



REGIONE CALABRIA

Dipartimento 14 POLITICHE DELL'AMBIENTE

Responsabile delle iniziative finanziate al definitivo subentro della Regione Calabria nel coordinamento degli interventi da eseguirsi nel contesto di criticità nel settore dei rifiuti solidi urbani (O.C.D.P.C. n° 57 del 14.03.2013, GU n° 69 del 22.03.2013)

Decreto del Dirigente Generale del Dipartimento Politiche
dell'Ambiente n. 13827 del 20/11/2014

PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE ED EVENTUALE ANALISI DI RISCHIO DELL'AREA DELLA DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI SITA IN LOC. LA ZINGARA NEL COMUNE DI MELICUCCA'

MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

Relazione

ALLEGATI:	scala:
<u>All. 1 Inquadramento territoriale</u>	<u>1:10.000</u>
<u>All. 2 Carta tecnica di inquadramento</u>	<u>1:10.000</u>
All. 3 Sezione idrogeologica schematica	
<u>All. 4 Carta tecnica di dettaglio</u>	<u>1:2.000</u>
All. 5 Sezioni idrogeologiche di dettaglio	
All. 6 Dati Sorical	

PIANO DI INVESTIGAZIONE AMBIENTALE

Relazione

ALLEGATI:

All. A Elenco prezzi

All. B Computo metrico

All. C Capitolato speciale d'appalto

Coordinatore Responsabile:	Collaboratori:
Prof. Geologo Vincenzo Pizzonia	Dott. Ing. Vittorio Carchedi
	Dott. Geol. Antonio Pizzonia
24/03/2015	Dott. Biol. Gianluca Pizzonia

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

ART. 1) OGGETTO DELL'APPALTO

Formano oggetto del presente appalto tutte le opere, le somministrazioni, i trasporti ed i noli occorrenti per l'esecuzione di:

- a) Prospezioni sismiche.
- b) Sondaggi a rotazione
- c) Prove da effettuare nei sondaggi
- d) Prelievi di campioni
- e) Prove geotecniche di laboratorio
- f) Installazione di Piezometri
- g) Campionamento matrice acqua.
- h) Campionamento delle matrici suolo e sottosuolo.
- i) Rilievo topografico

Al termine dei singoli interventi dovranno essere redatte delle schede tecniche riportanti le stratigrafie dei terreni attraversati, le tecniche di perforazione utilizzate e di prelievo dei campioni, nonché la relazione sulle attività svolte.

Dette prestazioni devono essere effettuate nell'area di pertinenza della discarica nel Comune di Melicuccà. Tali prestazioni comunque saranno realizzate secondo le condizioni, norme e prescrizioni tecniche riportate nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

MODALITA' DI ESPLETAMENTO DELL'INCARICO

Per l'espletamento delle attività l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto indicato nel presente Capitolato, nonché alle disposizioni ed alle indicazioni che il Responsabile del Procedimento riterrà necessarie e opportune, ed alle condizioni economiche di cui all'Elenco Prezzi.

La prestazione tecnica oggetto del presente Capitolato prevede l'esecuzione della seguente campagna di indagini, per come meglio dettagliato nel Piano in Allegato:

- **Prospezioni sismiche: N° 6, (3x2), stendimenti da ml 240;**
- **Sondaggi a rotazione : N° 4 sondaggi a carotaggio continuo da spingere fino alla profondità di 60 m (3 da 60 e 1 da 120);**
- **Prove da effettuare nei sondaggi: prove di permeabilità**
- **Prelievi di campioni: per analisi geotecniche di laboratorio, per determinazioni chimico fisiche**
- **Prove geotecniche di laboratorio per determinazioni di proprietà indici, granulometria, permeabilità**
- **Installazione di N° 4 piezometri a tubo aperto fino alla profondità di 60 m (3 da 60 e 1 da 120)**
- **Campionamento matrice acqua: prelievi da piezometri, prelievi da acque superficiali.**
- **Campionamento delle matrici suolo e sottosuolo: prelievi in trincee o pozzetti di ispezione o effettuati utilizzando gli escavatori meccanici, normalmente impiegati in edilizia e nelle opere di terra (fino a circa 2-3 m) o direct-push per profondità maggiori**
- **Rilievo topografico dei punti di indagine e di campionamento e loro restituzione su supporto cartaceo e digitale georeferenziato.**

Gli elaborati relativi alle risultanze delle indagini dovranno essere forniti in originale e n°4 copie complete oltre una copia in formato digitale editabile (dwg, word, excel).

SPECIFICHE ESECUTIVE

L'esecuzione delle indagini dovrà essere effettuata secondo le modalità via via di seguito descritte. Nel caso in cui l'Impresa ritenesse necessario apportare delle modifiche alle modalità anzidette, dovrà

preliminarmente concordarle con il Responsabile del Procedimento. Alla misura dei lavori sarà provveduto in contraddittorio tra il Responsabile del Procedimento e l'Impresa.

Ogni prezzo di tariffa rappresenta il valore di un lavoro unitario interamente compiuto. Tutti gli oneri generali e speciali stabiliti nelle tariffe e nel capitolato restano indennizzati con la valutazione dei lavori in base ai prezzi di elenco, nei quali è tenuto conto di qualsiasi onere ed utile dell'Appaltatore, depurati del ribasso contrattuale.

MODALITA' TECNOLOGICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Prospezioni sismiche

Nella esecuzione delle attività concernenti le indagini geofisiche si devono considerare inclusi oneri e costi per la documentazione fotografica delle attività svolte, per i carburanti e ogni altro materiale di consumo, i costi logistici e del personale, le attrezzature primarie, quelle accessorie e quanto necessario per l'esecuzione a perfetta regola d'arte di tutti i lavori oggetto del Contratto.

Sono esclusi specificatamente gli oneri e costi per la picchettazione e il rilievo plano-altimetrico e per la bonifica da residui bellici; tali oneri, sostenuti dall' Impresa e qualora ad essa demandati, potranno essere compensati se documentati e concordati con la D. L..

I lavori di indagine geofisica dovranno essere realizzati dall'Impresa con personale, modalità operative ed attrezzature conformi alle prescrizioni delle presenti Specifiche Tecniche, senza apportare variazioni che non siano state preventivamente concordate ed approvate dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà assicurare la presenza a tempo pieno in cantiere di un geologo con almeno due anni di esperienza nel campo specifico delle indagini geofisiche, al quale verrà affidato il coordinamento dei lavori di indagine.

Il geologo sarà responsabile della corretta esecuzione delle attività, della realizzazione delle indagini e dei certificati di prova, della raccolta dei dati e della loro trasmissione alla Direzione Lavori nonché della fornitura di eventuali documenti integrativi che potrebbero servire alla definizione particolareggiata delle attrezzature e delle modalità esecutive.

Nel caso in cui le indagini vengano svolte in Garanzia di Qualità, l' Impresa indicherà un geologo con funzione di Responsabile Controllo Qualità (RCQ) presente in cantiere a tempo pieno.

Al geologo di cantiere (RCQ) sarà affidato il coordinamento dei lavori di indagine e sarà responsabile della corretta esecuzione delle varie fasi dell' indagine. In particolare egli dovrà adottare quanto necessario per prevenire il verificarsi di non conformità, gestire le eventuali non conformità in collaborazione con il Responsabile del Servizio Garanzia di Qualità (RSGQ) e/o con la Direzione Lavori, proporre quanto ritenuto più idoneo per la risoluzione delle non conformità, raccogliere i dati da fornire alla Direzione Lavori, organizzare le varie attività in sito, mantenere i rapporti con la Direzione Lavori per tutto quanto riguarda il corretto svolgimento delle indagini.

L'ubicazione e la quota di ciascun punto di indagine dovrà essere determinata mediante rilevazione delle coordinate x, y, z eseguite tramite rilevazione con sistema GPS e se espressamente richiesto, l'ubicazione di ciascun punto di indagine dovrà risultare da un apposito rilievo topografico eseguito dall'Impresa.

In tal caso la posizione planimetrica di ciascun punto di indagine sarà definita rispetto a capisaldi forniti dalla Direzione Lavori e la quota di ciascun punto di indagine sarà definita rispetto al livello medio marino o al riferimento locale fornito dalla Società.

Prospezione sismica a rifrazione ad onde di compressione (onde p)

I. Generalità

L'indagine sismica a rifrazione consiste nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione (P), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici che costituiscono contrasti di impedenza del sottosuolo. La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L'equidistanza tra i geofoni ed il loro numero dipendono dal dettaglio e dal target (**profondità di indagine richiesta**).

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo e, nel caso di misura anche delle onde

secondarie o di taglio (S), di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

II. Normative e specifiche di riferimento

- ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation

III. Caratteristiche delle attrezzature

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

- sismografo minimo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- minimo 24 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 8 e 40 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dei tiri da realizzare; potrà essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati;
 - cariche di esplosivo.

È necessario che il tipo di energizzatore utilizzato permetta dopo qualche stack (massimo 5) di determinare inconfutabilmente i primi arrivi su tutti i ricevitori dell'allineamento.

IV. Modalità esecutive

La "copertura" dei tiri sullo stendimento dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori ed in ogni caso dovranno essere ogni 3, 4 stazioni riceventi; nel caso in cui non sia prevista una elaborazione tomografica i tiri dovranno essere anche esterni allo stendimento di almeno 2 posizioni per ogni estremo.

Generalmente per ogni stendimento la profondità massima raggiunta dalla prospezione sismica è funzione sia delle velocità sismiche dei singoli strati sia della lunghezza dei tiri sismici.

Indicativamente la profondità massima indagata è **circa 1/4 - 1/5 della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere il target della ricerca entro i 2/3 della profondità massima indagata.**

Tale indicazione è adeguata sia per l'elaborazione **sismica di tipo ordinario che tomografica.**

La spaziatura delle stazioni geofoniche è funzione del dettaglio che si vuole ottenere in particolare nella sismica tomografica: indicativamente la spaziatura intergeofonica può variare tra 1/4 ed 1/5 della profondità del target.

Ad esempio se la profondità del target è posta a

- 10 m la spaziatura dei geofoni ottimale sarà 2 - 2.5 metri [$10/4(5)=2.5(2.0)$ m]
- 20 m la spaziatura dei geofoni ottimale sarà 4 - 5 metri [$20/4(5)=5(4)$ m]
- 50 m la spaziatura dei geofoni ottimale sarà 10 - 12 metri [$50/4(5)=12(10)$ m]
- 100 m la spaziatura dei geofoni ottimale sarà di 20 - 25 metri [$100/4(5) = 25(20)$ m]

In entrambi i casi (sismica tomografica o ordinaria) si consiglia di non superare mai la spaziatura di 20 m perché si inficierebbe l'analisi della porzione superficiale (copertura allentata) la quale può determinare importanti variazioni sia dei parametri elastici del sottosuolo sia degli orizzonti se la sua determinazione è errata.

Per stendimenti di lunghezza inferiore o uguale al numero di canali del sismografo moltiplicato per la distanza intergeofonica (esempio: sismografo da 24 canali con distanza intergeofonica di 10 metri si avrà uno stendimento da 230 metri) sarà necessario effettuare gli scoppi in corrispondenza dei ricevitori n° 1, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 inoltre verranno effettuati scoppi anche esternamente allo stendimento di almeno 40 metri per ogni lato dello stendimento.

Per stendimenti superiori al numero di canali del sismografo moltiplicato per la distanza intergeofonica (esempio: sismografo da 24 canali con distanza intergeofonica di 10 metri si avrà uno stendimento da 230 metri) sarà necessario effettuare gli scoppi in corrispondenza dei ricevitori n° 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 e così via fino alla fine dello stendimento inoltre verranno effettuati scoppi anche esternamente allo stendimento di almeno 40 metri per ogni lato dello stendimento i tiri in questo caso dovranno coprire tutti i geofoni dello stendimento.

Nel caso in cui si debba realizzare uno stendimento da 470 metri costituito da 48 ricevitori interspaziati di 10 metri con una profondità massima di indagine di circa 100 metri, si può procedere in due modi:

- se si ha a disposizione un sismografo a 48 canali verranno realizzati tiri nella stessa posizione di cui al paragrafo precedente (geofoni 1, 4, 8 etc) e tali tiri dovranno essere leggibili su tutti i 48 ricevitori;
- nel caso in cui si disponga di un sismografo **da 24 canali sarà necessario realizzare due stendimenti contigui** (prima i geofoni 1-24 e tiri interni allo stendimento come sopra 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 poi anche nelle posizioni dei geofoni 28, 32, 36, 40, 44 e 48; poi verranno stesi i geofoni 25 – 48 [geofono 24 e geofono 25 devono essere sovrapposti] e verranno realizzati i tiri nella posizione 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44 e 48).

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo "GRM" - Generalized Reciprocal Method, Palmer '80).

V. Elaborazione tomografica dei dati

Se richiesto dal progetto delle indagini, l'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART – Algebraic Reconstruction Technique, SIRT - Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST - Iterative Least Square

Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

VI. Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali sia su supporto cartaceo e/o digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori delle velocità delle onde di compressione (VP) calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di compressione (VP) in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- documentazione fotografica.

VII. Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico, dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto fornito dal Committente. Qualora quest'ultimo non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative.

Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla Società o dalla Direzione Lavori.

Sondaggi a rotazione

PERFORAZIONI DI SONDAGGIO

Tipologia delle attrezzature

Le attrezzature sono costituite da sonde a testa rotante possibilmente dotate di martello idraulico per consentire il prelievo del terreno a percussione.

La perforazione viene eseguita a carotaggio continuo onde permettere un'accurata ricostruzione del profilo stratigrafico ed effettuare il prelievo di campioni.

I campioni di terreno devono mantenere inalterata la percentuale dei composti contaminati eventualmente inglobati.

Piano di indagine

Prima di procedere alla perforazione devono essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per evitare fenomeni di “cross contamination”, contaminazione indotta, perdita di composti contaminanti volatili (a causa del surriscaldamento del materiale carotato) o diluizione del contaminante.

Pulizia attrezzatura di perforazione

Le perforazioni devono essere eseguite evitando l'immissione nel sottosuolo di composti chimici estranei.

Pertanto per le perforazioni a scopo ambientale dovranno essere adottate le seguenti procedure:

- ✓ rimozioni di lubrificanti dalle zone filettate con lavaggio mediante idropulitrice a vapore;
- ✓ utilizzo di oli vegetali per la filettatura di aste e rivestimenti;
- ✓ utilizzo di utensili di perforazione (corone e scarpe) non verniciati;
- ✓ eliminazione di perdita di olio dalle parti idrauliche dell'attrezzatura di perforazione;
- ✓ pulizia dei contenitori di stoccaggio acqua di perforazione;
- ✓ pulizia di aste, rivestimenti e carotieri con impiego di idropulitrice a vapore ad alta pressione utilizzando acqua pulita ed eventualmente un opportuno solvente, allo scopo di rimuovere qualsiasi residuo di precedenti perforazioni

Tipologia di perforazione

La perforazione verrà eseguita a carotaggio continuo

Il carotaggio integrale deve garantire una percentuale di recupero > 90% per essere rappresentativo del terreno indagato.

Il carotaggio nei terreni deve essere eseguito per quanto possibile a secco utilizzando carotieri semplici di **diametro • 100 mm** evitando fenomeni di surriscaldamento del materiale carotato è preferibile quindi l'utilizzo di martelli idraulici che consentono il carotaggio a secco a percussione riducendo al minimo fenomeni di surriscaldamento del terreno carotato.

La manovra di carotaggio dovrà essere seguita dal rivestimento provvisorio del foro. Qualora sia necessaria l'adozione di fluidi di circolazione dovrà essere utilizzata acqua pulita eventualmente additivata con polimeri biodegradabili; non dovrà essere utilizzata l'acqua e/o il fluido di recupero.

Il carotaggio sarà sistemato in cassette catalogatrici su cui saranno riportati in modo indelebile: *Committente, località, N. sondaggio, profondità di riferimento*

Campionamento terreni

La scelta del campione e la sua conservazione costituiscono fasi critiche dell'indagine ambientale in situ e possono condizionare il risultato analitico ancor più della metodologia di analisi.

Un campione di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio deve garantire che:

- ✓ non si è modificata la composizione chimica del campione sottoponendolo a riscaldamenti, lavaggi o contaminazioni provenienti dagli strumenti di perforazione;
- ✓ la posizione planimetrica e la profondità è stata rilevata con precisione;
- ✓ il campione dopo il prelievo sino al momento della consegna al laboratorio di analisi sia stato conservato secondo le modalità prescritte.

Nel prelievo in campo del campione si dovranno eliminare i ciottoli e privilegiare i materiali fini o di matrice fine (sabbia, limi e argille).

Nella fase di raccolta, omogeneizzazione e confezionamento del campione in presenza di prodotti volatili si dovrà prelevare il campione dal cuore della carota in quanto lo strato esterno potrebbe aver perso il contenuto di sostanze volatili.

I campioni per le analisi devono essere confezionati il più presto possibile dopo l'estrazione delle carote dal terreno.

Dopo aver attraversato uno strato di terreno particolarmente inquinato, si procederà ad un'accurata pulizia delle attrezzature di carotaggio prima di continuare la perforazione al fine di non provocare contaminazioni incrociate.

Contenitori per campioni di terreno

Devono essere usati contenitori nuovi.

Per il campionamento di terreni sui quali si deve determinare il contenuto di inquinanti organici, si devono utilizzare contenitori in vetro a bocca larga con tappo a chiusura ermetica con sottotappo teflonato.

Per il campionamento di terreni sui quali si deve determinare il contenuto di metalli si possono usare contenitori in polietilene a bocca larga muniti di sottotappo e tappo e chiusura ermetica.

I contenitori devono essere riempiti sino all'orlo e immediatamente sigillati ed etichettati.

Sondaggi ambientali a carotaggio continuo

I sondaggi hanno lo scopo di fornire una campionatura completa dei litotipi attraversati, al fine di ricostruire la successione degli strati, di effettuare il prelievo dei campioni per le determinazioni di laboratorio, per facilitare le eventuali prove in situ e per lo studio della falda acquifera. In relazione al tipo di lavoro da eseguire ed alle previsioni progettuali, le perforazioni saranno eseguite con le modalità atte ad effettuare il carotaggio continuo, oppure con procedimenti in cui il carotaggio non sia necessario (a distruzione di nucleo).

I sondaggi saranno valutati per metro lineare di foro eseguito: le profondità saranno misurate dal piano di imposta dell'attrezzatura. Nei prezzi a metro lineare di foro è compreso qualsiasi onere per la corretta esecuzione del sondaggio ed in particolare quello relativo a:

- indennità di occupazione ed ai danni comunque provocati per l'esecuzione del sondaggio e per le operazioni connesse;
- approntamento del macchinari e dei mezzi d'opera;
- alla preparazione del piazzole per l'installazione dei macchinari ed attrezzi, al relativo trasporto, montaggio e smontaggio, all'installazione degli stessi ed alla esecuzione dei sondaggi ad asse verticale, o comunque inclinato, in terreni di qualunque natura, pendenza e quota;
- ai trasferimenti delle apparecchiature da foro a foro e da zona a zona, in terreno di qualsiasi natura, pendenza e quota;
- eventuali soste disposte, con ordine di servizio della DLL, per accertamenti vari, di durata inferiore ai 5 giorni;
- allontanamento dei detriti estratti;
- prestazioni del personale tecnico e della manovalanza, alla fornitura ed all'impiego d'energia, del combustibile, dell'acqua, del cemento, dei fanghi bentonitici, degli additivi, dei sacchetti per la conservazione dei campioni, delle cassette catalogatrici ed all'impiego delle pompe e delle eventuali tubazioni di rivestimento;
- perditempi relativi ed agli oneri particolari derivanti dall'estrazione e conservazione in cantiere, per tutta la durata dei lavori, dei campioni estratti (carote e detriti di perforazione) chiusi in sacchetti di plastica e collocati con le indicazioni necessarie entro le apposite cassette catalogatrici;
- spedizione dei campioni prelevati al laboratorio di gradimento della DLL;
- esecuzione del foro di sonda dei sistemi, materiali o attrezzature, tali da impedire frane nel foro stesso e da garantire la sua accessibilità completa;
- eventuale lavaggio dei fori ed alla rimozione ed allontanamento dei detriti;
- rilievo completo delle caratteristiche delle falde d'acqua eventualmente incontrate con il sondaggio;
- determinazione planimetrica ed altimetrica di ogni foro riferito a 2 o più capisaldi della zona.

Il prezzo è comprensivo, altresì, delle eventuali frantumazioni e setacciature dei campioni e delle carote, con setacci le cui caratteristiche saranno precisate all'atto esecutivo dalla Direzione dei Lavori. Sono compresi, inoltre, per la parte di competenza, tutti gli oneri di cui al presente capitolato. In caso di inadempienza di uno o più oneri relativi ad un sondaggio, l'Amministrazione si riserva di non contabilizzare in tutto od in parte il sondaggio; qualora l'inadempienza comporti un danno all'interpretazione dello studio o ricerca in atto l'Amministrazione si riserva, sentito il parere del Responsabile del Procedimento, di obbligare l'Impresa alla ripetizione del sondaggio senza compenso alcuno, pena la risoluzione contrattuale.

Prove di permeabilità

Premessa

Le prove di permeabilità in sito sono intese a determinare il coefficiente di permeabilità dei terreni. Sono di vario tipo, e le modalità esecutive sono da determinare sia in funzione del tipo di terreno, per cui è necessaria una preliminare conoscenza stratigrafica, che della precisione desiderata e della pressione di prova che si intende raggiungere.

I risultati ottenuti sono sempre approssimati, a volte anche con sensibili scostamenti dai valori veri, e ciò a causa sia dell'anisotropia e disomogeneità dei terreni che dell'inevitabile approssimazione esecutiva.

E' comunque indispensabile, per l'attendibilità delle prove, curare in particolare:

- ✓ la realizzazione di una cavità filtrante di geometria ben definita, con minimo disturbo del terreno circostante (nel caso di sondaggio ciò implica la scelta di idonei mezzi ed utensili di perforazione e l'abolizione di ogni additivo, come bentonite e simili, all'eventuale acqua di circolazione).
- ✓ l'ottenimento di un moto laminare dell'acqua immessa (o estratta) secondo schemi di flusso il più possibile simili ai modelli teorici.
- ✓ la conduzione delle prove in tempi sufficientemente lunghi per ottenere moti di fluidi in regime permanente (stabilizzazione della prova).

Nelle presenti Modalità Tecnologiche ci si limita ad esaminare le più usuali prove eseguite in fori di sondaggio, utilizzabili in genere per terreni con coefficienti di permeabilità K superiore a 10^{-3} – 10^{-4} e in particolare:

- a) prove tipo LEFRANC, che permettono di determinare la permeabilità di terreni al fondo di fori di sondaggio al di sopra o al di sotto del livello della falda;
- b) prove LUGEON che consentono di valutare la permeabilità o la fratturazione di formazioni rocciose.

Prove tipo LEFRANC

Tali prove sono eseguibili al fondo di un foro di sondaggio e pertanto, se devono essere eseguite a diverse profondità, la perforazione va periodicamente interrotta per l'esecuzione della prova; va quindi realizzata una sezione filtrante al fondo del foro, sollevando per una lunghezza prestabilita la colonna di rivestimento o eseguendo un tratto di perforazione sotto la scarpa della colonna stessa.

Tutto il tratto del foro non interessato dalla prova deve essere rivestito con una tubazione, e particolare cura va posta per evitare risalita dell'acqua all'esterno del tubo di rivestimento, ad esempio mediante la posa in opera di un otturatore (packer) pneumatico atto ad isolare la cavità di prova immediatamente sotto la scarpa del rivestimento.

Le prove possono essere condotte:

A) con carico idraulico costante, mantenendo fisso il livello dell'acqua immessa nel tubo di rivestimento e misurando la portata di regime.

B) a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un temporaneo innalzamento (o anche abbassamento, per prove eseguite al di sotto della falda acquifera) riempiendo il foro d'acqua (o emungendo acqua dalla falda).

Nel caso che il terreno interessato dalla cavità filtrante tenda a franare o a rifluire, è necessario adottare particolari provvedimenti per la creazione della cavità di prova, procedendo ad esempio come segue:

- 1) Rivestire il foro fino al fondo con tubazione provvisoria;
- 2) Immettere nel fondo del foro della ghiaia pulita (o comunque materiale granulare a permeabilità decisamente superiore a quella del terreno da provare);
- 3) Sollevare di qualche decimetro la colonna di rivestimento, curando che la base di questa non risalga mai al di sopra dello strato di ghiaia immessa;
- 4) Ripetere eventualmente le operazioni sopradescritte fino ad ottenere una sezione filtrante delle dimensioni prefissate.

Prove tipo LUGEON

Tali prove vengono effettuate immettendo acqua in pressione su tratti prestabiliti di foro di sondaggio per valutare la permeabilità di ammassi rocciosi in termini di assorbimento di acqua nell'unità di tempo, in funzione della pressione di prova e della lunghezza del tratto di foro interessato.

La permeabilità della roccia così misurata viene generalmente espressa in unità LUGEON; un LUGEON corrisponde alla permeabilità di un ammasso roccioso che assorbe 1 litro di acqua al minuto per ogni metro di foro, con una pressione di prova di 10 atm.

In generale se ne ricava un indice del grado di fratturazione; solo nel caso di mezzo omogeneo ed uniforme (roccia porosa, diffusamente microfessurata o con fratture molto ravvicinate) i risultati della prova possono essere tradotti nel coefficiente di permeabilità, se si realizza un flusso laminare a regime intorno al tratto di foro in esame.

Le sezioni del foro da sottoporre a prova (di lunghezza in genere compresa entro i 5 m) possono essere realizzate durante l'avanzamento della perforazione del sondaggio, isolando successivamente le sezioni da provare con due otturatori, uno alla sommità ed uno alla base della sezione stessa.

Particolare cura va posta nella scelta e nella posa in opera degli otturatori, ad evitare perdite di acqua che potrebbero alterare anche sensibilmente i risultati, e che non sempre possono essere evidenziate (un rifluimento d'acqua a boccaforo indicherà una perdita attraverso l'otturatore superiore, ma non sempre tale acqua risale fino a giorno, ed inoltre, nel caso di prova con due otturatori, è impossibile verificare perdite attraverso l'otturatore inferiore).

Gli otturatori sono realizzati con elementi cilindrici in gomma, che si espandono sotto una spinta meccanica o idropneumatica. Questi ultimi sono decisamente da preferire, limitando l'impiego dei primi ai casi in cui le caratteristiche della roccia potrebbero portare ad un danneggiamento (taglio) del pistone idropneumatico. In ogni sezione la prova viene normalmente eseguita con diversi valori della pressione (in progressione crescente e poi decrescente), ogni volta mantenuti costanti per 10 – 20 minuti dopo il raggiungimento della condizione di regime (portata costante).

Prelievi di campioni

PRELIEVO DI CAMPIONI

Il prelievo di campioni dovrà essere effettuato con procedure operative e con carotieri adeguati al programma d'indagini previsto in progetto. Per i tratti di sondaggio in cui si richiede la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo e la conoscenza delle sole caratteristiche fisiche dei terreni, è consentito il prelievo di campioni disturbati o a disturbo limitato, mediante l'impiego di normali campionatori, da infiggere a percussione o a pressioni, a seconda della natura litologica dei terreni stessi.

Per i tratti in cui, invece, oltre alle caratteristiche suddette, è richiesta la caratterizzazione meccanica, i campioni dovranno essere del tipo indisturbato, e prelevati con campionatori a pistone, infissi a pressione, o a rotazione a doppia parete con scarpa avanzata, a seconda che si tratti di terreni coerenti poco o molto consistenti. I campioni indisturbati dovranno avere dimensioni non inferiori a 80 mm di diametro e 500 mm di lunghezza.

Tutti i campioni prelevati da scavi o da fori di sondaggio, dovranno essere accompagnati da un'etichetta, da applicare al contenitore e non degradabile per umidità, in cui vengono indicati: committente, cantiere, scavo o foro, numero d'ordine del campione, profondità, orientamento e data di prelievo. Il prelievo di qualsiasi tipo di campione verrà compensato con l'applicazione del relativo prezzo d'elenco. Il prezzo comprende tutti gli oneri necessari all'estrazione e conservazione dei campioni, anche se qui non specificati, ed in particolare l'estrazione del campione, la fornitura dell'astuccio metallico necessario, perfettamente confezionato, la perfetta paraffinatura e sigillatura dell'astuccio e la conservazione del campione nell'astuccio. La successiva spedizione al laboratorio, sarà effettuata a cura dell'Impresa.

CASSETTE

In fase d'esecuzione dei sondaggi diretti, le cassette per la conservazione della campionatura dovranno essere pronte in cantiere prima dei lavori. Esse dovranno essere costruite a regola d'arte e munite di coperchio e dovranno contenere l'intera campionatura dei sondaggi.

Ogni cassetta dovrà essere segnata sull'esterno del coperchio con il numero d'ordine del sondaggio e con le quote di prelievo cui il contenuto si riferisce, ed inoltre, dovrà essere divisa in scomparti di dimensioni opportune, tali che ognuno contenga una sola pila di campioni. All'inizio ed alla fine di ogni scomparto dovrà essere segnata la quota di prelievo della sezione del campione vicino.

Inoltre, se nella successione dei campioni dovesse manifestarsi una sensibile variazione della natura delle rocce costituenti, dovrà essere segnata, su apposito tassella di legno interposto, la quota in cui nel sondaggio è riscontrata tale variazione.

Installazione di Piezometri

Al termine della perforazione *Saranno posti in opera Piezometri idraulici* a tubo aperto Costano di una colonna di tubi in PVC rigido, fessurati ed eventualmente rivestiti di tessuto non tessuto per la parte in falda e ciechi per il rimanente tratto.

Vanno posti in opera entro un foro rivestito con una tubazione provvisoria, di diametro utile pari almeno al doppio del diametro dei tubi di misura adottati. Una volta eseguita a quota la pulizia del foro, si inserisce la colonna fino a fondo foro; quindi si procede all'immissione, nell'intercapedine colonna - tubazione, di materiale granulare (sabbia, sabbia - ghiaietto) in modo da realizzare un filtro poroso attorno al tratto di colonna fenestrato.

Tale operazione va eseguita ritirando la tubazione provvisoria mano a mano che si procede con l'immissione dall'alto del materiale filtrante, curando di controllare la quota di questo con idonei sistemi di misura (cordelle metriche, etc.). Il bordo inferiore della tubazione dovrà sempre trovarsi al di sotto della quota raggiunta dal materiale di riempimento.

Al termine della formazione del filtro, si procede all'esecuzione di un tappo impermeabile di circa 1 metro di altezza, formato generalmente da palline di bentonite o argilla opportunamente pestellate, onde separare la zona filtrante dal tratto di foro superficiale, che andrà poi riempito con materiale di risulta, oppure cementato a seconda delle esigenze.

In superficie, si provvede quindi ad eseguire un idoneo pozzetto, possibilmente con chiusura a lucchetto o simili, per il contenimento e la protezione della testa del piezometro.

Campionamento delle matrici suolo e sottosuolo:

Sistemi direct-push

Tali sistemi utilizzano una strumentazione a percussione in cui l'avanzamento avviene a secco e consente il **campionamento di terreno, gas interstiziale e acqua di falda**. Il sistema prevede l'uso di un penetrometro dinamico pesante appositamente allestito con fustelle in pvc per il prelievo di campioni. Il principio di funzionamento consiste in un martello battente che spinge in profondità una batteria di aste recanti al fondo un campionatore per la matrice di interesse. Talvolta il martello battente è sostituito da un sistema oleodinamico che fornisce una spinta statica alla batteria di aste. Nel caso di terreni il recupero della carota dipende dal tipo di campionatore: in quelli di tipo chiuso la carota viene espulsa dalla base del campionatore tramite un pistone, in quelli di tipo aperto la carota viene estratta lateralmente attraverso una apertura longitudinale. Quando il diametro della perforazione è <2" (50,8 mm) è possibile utilizzare un carotiere al cui interno è posta una fustella in materiale plastico trasparente; in questo modo il campione, racchiuso entro la fustella, non entra in contatto con le pareti interne del campionatore né con l'atmosfera e può essere ispezionato visivamente.

Inoltre, la fustella può essere sigillata alle estremità con tappi e trasferita ad un laboratorio analitico oppure essere tagliata per estrarre il campione alla profondità desiderata.

I vantaggi dei metodi *direct push* consistono in:

- qualità del campione prelevato
- buona ricostruibilità della sequenza litologica
- rapidità di esecuzione del sondaggio
- **costi ridotti**
- facilità di raggiungere postazioni in aree ristrette grazie al modesto ingombro dei macchinari
- operatori qualificati, ben equipaggiati e con conoscenza diretta delle criticità ambientali legate alla perforazione ed al campionamento.

Gli svantaggi sono individuabili in:

- scarsa riproducibilità del campione
- **impossibilità di perforare a profondità > 20-30 m**
- impossibilità di perforare con diametri > 2"
- scarsa quantità di campione prelevabile dalla carota di terreno
- difficoltà ad operare in terreni molto consistenti o con presenza di ciottoli lapidei.

Campionamento matrice acqua: prelievi da piezometri, prelievi da acque superficiali.

MONITORAGGIO DELLE ACQUE DI FALDA

Le indagini attinenti le acque di falda prevedono la realizzazione di piezometri allo scopo di verificare la sussistenza di un gradiente idrochimico e/o idraulico verticale e permettere il prelievo di campioni di acque di falda a diverse profondità.

I piezometri possono essere realizzati sia con perforazioni a carotaggio continuo, sia con perforazioni a distruzione di nucleo.

Piezometri

La tubazione definitiva dei piezometri deve essere realizzata con materiali compatibili con gli inquinanti presenti nel sito, avere diametro tale da permettere il campionamento delle acque, filtri di apertura adeguata in corrispondenza del livello acquifero da controllare. Lo spazio tra perforo e tubazione filtro deve essere riempito con materiale costituito da ghiaietto siliceo arrotondato di opportuna granulometria. Il tratto cieco nella zona vadosa dovrà prevedere una sigillatura anulare in compactonite e un riempimento con miscela cemento/bentonite.

Il piezometro dovrà essere protetto in superficie con uno specifico pozzetto in testa. In superficie verrà inoltre effettuata una idonea cementazione per impedire infiltrazioni di acque meteoriche lungo il perforo.

I piezometri verranno spurgati a fine lavoro con aria compressa (air lift) o con elettropompa sommersa fino ad ottenere acqua limpida esente da trascinalenti di sabbia e/o limo.

Campionamento di acque

Il campionamento di acque nei piezometri deve essere svolto dopo aver estratto dal punto di prelievo un volume di acqua da 3 a 6 volte il volume del punto stesso e comunque sino a chiarificazione dell'acqua.

Le attrezzature di campionamento devono essere decontaminate prima dell'utilizzazione.

Per il prelievo si utilizzano normalmente:

- campionatori tipo bailers a galleggiante, in teflon o PE o PVC, con cui si riempie successivamente il contenitore idoneo;
- pompe a vuoto o elettropompe sommerse.

Contenitori per campioni d'acqua

Devono essere usati contenitori nuovi.

Per il campionamento di acqua in cui si deve determinare il contenuto di inquinanti organici si devono utilizzare bottiglie in vetro scuro da 1 litro, con tappo a vite e sottotappo teflonato.

Per il campionamento di acqua in cui si deve determinare il contenuto di metalli si possono utilizzare bottiglie in polietilene da 1 litro munite di tappo a vite e sottotappo.

I contenitori devono essere riempiti di acqua sino all'orlo ed immediatamente sigillati ed etichettati.

ETICHETTATURA DEI CAMPIONI

Ogni contenitore dovrà essere corredato da un'etichetta indelebile con riportati:

- Committente
- Località
- Data
- N. sondaggio
- Posizione planimetrica e profondità
- Firma operatore

TRASPORTO E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI

Ciascun campione prelevato in campo, sia di terreno che di acqua, va mantenuto al fresco (circa 4°C) mediante l'utilizzo di contenitori frigoriferi portatili e/o borse termiche e trasferito al laboratorio di analisi entro 24/36 ore dal prelievo.

SICUREZZA IN CANTIERE

Dovendo operare in presenza di sostanze potenzialmente tossiche e nocive è prioritario osservare e far osservare al personale i piani di igiene e sicurezza che verranno elaborati in funzione dell'ambiente in cui dovrà essere svolta l'indagine.

In particolari condizioni ambientali potranno essere adottati specifici programmi di sorveglianza sanitaria.

Il personale dovrà essere edotto dei rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici – fisici – biologici durante le perforazioni e dovrà essere dotato di Dispositivi di Protezione Individuale monouso (D.P.I.), tute usa e getta in Tyvek, guanti monouso) e, dove richiesto, maschere antigas e antiacidi e/o autorespiratori.

Rilievo topografico

Rilievo piano altimetrico di tutti i punti di indagine, di campionamento e delle ubicazioni dei geofoni delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata e loro restituzione su supporto cartaceo e digitale georeferenziato. Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla Società o dalla

Direzione Lavori. Le coordinate del rilievo topografico, dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto fornito dal Committente. Qualora quest'ultimo non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative

ESECUZIONE DEI SERVIZI

L'Appaltatore dovrà eseguire le attività affidate con personale tecnico e operativo di provata capacità e idoneo, per numero e qualità, alla perfetta esecuzione dei servizi richiesti dalla Committenza.

La responsabilità tecnica delle attività dovrà essere affidata ad un geologo iscritto all'Albo professionale da almeno 10 anni, il cui nominativo dovrà essere indicato prima dell'inizio delle attività oggetto dell'appalto.

L'Affidatario dovrà annoverare nel suo organico almeno 2 geologi, ovvero uno per ogni macchina in esercizio al fine della redazione dei rapporti stratigrafici in campo. L'Affidatario è ritenuto responsabile del comportamento di tutto il personale adibito all'esecuzione dei servizi.

A tal fine, l'Affidatario prima della sottoscrizione dell'affidamento si impegna a presentare idonea garanzia assicurativa, rilasciata da primari compagnia, a copertura di tutti i rischi e danni comunque connessi all'esecuzione delle attività di cui trattasi. Pertanto, la Committenza è manlevata da ogni responsabilità per danni che possono derivare al proprio personale, a quello dell'Affidatario, a terzi o a cose, in dipendenza delle predette attività.

I servizi dovranno essere eseguiti secondo le migliori regole dell'arte e in conformità alle prescrizioni contenute nel presente Capitolato.

L'Affidatario si impegna, su richiesta della Committenza ed entro un congruo termine dalla medesima fissato, al rifacimento di quanto non eseguito secondo le modalità prescritte, restando salvo il diritto della Committenza al risarcimento degli eventuali danni.

Nel caso in cui l'Affidatario ritenga le disposizioni impartite dalla Committenza siano difformi ai patti contrattuali o che le modalità esecutive comportino oneri più gravosi di quelli previsti dal contratto, tali da comportare la redazione di un nuovo prezzo o uno speciale compenso dovrà formulare, con comunicazione scritta, le proprie eccezioni prima di dar corso all'esecuzione dei servizi cui le eccezioni si riferiscono.