relativo certificato di collaudo provvisorio e l'invio dei documenti all'amministrazione, così come prescritto dall'art. 192 del regolamento n. 554/1999.

#### **Art. 24 – Proprietà dei dati delle indagini**

I dati ottenuti dal servizio in oggetto diverranno patrimonio della Amm.ne Comunale di Polizzi Generosa e la loro divulgazione, anche parziale, sarà ammessa solo previa autorizzazione della medesima.