



# 1. PROGRAMMA E DISCIPLINARE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le presenti specifiche tecniche si riferiscono alla programmazione delle indagini geognostiche e geotecniche che dovranno eseguirsi nell'ambito delle attività di progettazione del seguente intervento:

## 1) – VARIANTE ALLA STRADA COMUNALE CARBONESCA-VACCARIA (VALFABBRICA-GUBBIO)

Con riferimento a quanto riportato nel seguito, si adotterà la seguente terminologia:

- Stazione Appaltante: **Ente Acque-Umbre Toscane**;
- Appaltatore: \_\_\_\_\_.

L'Appaltatore dovrà eseguire le indagini e le attività oggetto delle presenti Specifiche Tecniche sulla base delle indicazioni riportate nel seguito, salvo proporre eventuali modifiche e/o integrazioni che dovranno preventivamente essere presentate ed approvate dalla Stazione Appaltante e concordate con i progettisti.

Forma parte integrante del contratto di Appalto disciplinato dalle presenti Specifiche la dichiarazione dell'Appaltatore di avere preso conoscenza del programma di indagini predisposto dal Stazione Appaltante, di riconoscerlo perfettamente realizzabile e di assumere piena ed intera responsabilità della sua esecuzione.

L'Appaltatore dovrà comunque eseguire le indagini in ottemperanza alle leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni delle autorità competenti in materia, in conformità agli ordini che la Direzione Lavori impartirà, nonché sulla base delle direttive che i competenti Uffici del Stazione Appaltante ritengano di disporre.

L'Appaltatore dovrà produrre un rapporto finale sulla campagna di indagine, redigendo i vari documenti che vengono richiesti in base alle indicazioni riportate in specifica.

Ferma restando ogni altra responsabilità dell'Appaltatore a termini di Legge, esso rimane unico e completo responsabile dell'esecuzione delle indagini.

### 1.1 Documenti di riferimento

- [1] AGI - Associazione Geotecnica Italiana (1977) - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- [2] AGI - Associazione Geotecnica Italiana (1994) - "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) Dynamic Probing (DP) International Reference Test Procedure;
- ASTM D3441-86 "Deep quasi-static, cone and friction cone penetration tests of soil";
- Planimetria delle aree di intervento con ubicazione delle indagini;
- DM 14 Gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare n. 617 del 2 Febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 Gennaio 2008".

### 1.2 Obblighi dell'Appaltatore

Sarà cura dell'Appaltatore ottemperare agli obblighi di legge e produrre tutta la documentazione necessaria che sarà richiesta dalla Stazione Appaltante in ordine all'accesso alle aree ed all'esecuzione delle indagini.

Particolare attenzione sarà posta al momento della localizzazione di dettaglio delle verticali di indagine ad eventuali sottoservizi od interferenze (a titolo di esempio non esaustivo, tubazioni interrato, cavi interrati, materiali di risulta, ecc.).

L'Impresa esecutrice si impegna a visitare preventivamente i siti considerando tutte le problematiche connesse per lo svolgimento a regola d'arte dei lavori di indagine.

L'impresa deve assicurare a proprie spese durante tutte le fasi di sondaggio (installazione cantiere, perforazione, cementazione etc.) l'assistenza costante di un proprio responsabile tecnico, esperto nelle lavorazioni previste il quale dovrà essere costantemente presente in cantiere nel corso dei lavori e non sarà sostituibile se non per causa di forza maggiore. Tale requisito è elemento fondamentale per l'aggiudicazione dei lavori.

L'Impresa dovrà inoltre comunicare tempestivamente alla Direzione Lavori qualsiasi problema o inconveniente che dovesse insorgere durante l'effettuazione delle attività in programma

In nessun caso l'Impresa potrà proseguire nel programma dei i indagini o modificare il programma di indagini senza la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Qualsiasi deroga a quanto qui specificato dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

Inoltre, per l'intera durata della campagna di indagini geognostiche in situ, nell'area di cantiere è prevista la presenza continua di un geologo incaricato dalla Stazione Appaltante, il quale svolgerà il ruolo di Direttore dei Lavori delle indagini medesime.

Una copia delle presenti Norme Tecniche dovrà essere consegnata al responsabile tecnico di cantiere e conservata in cantiere fino ai lavori ultimati.

### **1.3 Documentazione delle indagini**

La documentazione preliminare del lavoro svolto verrà progressivamente aggiornata nel corso dei lavori e sarà resa disponibile e trasmessa alla Società quando richiesta e comunque a fine lavoro. La documentazione in forma definitiva sarà presentata non oltre 20 giorni solari dal completamento dei lavori, salvo diversa prescrizione.

### **1.4 Mantenimento e consegna dei campioni**

Tutto il materiale prelevato e non destinato al laboratorio verrà conservato in cantiere, fino al termine delle indagini, al riparo dagli agenti atmosferici e da possibili danneggiamenti. Al termine dei lavori verrà consegnato alla Direzione Lavori.

I campioni destinati al laboratorio dovranno essere conservati in locale fresco e coperto. Al termine della campagna di indagini i campioni verranno accuratamente imballati, con le modalità indicate nell'apposito paragrafo e verranno quindi inviati al laboratorio di analisi, il quale dovrà essere stato preventivamente concordato con la D.L.

L'imballaggio ed il mezzo di trasporto impiegati dovranno in ogni caso avere caratteristiche tali da evitare che i campioni risentano di vibrazioni o di colpi durante la fase di trasporto.

### **1.5 Piste, piazzole e trincee esplorative**

L'impresa esecutrice dovrà realizzare tutte le piste, gli accessi, le piazzole e quant'altro necessario per accedere alle aree di cantiere e per poter eseguire il corretto piazzamento dei macchinari, mentre sarà onere della stazione appaltante ottenere i nulla osta da parte dei proprietari delle aree stesse.

L'impresa dovrà ripristinare a propria cura e spesa scavi, rilevati, discariche e manufatti eventualmente danneggiati per franamenti, smottamenti, corrosioni e cedimenti derivanti da qualsiasi causa, compresi gli eventi naturali.

L'Appaltatore dovrà sviluppare i lavori di scavo, ed in modo particolare quelli delle trincee, con mezzi adeguati, riconosciuti dalla Direzione Lavori rispondenti allo scopo e non pregiudizievole per la buona riuscita ed il regolare andamento dei lavori. Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzate per rinterri o rilevati, dovranno essere portate a rifiuto, dalla sede del cantiere alle pubbliche discariche ovvero su aree da procurarsi a cura dell'Appaltatore.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate per tombamenti e rinterri o per formazione di rilevati, esse dovranno essere eventualmente depositate in luogo adatto, accettato dalla Direzione Lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno nuocere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche e private e al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie.

La Direzione Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Durante l'esecuzione dei lavori di scavo, che interferiscono con le strade e canalizzazioni esistenti, l'Appaltatore dovrà adottare, senza per questo richiedere compensi speciali, le precauzioni necessarie per garantire la libertà e la sicurezza del traffico stradale e la perfetta efficienza e funzionalità delle canalizzazioni interessate, secondo le richieste delle Amministrazioni competenti.

Qualunque fosse la natura e la qualità del terreno interessato, gli scavi di fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che la Direzione Lavori riterrà più opportuna, intendendosi quella di progetto unicamente indicativa, senza che per questo l'Appaltatore possa muovere eccezioni o far richiesta di particolari compensi.

Saranno a carico dell'appaltatore gli oneri per il taglio e il disfacimento di pavimentazioni stradali di qualsiasi tipo, il taglio di radici e ceppaie per tutta la larghezza necessaria,

Per quanto riguarda la realizzazione delle trincee esplorative è fatto obbligo all'appaltatore di produrre apposita documentazione riportante per ogni trincea eseguita:

- fotografie a colori dello scavo;
- la misurazione dell'eventuale livello di falda presente.

L'impresa dovrà ripristinare, a proprie cure e spese ed al termine dell'intervento, scavi, rilevati, discariche, manufatti eventualmente danneggiati per franamenti, smottamenti, corrosioni e cedimenti derivanti da qualsiasi causa, compresi gli eventi naturali, e dovrà ricostituire lo stato originario dei luoghi per mezzo di riprofilatura di scarpate, risagomatura di fossi di scolo e cunette stradali, allontanando le eventuali terre eccedenti a rifiuto, etc.

## 1.6 Prospetto delle indagini

L'ubicazione delle indagini in situ è riportata nell'apposita planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche allegata alla presente e le loro profondità sono sempre riferite alla quota del bocciaforo (piano di campagna).

In particolare, l'oggetto dell'Appalto è costituito dalle seguenti indagini in situ e di laboratorio.

### Intervento 1

#### a) indagini in situ

<i>tipologia indagine</i>	<i>n°</i>	<i>Specifiche</i>
sondaggi geognostici a rotazione con carotaggio in continuo	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ n° 1 sondaggio fino a -20 m dal p.c. (S1 stcarbo16)</li> <li>➤ n° 1 sondaggio fino a -20 m dal p.c. (S2 stcarbo16)</li> <li>➤ n° 1 sondaggio fino a -15 m dal p.c. (S3 stcarbo16)</li> <li>➤ n° 1 sondaggio fino a -15 m dal p.c. (S4 stcarbo16)</li> <li>➤ n° 1 sondaggio fino a -15 m dal p.c. (S5 stcarbo16)</li> <li>➤ n° 1 sondaggio fino a -20 m dal p.c. (S6 stcarbo16)</li> </ul>
Prelievo di campioni rimaneggiati o spezzoni di carota	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ C1-T1stcarbo16</li> <li>➤ C1-T2stcarbo16</li> <li>➤ C1-T4stcarbo16</li> </ul>

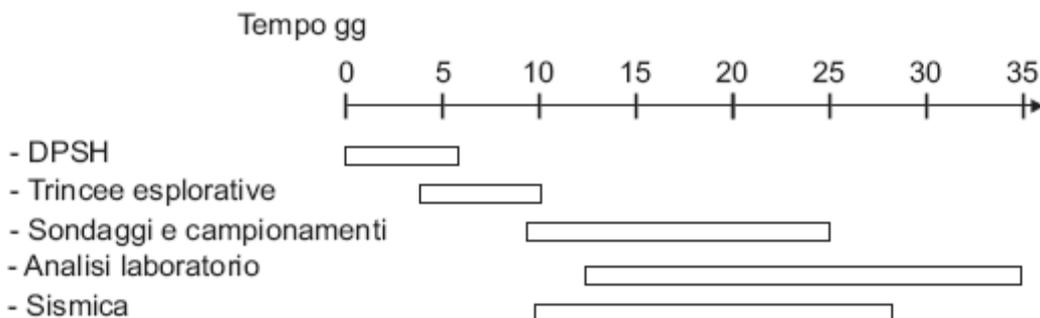
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ C1-T5stcarbo16</li> <li>➤ C1-T6stcarbo16</li> <li>➤ C1-T8stcarbo16</li> <li>➤ C1-T10stcarbo16</li> </ul> <p>prelievo campioni di materiale rimaneggiato e/o spezzoni di carota da prelevare a profondità da concordare con la D.L.</p>
Prelievo di campioni indisturbati	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Prelievo di n° 2 campioni su S1 (C1-S1stcarbo16) - (C2-S1stcarbo16)</li> <li>➤ Prelievo di n° 2 campioni su S2 (C1-S2stcarbo16) - (C2-S2stcarbo16)</li> <li>➤ Prelievo di n° 1 campioni su S3 (C1-S3stcarbo16)</li> <li>➤ Prelievo di n° 1 campioni su S4 (C1-S4stcarbo16)</li> <li>➤ Prelievo di n° 1 campioni su S1 (C1-S5stcarbo16)</li> <li>➤ Prelievo di n° 1 campioni su S1 (C1-S6stcarbo16)</li> </ul>
Pozzetti e trincee esplorative	10	➤ trincee da contrassegnare con la sigla T1e progressivamente fino a T10 seguita dalla dicitura "stcarbo"; es. T1stcarbo16
Indagini dinamiche in continuo DPSH da eseguire con penetrometro TG 63-200 Pagani	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ DPSH1stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH2stcarbo16 (prof. 15 m)</li> <li>➤ DPSH3stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH4stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH5stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH6stcarbo16 (prof. 15 m)</li> <li>➤ DPSH7stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH8stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH9stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH10stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH11stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH12stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH13stcarbo16 (prof. 10 m)</li> <li>➤ DPSH14stcarbo16 (prof. 10 m)</li> </ul>

**b) analisi di laboratorio**

<i>tipologia indagine</i>	<i>n°</i>	<i>specifiche</i>
<i>Terreni</i>		
Apertura di campione (indisturbato) estruso dal contenitore cilindrico, oppure per ogni metro di campionatura	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ n° 2 campioni (C1-S1stcarbo16) (C2-S1stcarbo16);</li> <li>➤ n° 2 campioni (C1-S2stcarbo16) (C2-S2stcarbo16);</li> <li>➤ n° 1 campione (C1-S3stcarbo16) ;</li> <li>➤ n° 1 campione (C1-S4stcarbo16) ;</li> <li>➤ n° 1 campione (C1-S5stcarbo16);</li> <li>➤ n° 1 campione (C1-S6stcarbo16)</li> </ul> <p>Tutti i campioni dovranno esser prelevati a profondità da definire a cura della D.L.</p>
Apertura di campione (rimaneggiato) da vasetto	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ C1-T1stcarbo16</li> <li>➤ C1-T2stcarbo16</li> <li>➤ C1-T4stcarbo16</li> <li>➤ C1-T5stcarbo16</li> <li>➤ C1-T6stcarbo16</li> <li>➤ C1-T8stcarbo16</li> <li>➤ C1-T10stcarbo16</li> </ul>

Fotografia del campione	15	C1-S1 <sup>stcarbo16</sup> , C2-S1 <sup>stcarbo16</sup> , C1-S2 <sup>stcarbo16</sup> , C2-S2 <sup>stcarbo16</sup> , C1-S3 <sup>stcarbo16</sup> , C1-S4 <sup>stcarbo16</sup> , C1-S5 <sup>stcarbo16</sup> , C1-S63 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T1 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T2 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T4 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T5 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T6 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T8 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T10 <sup>stcarbo16</sup>
Preparazione di provini partendo da materiale rimaneggiato	7	➤ C1-T1 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T2 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T4 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T5 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T6 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T8 <sup>stcarbo16</sup> , C1-T10 <sup>stcarbo16</sup>
Determinazione del peso specifico apparente e del contenuto d'acqua	8	➤ n° 2 campioni (C1-S1 <sup>stcarbo16</sup> , C2-S1 <sup>stcarbo16</sup> ) ➤ n° 2 campioni (C1-S2 <sup>stcarbo16</sup> , C2-S2 <sup>stcarbo16</sup> ) ➤ n° 1 campione (C1-S3 <sup>stcarbo16</sup> ) ; ➤ n° 1 campione (C1-S4 <sup>stcarbo16</sup> ) ; ➤ n° 1 campione (C1-S5 <sup>stcarbo16</sup> ); ➤ n° 1 campione (C1-S63 <sup>stcarbo16</sup> )
Analisi granulometrica mediante vagliatura e per sedimentazione mediante areometro	7	➤ C1-T1 <sup>stcarbo16</sup> ➤ C1-T2 <sup>stcarbo16</sup> ➤ C1-T4 <sup>stcarbo16</sup> ➤ C1-T5 <sup>stcarbo16</sup> ➤ C1-T6 <sup>stcarbo16</sup> ➤ C1-T8 <sup>stcarbo16</sup> ➤ C1-T10 <sup>stcarbo16</sup>
Prova di compressione ad espansione laterale libera	8	➤ n° 2 campioni (C1-S1 <sup>stcarbo16</sup> , C2-S1 <sup>stcarbo16</sup> ) ➤ n° 2 campioni (C1-S2 <sup>stcarbo16</sup> , C2-S2 <sup>stcarbo16</sup> ) ➤ n° 1 campione (C1-S3 <sup>stcarbo16</sup> ) ; ➤ n° 1 campione (C1-S4 <sup>stcarbo16</sup> ) ; ➤ n° 1 campione (C1-S5 <sup>stcarbo16</sup> ); ➤ n° 1 campione (C1-S63 <sup>stcarbo16</sup> )
Prova di taglio diretto CD	6	➤ n° 1 campione (C1-S1 <sup>stcarbo16</sup> ) ➤ n° 1 campione (C1-S2 <sup>stcarbo16</sup> ) ➤ n° 1 campione (C1-S3 <sup>stcarbo16</sup> ) ; ➤ n° 1 campione (C1-S4 <sup>stcarbo16</sup> ) ; ➤ n° 1 campione (C1-S5 <sup>stcarbo16</sup> ); ➤ n° 1 campione (C1-S63 <sup>stcarbo16</sup> )
Prova di compressibilità edometrica e determinazione dei coefficienti di consolidazione (cv), di permeabilità (K) di compressibilità (mv) nel corso della prova edometrica	2	➤ n° 1 campione (C2-S1 <sup>stcarbo16</sup> ) ➤ n° 1 campione (C2-S2 <sup>stcarbo16</sup> )

Le indagini e le prove suddette dovranno essere eseguite secondo il seguente cronoprogramma:



Per quanto riguarda le indagini di laboratorio, con le modalità indicate nelle specifiche di riferimento, di seguito riportate:

- 1) Esami preliminari e descrizione geotecniche dei campioni (*Unified Soil Classification System Des. E - 3 - ASTM D 2488 - 00*);
- 2) Analisi granulometriche (*ASTM D 422*);
- 3) Determinazione del tenore d'acqua (*ASTM D 2216-05*);
- 4) Determinazioni del peso specifico apparente e/o dei grani (*ASTM D 854-92*);
- 5) Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni (*ASTM D3080-90*). Prove di taglio in condizioni consolidate drenate
- 6) Prova di taglio con apparecchio anulare per la determinazione della resistenza residua con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni. (*BS 1377, parte 8 1990*).
- 7) Prova di compressione monoassiale ELL per la determinazione della resistenza a compressione monoassiale in assenza di confinamento laterale di terreni coesivi (*ASTM D 2166 – 91*)
- 8) Prova di compressibilità edometrica condotta ad incrementi di carico controllati (prova IL) (*ASTM D 2435 – 90*)

Il numero delle prove risultanti dal precedente schema può essere soggetto ad eventuali variazioni, secondo quanto verrà prescritto sul posto dal Direttore dei Lavori, in accordo con i Progettisti e con la Stazione Appaltante. In particolare, potrà essere prevista l'esecuzione di ulteriori prove di laboratorio rispetto a quelle riportate nel precedente elenco.

## 1.7 Rapporti sulle indagini

A conclusione della campagna di indagini geognostiche (indagini in situ e prove di laboratorio), l'Appaltatore dovrà provvedere alla redazione di un rapporto finale sulla medesima. Tale documento dovrà contenere quanto segue:

- illustrazione delle indagini geognostiche realizzate;
- documentazione delle indagini geognostiche eseguite: standard di riferimento e specifiche tecniche adottate, attrezzature impiegate e metodologie di esecuzione delle indagini, cartografia di corredo, rapporti di prova e documentazione fotografica con relativi punti di presa;
- restituzione completa delle operazioni eseguite durante il sondaggio, data, personale, attrezzatura impiegata, risultanze delle prove eseguite con penetrometro e scissometro tascabili, profondità di prelievo dei campioni, eventuale profondità della falda, manovre effettuate e loro profondità, percentuale di recupero, presenza di vuoti, velocità di

avanzamento, parametri registrati e/o altri elementi ritenuti necessari al fine di caratterizzare gli elementi di rilievo accorsi in fase di perforazione ecc.);

- fotografie a colori delle cassette catalogate;
- riepilogo delle indagini di laboratorio con indicazioni dei valori delle grandezze di interesse geotecnico, certificati delle singole prove eseguite;

Il rapporto dovrà essere prodotto in forma cartacea (n° 3 copie, di cui una riproducibile) ed in formato elettronico (testi in formato per Microsoft Word™, tabelle e grafici in formato per Microsoft Excel™, disegni in formato per AutoCAD™) e dovrà essere consegnato alla D.L., la quale provvederà a trasmetterla alla Stazione Appaltante.

## **2. UBICAZIONE DELLE INDAGINI E RILIEVO TOPOGRAFICO**

Le indagini in situ dovranno essere ubicate in corrispondenza delle posizioni di massima indicate nella planimetria allegata, salvo le eventuali variazioni di posizione che potranno essere ordinate in corso d'opera dalla D.L. L'ubicazione in cantiere delle singole indagini dovrà in ogni caso essere controllabile dalla Direzione Lavori, tramite l'apposizione di picchetti contraddistinti con la sigla dell'indagine a cui si riferiscono.

## **3. SPECIFICHE DELLE INDAGINI IN SITU**

### **3.1 Prelievo di campioni per le analisi di laboratorio**

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sarà necessario prelevare campioni rappresentativi delle terre attraversate per sottoporli successivamente ad analisi e/o a prove di laboratorio. I campioni, salvo quanto diversamente riportato nel seguito, verranno prelevati alle quote stabilite, nel terreno in posto al fondo dello scavo effettuato, infiggendo un apposito attrezzo chiamato campionatore.

In base al grado di disturbo che il terreno subisce durante il campionamento, i campioni di terreni si distinguono in 3 principali classi:

- **campioni rimaneggiati**, rappresentativi solo della granulometria del terreno in posto;
- **campioni semi disturbati**, rappresentativi anche del contenuto d'acqua del terreno;
- **campioni indisturbati**, rappresentativi, oltre che delle precedenti caratteristiche, anche della densità, della compressibilità e della resistenza al taglio del terreno in posto.

Nel presente disciplinare come precedentemente riportato in tabella sono previsti i seguenti prelievi:

- *n° 8 campioni indisturbati su coltre detritica, alluvioni o riporti con campionatore descritto al par. 3.1.1.1 e 3.1.1.2.*
- *n° 7 campioni rimaneggiati su coltre detritica, alluvioni o riporti con modalità descritte al par. 3.1.2.1 e 3.1.3.1.*

### **3.1.1 Campionatori**

#### **3.1.1.1 Metodologia di campionamento**

Per i campioni indisturbati l'infissione del campionatore verrà effettuata impiegando campionatore a pareti sottili spinto a pressione (Schelby).

### **3.1.1.2 Caratteristiche del campionatore**

Il diametro del contenitore (cilindro portacampione) deve essere minimo di 80 mm nominali.

Il materiale costituente il campionatore di terreno indisturbato sarà in acciaio inox.

Per i campioni di roccia il campionatore potrà essere anche in PVC di diametro adeguato a quello dello spezzone di carota.

L'uso dell'acciaio verniciato deve essere preventivamente accettato dalla D.L.

Negli stessi tipi il rapporto delle aree (area dello spessore anulare del portacampione diviso area del campione) non deve superare il 13%.

Occasionalmente può essere richiesto che il diametro interno all'imbocco (tagliente) del portacampione nei campionatori di tipo 3.2 (a pareti sottili), sia leggermente minore ( $I_c$  = inside clearance = gioco interno) del diametro interno stesso. Tale valore può oscillare fra 0.4 ed 1%.

In assenza di precisazioni si intende  $I_c = 0$ .

I cilindri portacampione devono essere:

- (i) privi di cordoli (saldatura) e irregolarità interne;
- (ii) perfettamente cilindrici ( $\pm 1\%$  rispetto al diametro teorico);
- (iii) perfettamente puliti;
- (iv) con la superficie interna essere perfettamente liscia, in maniera tale da ridurre al minimo l'attrito fra campione e cilindro.
- (v) La lunghezza del campionatore sarà di almeno 65 cm.

### **3.1.2 Modalità di prelievo**

#### **3.1.2.1 Campioni rimaneggiati**

I campioni potranno essere prelevati direttamente con una pala o altri utensili manuali, senza cioè ricorrere necessariamente l'impiego di un campionatore. I materiali verranno selezionati in quantità tale da risultare largamente rappresentativi della granulometria media dello strato cui si riferiscono.

#### **3.1.2.2 Campioni semi disturbati ed indisturbati**

Nel prelievo di campioni indisturbati, la manovra di infissione del campionatore deve essere continua ed in unica tratta, cioè senza interruzioni, riprese, ecc.

Il prelievo di campioni indisturbati in fase di carotaggio in continuo deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso in cui 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 foro.

Nel corso dell'esecuzione dei pozzetti e delle trincee esplorative sarà a volte necessario prelevare campioni rappresentativi delle terre attraversate per sottoporli successivamente ad analisi e/o a prove di laboratorio. I campioni verranno prelevati alle quote stabilite nel terreno posto al fondo dello scavo infiggendo il campionatore a pressione nel terreno mediante la spinta esercitata dalla benna di un escavatore. Per tale metodo di infissione, dovrà utilizzarsi un campionatore a pareti sottili in acciaio inox (*Shelby*).

### **3.1.3 Sigillatura e imballaggio dei campioni**

### **3.1.3.1 Sigillatura**

I *campioni rimaneggiati* dovranno essere racchiusi in sacchetti di polietilene o similare, ben legati all'estremità per evitare perdite di contenuto d'acqua.

Per ciò che concerne i *campioni semindisturbati* e *indisturbati*, le estremità del porta campione devono essere sigillate in modo da evitare scambi di contenuto d'acqua fra campione ed ambiente esterno.

Con i campioni semicoesivi e sabbiosi oltre al tappo di paraffina fusa si devono applicare alle due estremità tappi di espansione con anelli di tenuta.

Gli spezzoni di carota devono essere paraffinati ed inseriti in un involucro rigido di protezione.

### **3.1.3.2 Indicazioni sul campione**

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

- 1) cantiere;
- 2) numero di identificazione dello scavo esplorativo
- 3) numero del campione con le specifiche di cui alla tabella del punto 1.6.;
- 4) profondità del prelievo ;
- 5) data di prelievo;
- 7) parte alta (per campioni semi disturbati e indisturbati).

Il numero del campione, il tipo di campionatore 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 estremità dei campioni indisturbati, semi disturbati e delle carote devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

### **3.1.3.3 Imballaggio e trasporto dei campioni**

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati verticalmente e nel senso naturale in cassette appositamente costruite, con adeguati separatori ed imbottiture all'estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni prodotte durante le operazioni di trasporto.

Le cassette dovranno essere collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione. Dovranno contenere un massimo di n 8 fustelle, onde facilitarne il maneggio e saranno dotate di coperchio e maniglie.

Sul coperchio dovrà essere indicata la parte alta.

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

## **3.2 PERFORAZIONI DI SONDAGGIO**

### **3.2.1 Scopo**

Le perforazioni di sondaggio vengono programmate ed eseguite per raggiungere uno o più dei seguenti scopi:

- riconoscimento stratigrafico delle formazioni attraversate;
- prelievo di campioni da sottoporre a prove ed analisi;
- esecuzione diretta di prove e misure a varie profondità;
- installazione di strumenti.

### **3.2.2 Tipologia**

In relazione al metodo di avanzamento adottato, le perforazioni possono in generale essere del tipo a percussione, vibrazione, roto-percussione, ecc.

Nell'ambito delle indagini in oggetto si prevede esclusivamente la perforazione a rotazione e pertanto l'eventuale impiego di differenti metodi proposti dall'Impresa, dovrà essere preventivamente autorizzato dalla D.L.

Le perforazioni a rotazione saranno del tipo a carotaggio in continuo. L'avanzamento, i campionamenti e le prove in situ all'interno del foro di sondaggio saranno eseguiti mediante batteria di aste.

### **3.2.3 Attrezzature**

L'attrezzatura di perforazione a rotazione sarà costituita da sonde "a testa idraulica".

Trattandosi prevalentemente di terreni nei primi 2-5 m di sondaggio e lapidei fino a fondo foro (anche se talora fortemente fratturati), potranno essere usate attrezzature di caratteristiche adeguate al terreno da attraversare ed alle profondità da raggiungere, aventi comunque i seguenti requisiti minimi:

- a) Velocità di rotazione variabile fra 0 e 300 giri/min;
- b) Coppia massima 400 kgm;
- c) Corsa continua non inferiore a 150 cm;
- d) Spinta e tiro non inferiori di 3000 kgw;
- e) Morsa idraulica per rivestimenti e/o aste;
- f) Pompa in grado di raggiungere pressioni effettive di almeno 70 bar;
- g) Circuito supplementare dalla pompa per il rabbocco del fluido a testa foro.

Gli utensili di perforazione dovranno permettere il carotaggio integrale del terreno attraversato senza procurare frantumazioni o dilavamento. Sono richiesti quindi carotieri semplici o doppi, corone metalliche o diamantate, in relazione al terreno da perforare.

Le manovre di pulizia del fondo foro verranno eseguite con attrezzi idonei: carotieri molto corti, carotieri- sgorbia, eiettori con fori radiali.

Il foro verrà man mano rivestito con tubazione metallica provvisoria di diametro adeguato e della cosiddetta "serie pesante", avente cioè spessore non inferiore a 7- 8 mm e di acciaio di buone caratteristiche meccaniche. Di norma, il diametro "finale" del rivestimento è 127/107 mm, mentre il diametro nominale del carotiere è 100 mm.

Nelle perforazioni per prove SPT in fori appositi, la tubazione metallica di rivestimento sarà della serie "pesante" (spessore 6 ÷ 8 mm) ed il diametro nominale non supererà 75 mm.

### **3.2.4 Perforazione con carotaggio**

#### **3.2.4.1 Modalità esecutive**

La perforazione e l'infissione del rivestimento provvisorio devono essere condotti in modo da minimizzare le variazioni di stato dei terreni attraversati ed al fondo del foro.

Velocità e pressione del fluido, quando usato, devono pertanto essere controllabili e controllati.

Effetti "pistone" e/o "pompa" dovuti a bruschi movimenti assiali della batteria devono essere evitati. La perforazione verrà eseguita preferibilmente senza circolazione di fluido.

La stabilità del fondo foro verrà assicurata mediante i seguenti accorgimenti:

- le manovre di estrazione devono essere eseguite con velocità molto bassa nel tratto iniziale per minimizzare l'effetto pistone;
- il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto sempre il più alto possibile, anche facendo sporgere fino a 1 m dal piano di lavoro l'estremità superiore del rivestimento da mantenersi pieno di fluido.

La pulizia del fondo dovrà essere verificata, con l'apposito scandaglio, prima di ogni singola manovra di campionamento o prova in sito; differenze rispetto alla quota teorica di riferimento superiori a 6 ÷ 8 cm corrispondono ad una pulizia non sufficiente.

### **3.2.4.2 Registrazioni dei dati in corso di perforazione**

Nel corso della perforazione verranno rilevati e riportati nel rapporto finale i seguenti dati:

- date di perforazione;
- metodo di perforazione;
- attrezzatura impiegata;
- diametro di perforazione;
- diametro degli eventuali rivestimenti;
- descrizione delle peculiarità dei singoli strati attraversati, comprendente:
  - Passaggi litologici rilevanti (es. terreno-roccia, roccia-vuoti);
- velocità di avanzamento;
- perdite di fluido di circolazione;
- rifluimenti in colonna;
- perdite di carota;
- vuoti.

### **3.2.5 Registrazione dei parametri di perforazione**

Saranno registrati in forma analogica ed in funzione del tempo i principali parametri di perforazione e campionamento:

- velocità istantanea di avanzamento,
- spinta che agisce sull'utensile,
- pressione del fluido,
- coppia,
- volume del fluido.

Quando necessario, la D.L. potrà prescrivere un programma dettagliato dell'indagine, nel quale verranno precisati i parametri da registrare (in genere non più di 3 parametri). L'Appaltatore dovrà curare le scale dei profili relativi ai singoli parametri, in maniera tale che le stesse consentano una chiara lettura del grafico. Altrettanto dicasi per i trasduttori da inserire nel circuito, i quali dovranno avere fondo scala adeguato.

### **3.2.6 Rilievo della falda**

Nel corso della perforazione verrà rilevato in forma sistematica il livello della falda nel foro. Le misure verranno eseguite in particolare prima o dopo ogni interruzione del lavoro (sera, mattina, altre pause), con annotazione di quanto segue:

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

- data ed ora della misura.

Tali annotazioni devono comparire anche nella documentazione definitiva di lavoro.

### **3.2.7 Cassette catalogatrici**

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in plastica), munite di 5 scomparti divisorii e della lunghezza di 1,0 m.

Sul fondo di ogni scomparto sarà posto un foglio di plastica trasparente di dimensioni tali da poter essere rivoltato a proteggere la carota, una volta sistemata.

Le carote coesive verranno scortecciate, le eventuali carote lapidee lavate.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c. Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio (campioni rimaneggiati, indisturbati, S.P.T., ecc.), con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

### **3.2.8 Fotografie a colori**

Le singole cassette verranno fotografate con pellicola a colori 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; si consiglia quindi una foto presa dall'alto e scattata da una distanza non superiore a 2 m.

Al bordo della cassetta verrà posta la carta dei colori di riferimento (ad es. *Kodak - color separation guides*).

Il negativo e 3 copie delle fotografie verranno allegati alla documentazione di lavoro.

## **3.3 PROVA DINAMICA SPT IN FORO DI SONDAGGIO**

### **3.3.1 Generalità**

E' una prova standardizzata sia dalla ASTM (D.1586), dal sottocomitato ISSMFE (Associazione Geotecnica Internazionale) per le prove penetrometriche in Europa, nonché dalle "Raccomandazioni "A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) per l'esecuzione delle indagini geotecniche (1977).

E' una prova puntuale, che si esegue nel corso di una perforazione, al fondo del foro. Ciascuna prova richiede l'inserimento di una batteria e la sua estrazione. Descrizione della prova

La prova consiste nel misurare il numero di colpi necessari per far penetrare di 30 cm nel terreno vergine (dal fondo di un foro ), dopo una penetrazione preliminare di 15 cm, un tubo campionatore di date dimensioni (diametro esterno 51 mm), collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

### **3.3.2 Requisiti dell'attrezzatura**

- Durante la caduta, il maglio deve essere guidato in modo da mantenere la verticalità.
- Le dimensioni del campionatore devono essere quelle delle norme e raccomandazioni sopracitate. Il campionatore deve essere apribile in 2 metà longitudinalmente.
- La scarpetta sagomata a tagliente deve essere sempre tenuta in buone condizioni, limandola o sostituendola quando ammaccata, sbeccata, ecc.

- Il dispositivo di sganciamento deve essere privo di fermo di fine corsa ed avere dimensioni tali per cui in caso di mancato sganciamento del maglio non viene applicata alcuna forza di trazione alla batteria SPT.
- Fra testa di battuta in sommità delle aste ed il piano di campagna deve essere installato almeno un centratore di guida e di irrigidimento delle aste stesse.
- Il diametro delle aste non deve essere inferiore a 42 mm.
- Il diametro del foro di sondaggio (diametro attrezzo di perforazione) non deve essere maggiore di 170 mm .
- Ove possibile verrà misurata, a 2÷3 profondità significative, l' efficienza (h) del dispositivo di infissione cioè il rapporto fra l' energia teoricamente trasmessa dal maglio alle aste con un colpo e quella che invece effettivamente entra. Tale misura viene eseguita con apposito strumento e con l'ausilio di una cella di carico appositamente inserita nella batteria di aste poco al di sotto dell' estremità superiore dove avviene il contatto con il maglio.

### 3.3.3 Metodologia di prova

- Durante l'infissione dei 15 + 15 +15 = 45 cm verrà rilevato il numero di colpi (N) necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm. Il valore di  $N_{SPT}$  è la somma dei colpi misurati per il 2° ed il 3° tratto.
- La prova viene sospesa quando il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm , supera 50. In tal caso si annota la penetrazione (in cm) ottenuta con i 50 colpi.
- Prima di eseguire la prova è necessario controllare con adeguato scandaglio la quota del fondo foro, confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta. Può risultare dal controllo che la quota attuale sia più alta, per effetto di rifluimenti dal fondo foro o per decantazione dei detriti in sospensione nel fluido. Se tale differenza supera 7 cm la prova non può essere eseguita e si deve pertanto procedere ad un'ulteriore manovra di pulizia.
- La quota d' inizio della prova S.P.T. deve corrispondere a quella misurata mediante il controllo di cui sopra che, come detto, può coincidere con quella di perforazione o di pulizia ma può essere anche (fino a 7 cm) superiore; l'eventuale affondamento del campionatore, per peso proprio e delle aste, deve essere annotato ma è già parte integrante dei 45 cm complessivi d'infissione.
- Dopo l'estrazione, il campione prelevato viene misurato e descritto, trascurando l'eventuale parte alta costituita da detriti, sigillato in adatto contenitore ed inviato al laboratorio.
- In presenza di materiali molto compatti, si adotterà il campionatore chiuso, a punta conica, previa autorizzazione della Direzione Lavori.
- 

### 3.3.4 Documentazione

La documentazione preliminare e quella definitiva devono comprendere, per ciascuna prova eseguita:

- quota della tubazione provvisoria di rivestimento del foro;
- quota raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia;
- quota del fondo foro controllata prima di iniziare la prova ( = quota inizio prova);
- penetrazione, per peso proprio e delle aste, del campionatore;
- N (numero di colpi infissione di ciascuno dei 3 tratti di 15 cm);
- peso per metro lineare e diametro delle aste impiegate;

- peso del complesso testa di battuta- dispositivo di sganciamento-maglio;
- lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- punta conica quando impiegata;
- efficienza del sistema di infissione alle varie profondità, quando misurata.

### **3.4 CONDIZIONAMENTO FORO DI SONDAGGIO PER PROVE DOWN HOLE**

#### **3.4.1 Requisiti dell'attrezzatura**

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- Attrezzatura riportata al punto 3.2.3. per l'esecuzione di sondaggio geognostico
- Tubazione con sezione circolare in PVC o altro materiale ad alta impedenza alle vibrazioni, avente spessore di almeno 5 mm e diametro interno compreso fra 75 e 90 mm, in spezzoni di 3 metri da assemblare mediante filettatura M/F oppure mediante manicotti di giunzione.

Si dovranno avere i seguenti accorgimenti e fare le seguenti verifiche:

- i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi;
- Dovrà essere verificata l'efficienza dell'eventuale tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della tubazione;

#### **3.4.2 Modalità di esecuzione**

La perforazione deve essere condotta con circolazione di fanghi e con modalità esecutive tali da evitare scavarnamenti e rifluimenti.

In generale il foro deve essere rivestito con rivestimento metallico provvisorio. Tale rivestimento dovrà avere un unico diametro in modo che il foro abbia diametro costante per tutta l'altezza.

La posa in opera della tubazione di prova dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- preassemblaggio dei tubi in spezzoni di 6 m. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
  - montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'iniezione della miscela tale operazione non sarà necessaria;
  - inserimento del primo spezzone di tubo nel foro (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
  - bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo;
  - inserimento dello spezzone successivo; incollaggio e sigillatura del giunto con mastice e nastro adesivo;
  - allentamento della morsa per permettere di calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo di iniezione;
  - bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo;
  - prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo;

- cementazione del tubo, da eseguire a bassa pressione (200 kPa) attraverso il tubo di iniezione o attraverso la valvola di fondo, osservando la risalita della miscela cementizia all'esterno del tubo; il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto, operando solo a trazione e senza rotazione, non appena la miscela appare in superficie; nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi; fino a completamento a regola d'arte della cementazione.
- accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo mediante attrezzo a fori radiali;
- dopo il lavaggio ed a presa avviata, verifica della continuità e dell'integrità della tubazione calando sul fondo e ritirando un attrezzo di dimensioni analoghe al geofono;

Ulteriori specifiche:

- la composizione della miscela di cementazione che dovrà essere costituita da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;

### **3.5 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DPSH)**

#### **3.5.1 Generalità**

La prova descritta è compresa nella "Raccomandazione AGI" (1977) per l'esecuzione delle indagini in sito.

Differisce invece da quella inclusa nelle "Raccomandazioni" del sottocomitato ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

Non è standardizzata dall' ASTM.

La prova descritta è del tipo "Superpesante" in quanto il maglio pesa più di 60 Kg e l'altezza di caduta è maggiore di 50 cm.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari all'avanzamento.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La strumentazione penetrometrica permette inoltre di riconoscere con una certa precisione lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M(kg)	Prof. Max di indagine battente
leggero	DPL (light)	$M \leq 10$	8 m
medio	DPM (medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25 m
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25 m

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici:

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento /fango bentonitico : talora previsto
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento /fango bentonitico : talora previsto
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta = 30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni.
- DINAMICO SUPERPESANTE DPSH (Tipo EMILIA)  
massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta = 20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 90^\circ$ ) diametro D = 50.5 - 51,0 mm, area base cono A = 20,0 – 20,43 cm<sup>2</sup>, rivestimento/fango bentonitico: talora previsto.

### 3.5.2 Requisiti dell'attrezzatura

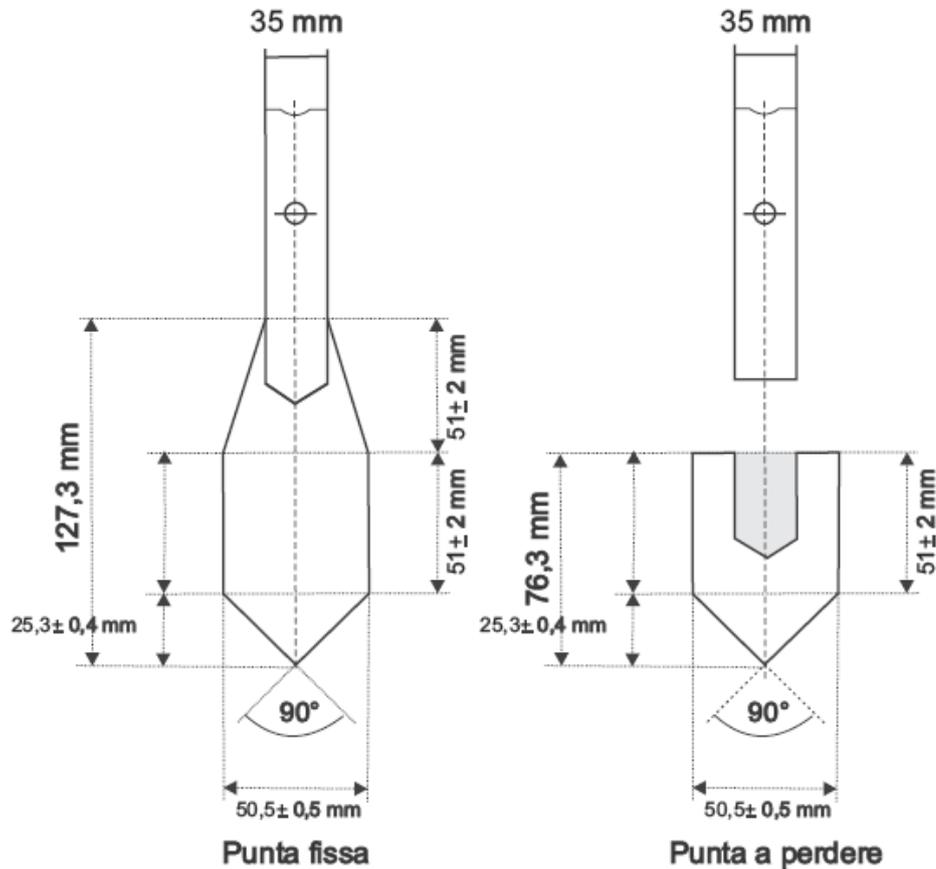
L'attrezzatura conforme alla norma EN ISO "CEN-TC 341" dovrà soddisfare le seguenti condizioni:

- Il maglio deve essere guidato per assicurare la minima resistenza di attrito durante la caduta.
- Il meccanismo di sganciamento automatico deve assicurare una caduta libera libera costante, la velocità di caduta del maglio al momento dello sgancio deve essere trascurabile e non deve indurre movimenti parassiti nelle aste di collegamento.
- La testa di battuta ("Anvil") in acciaio, deve essere fissata rigidamente alla sommità delle aste di collegamento; una connessione non rigida deve essere serrata.
- Il dispositivo di battitura deve essere dotato di una guida che costituisca un supporto verticale e laterale al tratto di aste che sporgono dal piano di campagna.
- Se vien impiegato un dispositivo pneumatico per il sollevamento del maglio, esso deve essere accompagnato dalla documentazione di calibrazione, poiché l'energia fornita non risulta sempre assicurata.

In dotazione dovrà essere assicurata la seguente attrezzatura:

- una batteria di aste (min 10), del diametro di 32 mm e del peso per metro lineare max. di 6,3  $\pm 0,1$  kg/m alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica avente diametro 50.5  $\pm 0.5$  mm ed angolo di apertura di 90°; una parte cilindrica al di sopra del cono di altezza pari al diametro della punta e una parte tronco-conica, al di sopra della parte cilindrica, anch'essa di altezza pari al diametro della punta;
- la punta dovrà avere lunghezza della parte cilindrica di 51  $\pm 0,2$  mm, cono di altezza 25,3  $\pm 0,4$  mm,
- dispositivo di infissione della punta, costituito da un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di caduta di 75 cm;

- testa di battuta, se presente, del peso non superiore a 30 kg;
- Al fine di ridurre l'attrito laterale sulle aste è previsto su specifica disposizione della Direzione Lavori l'uso di rivestimento.
- In alcune indagini potrà inoltre essere richiesto l'utilizzo di punte a perdere aventi caratteristiche uguali a quella della punta fissa a meno della parte tronco-conica prima descritta.



### 3.5.3 Metodologia della prova

La prova penetrometrica dinamica dovrà essere eseguita prevedendo l'infissione della punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm e misurando il numero di colpi necessari (Np). La velocità di infissione deve essere compresa tra 15 e 30 colpi/minuto; ogni interruzione superiore a 5 minuti deve essere registrata. L'utilizzo del rivestimento non è obbligatorio, a patto che, le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro: esse devono poter ruotare di almeno 1½ giri ogni metro di avanzamento e per profondità superiori a 10 m ogni 0.2 m di avanzamento.

Nel caso si renda necessario l'utilizzo di rivestimento dovrà essere prevista la seguente procedura:

- Dopo 20-30 cm di penetrazione della punta viene infisso il rivestimento  $\phi$  48 mm, rilevando ancora il numero di colpi (Nr).
- La prova deve essere sospesa quando Np o Nr superano il valore di 100.
- Di norma le prove vengono iniziate alla quota del piano campagna.
- La punta conica deve sporgere, dal rivestimento  $\phi$  48 mm, non più di 30 cm in qualsiasi fase della prova. Ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza Np misurati.
- Le due batterie, le aste collegate alla punta e rivestimenti  $\phi$  48 mm, devono essere reciprocamente liberi per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a

seguito di infiltrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria, l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le due colonne. Ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle due colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei 2 interventi sopra descritti.

#### **3.5.4 Frequenza della prova**

La prova è continua per tutta la profondità indagata.

#### **3.5.5 Documentazione**

La documentazione preliminare deve comprendere:

- fotocopia dei rilievi di cantiere Np ed Nr (se rilevate) alle diverse profondità per ciascuna prova;
- grafico preliminare di Np in funzione della profondità;
- altezza di caduta del maglio durante l'infissione del rivestimento;

La documentazione definitiva deve comprendere per ogni prova:

- grafico di Np in funzione della profondità;
- grafico di Nr in funzione della profondità;
- altezza di caduta media del maglio durante l'infissione del rivestimento.

### **3.6 CEMENTAZIONE DEI FORI DI SONDAGGIO**

#### **3.6.1 Modalità di esecuzione**

- La cementazione del foro sarà eseguita a bassa pressione (200 kPa) attraverso tubo di iniezione posto a fondo foro, osservando la risalita della miscela cementizia; l'eventuale rivestimento di perforazione dovrà essere estratto tranne che per il sondaggio n° 4 dell'intervento n° 1 citato al punto 1 del programma delle indagini.

Non appena la miscela appare in superficie; il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi fino a completamento della cementazione del foro.

La composizione della miscela di cementazione che dovrà essere costituita da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

## SOMMARIO

1. PROGRAMMA E DISCIPLINARE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	1
1.1 Documenti di riferimento .....	1
1.2 Obblighi dell'Appaltatore .....	1
1.3 Documentazione delle indagini .....	2
1.4 Mantenimento e consegna dei campioni.....	2
1.5 Piste e piazzole.....	2
1.6 Prospetto delle indagini.....	3
1.7 Rapporti sulle indagini.....	6
2. UBICAZIONE DELLE INDAGINI E RILIEVO TOPOGRAFICO .....	7
3. SPECIFICHE DELLE INDAGINI IN SITU.....	7
3.1 Prelievo di campioni per le analisi di laboratorio .....	7
3.1.1 Campionatori .....	7
3.1.2 Modalità di prelievo.....	8
3.1.3 Sigillatura e imballaggio dei campioni.....	8
3.2 PERFORAZIONI DI SONDAGGIO.....	9
3.2.1 Scopo .....	9
3.2.2 Tipologia .....	10
3.2.3 Attrezzature .....	10
3.2.4 Perforazione con carotaggio.....	10
3.2.5 Registrazione dei parametri di perforazione .....	11
3.2.6 Rilievo della falda .....	11
3.2.7 Casette catalogatrici .....	12
3.2.8 Fotografie a colori.....	12
3.3 PROVA DINAMICA SPT IN FORO DI SONDAGGIO.....	12
3.3.1 Generalità .....	12
3.3.2 Requisiti dell'attrezzatura.....	12
3.3.3 Metodologia di prova .....	13
3.3.4 Documentazione.....	13
3.4 CONDIZIONAMENTO FORO DI SONDAGGIO PER PROVE DOWN HOLE ....	14
3.4.1 Requisiti dell'attrezzatura.....	14
3.4.2 Modalità di esecuzione .....	14
3.5 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DPSH) .....	15
3.5.1 Generalità .....	15
3.5.2 Requisiti dell'attrezzatura.....	16
3.5.3 Metodologia della prova.....	17
3.5.4 Frequenza della prova .....	18
3.5.5 Documentazione.....	18
3.6 CEMENTAZIONE DEI FORI DI SONDAGGIO .....	18
3.6.1 Modalità di esecuzione .....	18