

REGIONE TOSCANA



Giunta Regionale

Legge Regionale 30.7.97 n.56

**VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI  
PROGRAMMA VEL**

**PROCEDURE  
ECONOMICO- AMMINISTRATIVE**

**VOLUME A**

*Capitolati d'appalto:  
modelli esemplificativi*

**DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI  
SETTORE SERVIZIO SISMICO REGIONALE**

**SETTEMBRE 2007**

**Legge Regionale 30.7.97 n.56**

**VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI  
PROGRAMMA VEL**

---

**PROCEDURE  
ECONOMICO- AMMINISTRATIVE**

---

**VOLUME A**

*Capitolati d'appalto:  
modelli esemplificativi*

---

**DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI  
SETTORE SERVIZIO SISMICO REGIONALE**

---

**SETTEMBRE 2007**

**Prima edizione: 2 Settembre 2002- Decreto dirigenziale n. 4592 del 09/09/02**  
**Seconda edizione: 18 Novembre 2003 - Decreto dirigenziale n.6842 del 20/11/03**  
**Terza Edizione: Settembre 2007 - Decreto Dirigenziale n.4753 del 05/10/07**

## INDICE

Capitolato per sondaggi geotecnici da eseguire a rotazione e carotaggio continuo e/o a distruzione di nucleo.....	4
Capitolato per prove penetrometriche con penetrometro dinamico superpesante.....	22
Capitolato per prove penetrometriche con penetrometro statico (CPT, CPTU, SCPT).....	30
Capitolato per indagini geofisiche: Down-Hole.....	41
Capitolato per indagini geofisiche: sismica a rifrazione con onde P e SH.....	52
Capitolato per le prove di laboratorio: statiche e dinamiche.....	66

**Capitolato per sondaggi geotecnici  
da eseguire a rotazione e carotaggio continuo  
e/o a distruzione di nucleo**

REGIONE  
TOSCANA



**CAPITOLATO PER SONDAGGI GEOTECNICI DA  
ESEGUIRE A ROTAZIONE E CAROTAGGIO  
CONTINUO E/O A DISTRUZIONE DI NUCLEO**

COMUNE  
DI

INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE PER LA  
CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

.....  
.....

**FOGLIO PREZZI PATTI E CONDIZIONI**

**ART. 1 -OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di n°.... sondaggi a rotazione e carotaggio continuo e/o a distruzione di nucleo (come indicato nella scheda e tabella allegate) con esecuzione di prove SPT e prelievo di campioni indisturbati per un importo massimo di € ..... + I.V.A.

I lavori indicati sono stati definiti dalla Regione Toscana (Settore – Servizio Sismico Regionale della Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali) con i referenti scientifici delle convenzioni regionali. Eventuali variazioni potranno essere previste in corso d'opera dalla D.L. sentita la Regione Toscana.

All'impresa si richiede di effettuare le seguenti operazioni:

- n° .... sondaggio a rotazione e carotaggio continuo (e/o a distruzione di nucleo) per un totale di circa .... ml con posa in opera di tubo di rivestimento per prove DH e relativa cementazione per l'effettuazione di misure sismiche in foro.
- effettuazione di n°... prove SPT;
- prelievo di n° ... campioni;
- rilievo della falda in corso di perforazione.

L'impresa deve assicurare a proprie spese durante tutte le fasi di sondaggio (installazione cantiere, perforazione, cementazione etc.) l'assistenza costante di un proprio geologo. Tale requisito è elemento fondamentale per l'aggiudicazione dei lavori.

Inoltre è prevista durante tutte le fasi di sondaggio (installazione cantiere, perforazione, cementazione etc.), la presenza costante di un geologo incaricato dall'Appaltante o dalla Regione Toscana che svolga il ruolo della Direzione Lavori (D.L.) per l'intera durata del sondaggio.

## **ART. 2- DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELLE OPERE DELL'APPALTO**

Le indagini previste dovranno essere condotte nelle modalità e con la strumentazione descritta nelle *“Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana”* (Volume 1B) a cura della Regione Toscana ed allegato al presente documento per la parte di interesse.

I sondaggi sono finalizzati al raggiungimento dei seguenti obiettivi principali:

- **Prelievo di campioni indisturbati finalizzati alle determinazione dei parametri meccanici** necessari per le analisi di risposta sismica (modulo di taglio, rapporto di smorzamento, ...) tramite prove dinamiche di laboratorio. La D.L. può modificare in corso d'opera il programma preliminare in relazione al prelievo di campioni, laddove i terreni attraversati lo permettano, avendo premura di verificare anticipatamente l'idoneità dei campionatori in riferimento alle specifiche indicate nelle I.T. Il mancato prelievo di campioni in terreni idonei al campionamento sarà da addebitarsi alla D.L., salvo mancanze e/o inadempienze da parte dell'impresa. Se tale procedura non sarà rispettata, per inadempienza da parte dell'Impresa, non sarà autorizzato il pagamento per tutta la profondità relativa al litotipo interessato dal prelievo. Inoltre la D.L. dovrà premunirsi che i campioni prelevati siano conservati a cura dell'Amministrazione Comunale in un luogo chiuso e protetto fino al momento della consegna al laboratorio geotecnico. Il laboratorio geotecnico verificherà la corretta paraffinatura e chiusura del campione, evidenziando eventuali mancanze da parte dell'impresa.
- **Esecuzione della prova Down-Hole** per la determinazione delle velocità delle onde P e SH. Per assicurare la corretta esecuzione della prova geofisica dovrà essere eseguita una adeguata cementazione del foro di sondaggio, secondo quanto specificato nelle I.T. A tal fine il pagamento del sondaggio all'Impresa sarà effettuato solo dopo l'esecuzione della prova geofisica, potendo così verificare se le registrazioni acquisite sono di qualità e non disturbate dalla non continuità della cementazione. Il diametro dei sondaggio dovrà essere sufficiente a garantire l'esecuzione della prova DH, secondo quanto prescrivono le I.T. nel paragrafo 3.B.2.1.4.
- **Ricostruzione stratigrafica del terreno** attraverso la compilazione della colonna litostratigrafica, l'identificazione dell'unità litotecnica (seguendo le linee guida indicate nelle I.T.), integrandole con l'interpretazione geologica del materiale estratto.

I sondaggi e le prove in sito devono essere in generale spinti fino ad incontrare la roccia “sana”, attraversandola per uno spessore significativo.

Si ricorda inoltre che la profondità del sondaggio è indicata con un intervallo di 5 m in quanto viene stimata:

- in base all'interpretazione dei risultati delle indagini di sismica a rifrazione, il cui metodo comporta un'approssimazione che può variare nell'ordine di alcuni metri anche in relazione alle caratteristiche della formazione incontrata;
- in base alla necessità di caratterizzare il materiale in condizioni ottimali (non alterato e/o fratturato), tramite l'effettuazione di prove geofisiche per la determinazione della Vs (tipo DH) e di prove geotecniche di laboratorio (prelievo ed analisi di campioni), per la caratterizzazione geotecnica del materiale prelevato.

Il sondaggio quindi, dovrà essere spinto per almeno 5 m all'interno della formazione "sana".

Inoltre in fase di esecuzione dei sondaggi dovranno essere annotate le quote di venuta d'acqua e del livello stabilizzato della falda, le eventuali perdite d'acqua. La profondità della falda acquifera incontrata e la quota di stabilizzazione dell'acqua in foro dovrà essere rilevata con misure giornaliere ad inizio e fine perforazione sulla base delle tabelle di fig. 3B3 del par. 3B2.1.7 delle IT.

## **2.1.Sondaggi a carotaggio continuo**

Per questo tipo di indagine l'Impresa aggiudicataria è tenuta ad approntare attrezzature idonee ad eseguire sondaggi a rotazione a carotaggio continuo. Per quanto riguarda l'utilizzo dei carotieri si rimanda a quanto prescritto nelle Istruzioni Tecniche al paragrafo 3B.2.1 "Sondaggi con carotaggio".

In linea generale si richiede sonda semovente cingolata o autocarrata in grado di fornire spinta massima, tiro, coppia massima, e di essere attrezzata con aste di perforazione e rivestimento sufficienti a raggiungere profondità massime di 80 m.

Il diametro minimo a fondo foro dovrà essere sufficiente a prelevare campioni indisturbati del diametro non inferiore a 80 mm, e comunque ad attrezzare il foro con tubo in p.v.c. pesante o inclinometrico di diametro interno di 80 mm.

La profondità che dovrà essere raggiunta verrà indicata dalla D.L.

(incaricato dall'Appaltante) che segue il sondaggio sentito il parere della Regione Toscana e dei referenti scientifici prima dell'inizio del foro ed eventualmente durante la perforazione in relazione alla natura dei terreni incontrati.

L'impresa avrà cura di fissare il diametro iniziale dei sondaggi e gli eventuali successivi, per raggiungere detta profondità con il minimo diametro precedentemente indicato.

In fase di piazzamento della macchina operatrice dovrà essere curata al massimo la verticalità del foro, mediante controlli con livella torica sulla colonna di perforazione.

In fase di esecuzione dei sondaggi dovrà essere assicurata la perfetta stabilità delle pareti e del fondo foro, operando in maniera tale da portare al terreno



stesso il minimo disturbo. A tal fine, l'Impresa è tenuta a stabilizzare le pareti con un tubo di rivestimento provvisorio e/o mediante l'uso di acqua o opportune miscele in foro di fluido di stabilizzazione acquisito il parere favorevole della D.L. e l'assenso della Regione Toscana. Le operazioni di cementazione e riperforazione del foro di sondaggio nel caso di perdita dei fluidi in foro, devono essere specificatamente richiesti dalla D.L. e concordati con la Regione Toscana. Il Direttore dei Lavori segnala alla Regione Toscana la necessità di utilizzo della cementazione e acquisisce l'autorizzazione della stessa.

L'impresa ha l'obbligo di effettuare il carotaggio del foro o del tratto di foro precisato dalla D.L., adottando tutte le cautele, le attrezzature e gli accorgimenti necessari per la massima percentuale di recupero;

Per ottenere una migliore percentuale di recupero, si dovrà operare a secco se viene utilizzato il carotiere semplice, soprattutto nei terreni granulari o nei terreni fini poco consistenti. In altri tipi di terreno, sentita la D.L. sarà possibile operare il carotaggio con fluido di circolazione. Ovviamente, utilizzando carotieri doppi-tripli occorrerà prevedere la circolazione del fluido di perforazione, come anche nel caso di impiego del carotiere semplice in roccia.

Il fluido di circolazione dovrà essere stabilito in ragione alla natura del terreno, sentita la D.L. Questo sarà costituito generalmente da acqua. In alcuni tipi di terreno (argillosi e/o sabbioso – limoso), la D.L. potrà autorizzare, l'utilizzo di acqua miscelata a polimeri e/o fanghi bentonitici adeguati per consentire un recupero di terreno più elevato. Da notare però che l'utilizzo di tale miscela non deve assolutamente provocare un maggior disturbo nel prelievo dei campioni di terreno.

Il recupero del materiale all'interno del carotiere semplice, nel caso in cui siano presenti terreni sciolti, deve essere effettuato mediante pistone o aria compressa per non pregiudicare lo stato di rimaneggiamento del materiale.

In particolare, con riguardo alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati le percentuali di recupero, valutate per ogni singola battuta di carotaggio<sup>1</sup> (in nessun caso di lunghezza superiore a 1,5 m), dovrebbero essere possibilmente essere superiori a:

- 70% per i terreni sciolti in genere (sabbia, ghiaia, ecc.);
- 80% per i terreni coesivi omogenei (argilla, argilla marnose, ecc.);
- 90% per rocce compatte in genere (calcari, calcari marnosi, arenarie, conglomerati, gessi, anidriti, rocce ignee, rocce metamorfiche, ecc.).

Qualora tali percentuali di recupero non venissero realizzate per chiara negligenza dell'Impresa quei tratti di sondaggio non saranno contabilizzati nel computo complessivo.

L'attribuzione dei terreni incontrati alle classi sopra riportate è fatta dal geologo incaricato della D.L.: qualora il recupero risulti inferiore alle percentuali sopra riportate, a giudizio insindacabile della Regione Toscana potrà essere richiesta la ripetizione del sondaggio senza alcun aggravio di spesa a carico

---

<sup>1</sup> Nel caso in cui un una singola manovra venissero attraversati materiali con caratteristiche significativamente diverse, la percentuale di recupero andrà valutata separatamente per ogni singolo materiale.

dell'Appaltante. In ogni caso il tratto corrispondente alla percentuale di recupero inadeguata non sarà computata nella contabilità finale.

Il carotaggio estratto dovrà essere sistemato in cassette catalogatrici aventi dimensioni adeguate, munite di scomparti divisorii (1 m di lunghezza con 4/5 compartimenti) e di coperchio. Sulle cassette dovrà essere indicato in modo indelebile il cantiere, il sondaggio e le quote di riferimento. Sugli scomparti interni dovrà essere chiaramente scritta la quota di riferimento di ciascuna manovra eseguita. I campioni di terreno non roccioso devono essere scorticati nella parte visibile della cassetta.

Per ogni cassetta dovranno essere eseguite due fotografie a colori con angolazioni diverse, una perpendicolare e l'altra obliqua, in modo da individuare in maniera ottimale le variazioni litologiche. Nelle foto dovrà essere ben visibile l'etichetta dove sono apposte le indicazioni riguardanti il cantiere, il sondaggio e le quote di riferimento ed un metro per i riferimenti di scala.

Le fotografie effettuate saranno consegnate in originale oppure, se realizzate con macchina fotografica digitale, su supporto magnetico e dovranno essere allegate nella relazione illustrativa finale a cura del geologo incaricato della D.L.

I carotaggi contenuti nelle cassette catalogatrici dovranno essere tempestivamente trasportati e conservati in ambienti riparati dalle intemperie.

Rientra tra i compiti dell'Impresa:

- il trasporto dei carotaggi contenuti nelle cassette catalogatrici sino alla sede del Comune;
- la consegna delle stesse ai tecnici dell'Amministrazione Comunale.

Durante il carotaggio, il geologo dell'Impresa appaltante, è sufficiente che compili una breve nota che riporti la stratigrafia desunta dal sondaggio con indicazione relativa agli spessori e alle litologie presenti.

Il geologo incaricato dal Comune o dalla Regione (D.L.), invece, deve anch'esso compilare la stratigrafia di campagna e successivamente elaborarla nella versione definitiva seguendo in maniera precisa quanto previsto dalle Istruzioni Tecniche di cui al punto 3.B.2.1.1 e 3.B.2.1.7.

## **2.2.Sondaggi a distruzione di nucleo**

Per questo tipo di indagini dovranno essere impiegate attrezzature a rotazione a distruzione di nucleo. Nella perforazione eseguita a distruzione di nucleo, i detriti di perforazione saranno prelevati durante l'avanzamento di tutto il sondaggio e dopo essere stati eventualmente lavati dovranno essere disposti in appositi contenitori con le stesse modalità precisate per i sondaggi a carotaggio continuo. In base all'esame dei detriti dovrà essere compilata la stratigrafia del sondaggio facendo riferimento al modulo allegato nelle istruzioni tecniche per le parti compilabili.

### 2.3. Sistemazione finale dei fori

Il foro di sondaggio dovrà essere attrezzato con tubi a sezione circolare in PVC, di spessore maggiore o uguale a 5.0 mm, lunghezza minima degli spezzoni di 3-6 metri, assemblati mediante filettatura a vite ed eventuali manicotti di giunzione e muniti di tappi di testa e fondo foro per l'effettuazione di misure sismiche in foro.

La posa in opera del tubo in p.v.c. pesante del diametro di 80 mm dentro il foro di sondaggio per l'effettuazione delle prove sismiche dovrà effettuarsi con le seguenti modalità operative:

- 1) lavaggio accurato del foro con acqua pulita e controllo della profondità;
- 2) calo della tubazione nel foro; i tubi saranno giuntati con manicotti incollati ma non rivettati (eventualmente fissati con viti autofilettanti non passanti), in modo da garantire la perfetta linearità interna e l'assenza di scalini nella tubazione;
- 3) cementazione dell'intercapedine foro-tubo con miscela acqua-bentonite-cemento nelle proporzioni indicate nelle Istruzioni Tecniche regionali ed esecuzione della stessa su tutta la lunghezza della perforazione, secondo le modalità riportate nell'appendice 3B2.1.4, e procedendo dal basso verso l'alto, mediante iniezione da fondo foro con tubo ausiliario.

Una volta terminate le operazioni di rivestimento e cementazione l'interno dei tubi deve essere lavato con acqua pulita e lasciato pieno d'acqua.

Ciascun foro di sondaggio attrezzato nel modo anzidetto dovrà essere protetto in superficie da un pozzetto, in cls o in ferro ma comunque reso inamovibile e dotato di lucchetto che dovrà rispondere alle esigenze di sicurezza richieste dal comune. Ad esempio in una sede stradale o in un sito per il quale il Comune prevede la realizzazione di un pozzetto a raso, dovrà essere realizzato un doppio pozzetto, di cui quello esterno munito di coperchio carrabile di dimensioni adeguate, contenente al proprio interno un pozzetto dotato di lucchetto.

#### Modalità di presentazione dei risultati

Per questo tipo di indagine, oltre alla consegna del log stratigrafico di cui sopra, deve essere prevista una relazione generale comprendente:

- a) obiettivi delle indagini e contesto geologico delle aree investigate desunte dal programma preliminare redatto dalla Regione Toscana e fornito al Committente;
- b) Piano di sicurezza dell'Impresa (se richiesto dalla vigente normativa) e Piano di controllo di qualità qualora l'Impresa è certificata;
- c) risultati delle indagini ed eventuali osservazioni. Devono essere riportate in particolare:
  - note in merito alla modalità di esecuzione della cementazione del foro e alla qualità della stessa;
  - dimensioni del foro;
  - presenza o meno di eventuali occlusioni in fase di perforazione;

- rispondenza delle caratteristiche tecniche del sondaggio a quelle previste dalle Istruzioni Tecniche;
- eventuale presenza di acqua.

La relazione generale deve essere consegnata al Servizio sismico della Regione Toscana in n. 3 copie cartacee, di cui due copie rilegate e una copia non rilegata e n. 2 copie su CD-Rom. Inoltre, nel caso in cui l'Amministrazione Appaltante non sia la Regione Toscana ma un Ente Locale si invita l'Impresa ad inviare una quarta copia cartacea al Comune di riferimento.

Inoltre, deve essere prevista una breve relazione tecnica con documentazione, tabelle e grafici da cui risulti per ciascuna prova:

- a) la descrizione delle procedure seguite;
- b) la planimetria su base CTR 1: 2000 ingrandita in scala 1:1000 con il diametro e la profondità del foro;
- c) coordinate in Gauss- Boaga in metri del sito ove è ubicato il sondaggio;
- d) le modalità di esecuzione, di rivestimento e di cementazione adottate, ed in particolare le dimensioni geometriche del rivestimento, la composizione della miscela iniettata, la massima pressione di iniezione, la portata e l'attrezzatura utilizzata e soprattutto la quantità di miscela adoperata.
- e) la strumentazione adottata per la perforazione;

La relazione tecnica deve essere consegnata deve essere consegnata al Servizio sismico della Regione Toscana in n. 3 copie cartacee, di cui due copie rilegate e una copia non rilegata e n. 2 copie su CD-Rom. Inoltre, nel caso in cui l'Amministrazione Appaltante non sia la Regione Toscana ma un Ente Locale si invita l'Impresa ad inviare una quarta copia cartacea al Comune di riferimento.

#### **2.4. Prelievo di campioni**

Il prelievo di campioni dovrà essere effettuato con procedure operative e con campionatori adeguati al programma di indagini previsto in progetto, e/o secondo le istruzioni dettate dal geologo della D.L. (indicato dall'Appaltante) durante l'esecuzione del carotaggio.

Per i tratti 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 od a disturbo limitato.

I campioni indisturbati dovranno essere estratti mediante campionatori a pareti sottili infissi a pressione (campionatore a parete sottile tipo Shelby del diametro minimo di 80 mm), preferibilmente dotati di pistone (campionatore tipo Osterberg) od a rotazione a doppia o a tripla parete con scarpa avanzata tipo Denison o tipo Mazier modificato.

Per il campionatore semplice tipo Shelby la scarpa del tubo campionatore deve avere un tagliente con angolo non superiore a 6°. L'impresa dovrà produrre un'attestazione relativa all'uso di campionatori con i requisiti richiesti. I laboratori, incaricati di eseguire le indagini geotecniche sui campioni prelevati, verificheranno la conformità dei tubi campionatori con i requisiti prescritti comunicandolo alla Regione Toscana. In via preliminare la D.L. deve fornire una valutazione di massima, tramite acquisizione di informazione dall'Impresa e successiva valutazione in cantiere, circa la presenza e l'utilizzo in cantiere di campionatori con i requisiti richiesti. Inoltre, i campionatori a pareti sottili, con o senza pistone, dovranno avere un coefficiente di ingresso molto piccolo e certamente minore di 0.5 %.

E' prevista un'accurata pulizia del foro di sondaggio sempre previa accurata pulizia del foro di sondaggio con metodi adeguati (carotiere semplice e manovra finale a secco, utensile di spurgo a getto radiale e soprastante calice di raccolta del detrito, ecc.).

Nel caso di campionatori tipo Denison il campione sarà alloggiato in un tubo PVC interno al tubo non rotante e opportunamente paraffinato dopo il recupero. L'entità della sporgenza del tubo interno va concordata con la direzione lavori. Nel caso di campionatore Mazier modificato il campione sarà alloggiato in un tubo di acciaio inossidabile, cadmiato o comunque trattato. Anche in questo caso si procederà alla paraffinatura.

In ogni caso le ditte forniranno le caratteristiche del tubo campionatore in dotazione e quanto non espressamente indicato andrà concordato con la D.L..

Per il prelievo in terreni incoerenti sciolti la D.L. potrà richiedere l'utilizzo di idonee resine.

I campioni indisturbati dovranno avere dimensioni non inferiori a 80 mm di diametro e 500mm di lunghezza.

I campioni dovranno essere prelevati alle profondità concordate con la Regione Toscana Settore – Servizio Sismico Regionale.

Tutti i campioni prelevati dovranno essere perfettamente sigillati su entrambe le estremità della fustella (metallica o di plastica) mediante paraffinatura a caldo e chiusura con tappo,

Sul campione dovrà essere apposta un'etichetta (non degradabile per umidità) in cui sono indicati:

- designazione del cantiere - Committente - Esecutore;
- designazione del sondaggio;
- tipo di campione e numero d'ordine;
- profondità di prelievo (da/a);
- orientamento (alto/basso);
- data di prelievo.

Nel caso di campioni indisturbati dovranno essere riportati i dati relativi al campionamento eseguito con l'annotazione del:

- tipo di campionatore;
- metodo d'infissione del campionatore;
- condizioni di prelievo (presenza d'acqua, energia d'infissione, ecc.);

I campioni devono essere conservati, a cura dell'Amministrazione Comunale in locali idonei, in posizione orizzontale evitando scuotimenti ed urti e particolarmente protetti dai raggi del sole, dal gelo e da fonti di calore fino al momento della consegna al laboratorio geotecnico.

Rientra tra i compiti dell'Impresa:

- il trasporto e la consegna dei campioni al Comune;
- la successiva spedizione degli stessi al laboratorio geotecnico per le analisi.

Qualora il prelievo dei campioni non venga effettuato secondo le modalità previste nelle Istruzioni Tecniche Regionali di cui al par. 3.B.2.1.3, per inadempienza da parte dell'Impresa, per quanto segnalato dal geologo incaricato della D.L. non verrà autorizzato il pagamento per tutta la profondità relativa al litotipo interessato dal prelievo.

## **2.5. Standard Penetration Test (S.P.T.)**

La prova S.P.T sarà effettuata, a partire dal fondo foro del sondaggio, alle profondità concordate con la Regione Toscana Settore – Servizio Sismico Regionale.

Sul fondo foro opportunamente pulito, dovrà essere infisso a percussione un campionatore di forma e dimensioni standard (tipo Raymond), attraverso il quale, in base al numero dei colpi ( $N$ ) necessari alla penetrazione di  $45\text{ cm}$ , misurati separatamente in tre tratti di  $15\text{ cm}$  ciascuno, sia possibile valutare orientativamente lo stato di consistenza dei terreni, in genere sabbiosi o limo-argillosi.

La percussione dovrà essere effettuata secondo le modalità contenute nella norma *ASTM n° D 1586/67* salvo quanto specificato di seguito.

Deroghe alla norma *ASTM n° D 1586/67*:

- 1) Se la prova interesserà terreni molto compatti o ghiaiosi, su parere del geologo di cantiere, l'Impresa potrà impiegare, al posto della scarpa del campionatore sopra descritto, una punta conica del diametro di  $51\text{ mm}$  e di  $60^\circ$  di apertura angolare;
- 2) Le tre fasi di penetrazione di  $15\text{ cm}$  ciascuna andranno comunque eseguite;
- 3) Per ciascuna fase, in caso di rifiuto, andrà indicata la penetrazione raggiunta in cm.

Per la prova dovrà essere usato un campionatore Raymond di lunghezza 711mm, diametro esterno di 50.8 mm, diametro interno 34.9 mm ed un dispositivo di guida e di sgancio automatico del maglio, di peso 63.5 kg, che assicuri una corsa a caduta libera di 0.76 mm.

Le aste di perforazione non dovranno superare il peso di 10 kg/ml.

L'Impresa è tenuta a conservare il campione estratto dal campionatore trasferendolo dal tubo di campionamento in contenitori di plastica, contrassegnati con etichetta. L'impresa è tenuta altresì ad indicare le caratteristiche del sistema di battitura ed a fornire la documentazione indicata nelle IT.

#### Modalità di presentazione dei risultati

Per un criterio di uniformità le stratigrafie dovranno essere descritte utilizzando il modulo riportato nelle Istruzioni Tecniche par. 3B.2.1.7 che riporti anche i rilievi del livello di falda.

### **ART. 3 - OBBLIGHI GENERALI E PARTICOLARI DELL'APPALTATORE**

L'appaltatore (l'Impresa) è tenuto contrattualmente all'esatta osservanza di tutte le disposizioni generali e particolari stabilite dalle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di tutte le altre disposizioni in materia di rapporti di lavoro.

E' fatto divieto all'appaltatore, pena la decadenza del contratto di cedere o subappaltare in tutto o in parte le indagini aggiudicatogli. Il Comune (appaltante) procederà ad una verifica delle posizioni di lavoro e contribuzione dei lavoratori

### **ART. 4 - ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Si intendono a carico dell'Appaltatore (l'Impresa) e quindi compresi nei prezzi offerti i seguenti oneri:

- a. custodia notturna e diurna del cantiere;
- b. fornitura di tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori;
- c. allontanamento dei materiali di risulta e sistemazione dell'area interessata dall'intervento;
- d. trasporto e la consegna dei campioni alla sede del Comune;
- e. successivo trasporto dei campioni presso il laboratorio di geotecnica indicato dalla Regione Toscana;

tempestivo trasporto dei carotaggi contenuti nelle cassette catalogatrici in ambienti riparati dalle intemperie che ne garantiscano la conservazione.

## **ART. 5 - ONERI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTANTE**

A carico dell'Appaltante (il Comune) rimangono:

- a) permessi ed accessi alle aree, con segnalazione degli eventuali servizi presenti;
- b) autorizzazioni alle perforazioni;
- c) eventuali spese per la registrazione del contratto, bolli, diritti di segreteria, ecc.;
- d) fornitura d'acqua per le perforazioni;
- e) assistenza al cantiere da parte del geologo incaricato della D.L. In riguardo il geologo dovrà fornire alla Regione Toscana la stratigrafia del sondaggio, le foto del carotaggio e una relazione illustrativa sulle operazioni di perforazione e campionamento. La documentazione dovrà essere prodotta secondo le specifiche riportate nelle Istruzioni Tecniche regionali.
- f) predisporre quanto necessario per chiudere il traffico nella zona di indagine
- g) comunicazione alla Regione Toscana Settore – Servizio Sismico Regionale del vincitore della gara e dell'inizio delle indagini almeno quindici giorni prima dell'inizio dei lavori.

L'appaltante si impegnerà altresì a non chiedere le spese per i diritti di segreteria, di registrazione del contratto, etc.

## **ART. 6 – COMPITI DELLA DIREZIONE LAVORI**

Il geologo incaricato della Direzione Lavori del sondaggio geotecnico dovrà seguire costantemente i lavori e dovrà assicurare che questi vengano svolti secondo quanto prescritto dalle Istruzioni Tecniche Regionali ricordando che gli obiettivi principali e i compiti della D.L. sono i seguenti:

1. ricostruzione del profilo stratigrafico e compilazione del modulo stratigrafico secondo quanto descritto in appendice 3B.2.1.7;
2. Controllare e verificare anticipatamente la dotazione della strumentazione di perforazione (sonda, carotieri, campionatori, corone, rivestimenti...) in relazione alla tipologia dei terreni;
3. Seguire costantemente la fase di perforazione evidenziando, in accordo con il geologo dell'Impresa, il tipo di carotiere da adottare, di volta in volta, in maniera da garantire il minor disturbo possibile nel terreno e la maggior percentuale di recupero;
4. permettere il prelievo di campioni indisturbati finalizzati alla determinazione dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica tramite prove dinamiche di laboratorio. La D.L. può modificare in corso d'opera il programma preliminare in relazione al prelievo di campioni, laddove i terreni attraversati lo permettano, avendo premura di verificare anticipatamente



l'idoneità dei campionatori in riferimento alle specifiche indicate nelle I.T. Il mancato prelievo di campioni in terreni idonei al campionamento sarà da addebitarsi alla D.L., salvo mancanze e/o inadempienze da parte dell'Impresa. Inoltre la D.L. dovrà premunirsi che i campioni prelevati vengano conservati a cura dell'Amministrazione Comunale in un luogo chiuso e protetto fino al momento della consegna al laboratorio geotecnico.

5. Assicurare l'esecuzione di prove geotecniche (misure SPT...);
6. Effettuare misure di falda durante e dopo la perforazione;
7. Comunicare tempestivamente all'Ente Appaltante e alla Regione Toscana eventuali inadempienze e/o mancanze da parte dell'Impresa;
8. Garantire che l'Impresa effettui l'operazione di cementazione secondo le modalità previste dalle Istruzioni Tecniche;
9. Redazione della Relazione Tecnica delle indagini secondo le specifiche tecniche riportate in Appendice 3B.1.2.7

#### **ART. 7 - CONSEGNA DEI LAVORI - TEMPO UTILE - PENALE PER IL RITARDO**

L'inizio dei lavori dovrà avvenire entro 10 giorni dall'avvenuta aggiudicazione. Il tempo utile per dare i lavori compiuti è fissato in giorni 30 decorrenti dalla consegna dei lavori. Per ogni giorno di ritardo al compimento delle indagini oltre il termine sopra stabilito, l'Appaltatore sarà tenuto a pagare una somma pecuniaria di € 50,00 = (cinquanta,00). A tale scopo l'Impresa dovrà dichiarare espressamente la propria disponibilità ad iniziare i lavori entro 10 giorni dall'avvenuta aggiudicazione ed a concluderli entro il..... Eventuali rinvii della conclusione dei lavori devono essere assentiti dall'Amministrazione Comunale in relazione alle avverse condizioni atmosferiche.

#### **ART. 8 - PAGAMENTI E COLLAUDO**

Il pagamento sarà effettuato in un'unica rata alla fine dei lavori, dopo l'avvenuta approvazione del Certificato di Regolare Esecuzione che deve essere emesso dall'Ufficio Tecnico del Comune di ..... non oltre un mese dalla data di ultimazione dei lavori stessi a seguito di parere favorevole della Regione Toscana e dei referenti scientifici.

Si precisa che l'autorizzazione al pagamento verrà data solo dopo l'esecuzione della prova geofisica, se le registrazioni acquisite sono di qualità e non disturbate dalla non continuità della cementazione, come specificato nelle Istruzioni Tecniche Regionali. I requisiti di qualità dovranno essere soddisfatti per ogni sondaggio ed anche tali da consentire la corretta esecuzione e l'esito positivo della prova Down Hole.

#### **ART. 9 - AGGIUDICAZIONE - ELENCO PREZZI**

Le indagini saranno appaltate dal Comune mediante le procedure di aggiudicazione che riterrà più opportune. Si sottolinea che l'esigenza di dover rispettare gli standard di qualità e le procedure tecniche indicate nelle Istruzioni

Tecniche regionali, prefigura di valutare l'offerta con un ribasso massimo del 10 %.

Inoltre, l'Impresa potrà effettuare dei ribassi superiori al 10% solo in riferimento alle seguenti situazioni:

- operazioni logistiche standard (ad esempio installazione cantiere, trasporto delle attrezzature, postazioni successive alla prima, fornitura cassette catalogatrici, rilievo della falda, accessibilità, ecc...);
- voci legate ad una migliore organizzazione lavorativa e giustificate dall'Impresa;
- previsione di intraprendere anche altre attività di indagini in riferimento al Programma VEL (es. indagini di sismica a rifrazione, prove down-hole, sondaggi geotecnici, ecc...), in tempi successivi e/o nell'ambito dello stesso comune o in comuni limitrofi.

Si ricorda, però, che la riduzione dei costi da parte dell'Impresa, deve essere chiaramente motivata (nel caso sia inferiore al 10%) e comunque non deve mai compromettere la qualità dei risultati delle indagini svolte.

I lavori saranno valutati a misura in base ai prezzi unitari di seguito offerti e l'importo degli stessi non potrà superare la somma di € ..... + I.V.A.

L'elenco dei prezzi per la valutazione dei costi per le indagini è su base regionale, in relazione all'attività VEL (Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello e Amiata), per cui le singole voci sono valutate su ampia scala e non sono mediate. I relativi prezzi di riferimento sono stati indicati come tetto massimo su base regionale e sono stati valutati stimando le condizioni logistiche più difficoltose.

**ELENCO  
PREZZI  
UNITARI  
SONDAGGI**

**ELENCO PREZZI UNITARI- SONDAGGIO**

**I.V.A. 20% esclusa**

N° ord.	Descrizione	Prezzo unitario (€)	Quantità	Totale (€)
1.a	Installazione del cantiere. Trasporto delle attrezzature di perforazione e impianto cantiere, viaggio del personale dalla Sede dell'Impresa al Comune, da Comune a Comune, a corpo	600,00		
1.b	Postazioni successive alla prima, entro 100 m cadauna	100,00		
1.c	Postazioni successive alla prima, maggiori di 100 m, in cui sia necessario uno spostamento del mezzo cingolato mediante camion	250,00		
2.a	Perforazione verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo di diametro fino a 131 mm in terreni a grana fine (argille, limi, limi sabbiosi), al ml			
	0.00 e 40.00 al ml	27,00		
	40.00 e 80.00 al ml	37,00		
	80.00 e 120.00 al ml	50,00		
2.b	Perforazione verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo di diametro fino a 131 mm in terreni a granulometria media (sabbie e sabbie ghiaiose) ed in rocce di durezza media, al ml			
	0.00 e 40.00 al ml	37,00		
	40.00 e 80.00 al ml	47,00		
	80.00 e 120.00 al ml	60,00		
2.c	Perforazione verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo di diametro fino a 131 mm in terreni a granulometria grossa (ghiaie, ghiaie sabbiose e ciottoli) e rocce dure, al ml			
	0.00 e 40.00 al ml	47,00		
	40.00 e 80.00 al ml	57,00		
	80.00 e 120.00 al ml	70,00		
3.a	Perforazione verticale a c.c. di 101 mm in terreni fini eseguita con carotieri semplici a secco e per profondità comprese tra:			
	0.00 e 20.00 al ml	45,00		
	20.00 e 40.00 al ml	50,00		
	40.00 e 60.00 al ml	55,00		
	60.00 e 80.00 al ml	70,00		
	80.00 e 100.00 al ml	90,00		
3.b	Perforazione verticale a c.c. di 101 mm in terreni a granulometria media (sabbie, sabbie ghiaiose) e rocce di durezza media, eseguita con carotieri semplici a secco e per profondità comprese tra:			
	0.00 e 20.00 al ml	50,00		
	20.00 e 40.00 al ml	55,00		
	40.00 e 60.00 al ml	60,00		
	60.00 e 80.00 al ml	75,00		
	80.00 e 100.00 al ml	95,00		

3.c	Perforazione verticale a c.c. di 101 mm in terreni a granulometria grossolana (ghiaie, ghiaie sabbiose con ciottoli) e rocce dure, eseguita con carotieri semplici a secco e per profondità comprese tra:			
	0.00 e 20.00 al ml	55,00		
	20.00 e 40.00 al ml	65,00		
	40.00 e 60.00 al ml	75,00		
	60.00 e 80.00 al ml	85,00		
	80.00 e 100.00 al ml	95,00		
4.a	Sovrapprezzo alle 3.a, 3.b, 3.c, per eventuale uso di carotiere doppio T2 al ml	9,00		
4.b	Sovrapprezzo alle 3.a, 3.b, 3.c, per eventuale uso di carotiere doppio T6, al ml	12,00		
4.c	Sovrapprezzo alle 3.a, 3.b, 3.c, per eventuale uso di carotiere doppio T6s, al ml	14,00		
4.d	Sovrapprezzo alle 3.a, 3.b, 3.c, per eventuale uso di carotiere triplo, al ml	15,00		
4e	Sovrapprezzo alle voci 3.a, 3.b, 3.c, 5 e 6 per uso di corona diamantata sul carotiere e sul rivestimento, al ml	34,00		
5a	Impiego di rivestimento metallico provvisorio di 127 mm in terreni a granulometria grossolana (ghiaie, ghiaie sabbiose con ciottoli) e rocce per profondità comprese tra:			
	0.00 e 40.00 al ml	12,00		
	40.00 e 80.00 al ml	16,00		
5b	Impiego di rivestimento metallico provvisorio di 127 mm in terreni a granulometria media (sabbia e sabbie ghiaiose) e fine (argille, limi e limi sabbiosi) per profondità comprese tra:			
	0.00 e 40.00 al ml	7,00		
	40.00 e 80.00 al ml	10,00		
6a	Impiego di rivestimento metallico provvisorio di 152 mm compresa alesatura del foro di sondaggio in terreni a granulometria grossolana (ghiaie, ghiaie sabbiose con ciottoli) e rocce per profondità comprese tra:			
	0.00 e 40.00 al ml	18,00		
	40.00 e 80.00 al ml	25,00		
6b	Impiego di rivestimento metallico provvisorio di 152 mm compresa alesatura del foro di sondaggio in terreni a granulometria media (sabbia e sabbie ghiaiose) e fine (argille, limi e limi sabbiosi) per profondità comprese tra:			
	0.00 e 40.00 al ml	15,00		
	40.00 e 80.00 al ml	20,00		
7.a	Prelievo di campioni rimaneggiati nel corso di sondaggi a rotazione e loro conservazione in contenitori trasparenti a chiusura ermetica, cad.	9,00		
7.b	Prelievo di campioni indisturbati nel corso di sondaggi a rotazione mediante campionatori a pareti sottili spinti a pressione (tipo Shelby) con fustelle in acciaio inox da 88.9 mm, cad, comprese le eventuali manovre.			
	0.00 e 20.00	50,00		
	20.00 e 40.00	54,00		
	40.00 e 60.00	60,00		
	60.00 e 80.00	66,00		

7.c	Prelievo di campioni indisturbati nel corso di sondaggi a rotazione mediante campionatori a pistone (tipo Osterberg) con fustelle di inox da 88.9 mm cad,comprese le eventuali manovre.			
	0.00 e 20.00	55,00		
	20.00 e 40.00	60,00		
	40.00 e 60.00	65,00		
	60.00 e 80.00	73,00		
7.d	Prelievo di campioni indisturbati nel corso di sondaggi a rotazione mediante campionatore rotativo (tipo Mazier modificato, Denison) con fustelle di inox da 88.9 mm, cad,comprese le eventuali manovre.			
	0.00 e 20.00	57,00		
	20.00 e 40.00	63,00		
	40.00 e 60.00	70,00		
	60.00 e 80.00	77,00		
8	Effettuazione di prove SPT nel corso di sondaggi a rotazione, cad.			
	0.00 - 20.00 m cad.	49,00		
	20.00 - 40.00 m cad	54,00		
9	Compilazione e fornitura di cassette catalogatrici ml 4/5.00, cad.	19,00		
10	Rilievo della falda acquifera eseguito con scandagli elettrici limitatamente al periodo di durata dei lavori di sondaggio, cad.	7,00		
11.a	Cementazione del foro di sondaggio per prove Down Hole in terreni a granulometria fine. Fornitura e posa in opera di tubo in p.v.c. pesante con filettatura di giunzione e tappi di testa e fondo foro, con diametro interno di 80 mm per prove sismiche, al ml	20,00		
11.b	Cementazione del foro di sondaggio per prove Down Hole in terreni a granulometria media. Fornitura e posa in opera di tubo in p.v.c. pesante con filettatura di giunzione e tappi di testa e fondo foro, con diametro interno di 80 mm per prove sismiche, al ml	23,00		
11.c	Cementazione del foro di sondaggio per prove Down Hole in terreni a granulometria grossolana. Fornitura e posa in opera di tubo in p.v.c. pesante con filettatura di giunzione e tappi di testa e fondo foro, con diametro interno di 80 mm per prove sismiche, al ml	25,00		
12	Cementazione del foro di sondaggio per prove Down Hole e fornitura e posa in opera di tubo inclinometrico in PVC o in alluminio a 4 guide non rivettato con diametro interno di 80 mm per prove sismiche, al ml	37,00		
13	Chiusino boccaforo carrabile, con pozzetto geotecnico all'interno e chiusura con lucchetto	255,00		
14	<b>TOTALE NETTO</b>			



**Capitolato per prove penetrometriche  
con penetrometro dinamico superpesante**

REGIONE  
TOSCANA



**CAPITOLATO PER PROVE PENETROMETRICHE  
CON PENETROMETRO DINAMICO SUPERPESANTE**

COMUNE DI \_\_\_\_\_

INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE PER LA  
CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI FINI DELLA  
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI  
(PROGRAMMA VEL)

**FOGLIO PREZZI PATTI E CONDIZIONI**

**ART. 1 -OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di n° ... prove penetrometriche con penetrometro dinamico superpesante per un importo massimo di € \_\_\_\_\_ I.V.A. compresa.

I lavori indicati sono stati definiti dalla Regione Toscana (Settore Servizio Sismico Regionale della Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali ) con i referenti scientifici delle convenzioni regionali. Eventuali variazioni potranno essere previste in corso d'opera sentita la Regione Toscana.

All'impresa si richiede di effettuare le seguenti operazioni:

- n° ... prove penetrometriche con penetrometro dinamico superpesante.

**ART. 2 -DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELLE OPERE  
DELL'APPALTO**

Le indagini previste dovranno essere condotte nelle modalità e con la strumentazione descritta nelle *"Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana"* a cura della Regione Toscana ed allegato al presente documento per la parte di interesse.

Per l'esecuzione della prova su massicciata stradale dovrà essere eseguito uno scavo preliminare.



## 2.2 Prove penetrometriche dinamiche (DPT)

Lo scopo della prova è quello di determinare il numero di colpi ( $N_{30}$ ) o ( $N_{20}$ ) necessari ad infiggere, per una profondità di 30 cm o 20 cm, una punta conica di dimensioni standard mediante battitura. I valori ottenuti consentono una stima qualitativa della consistenza del terreno. Inoltre è possibile correlare empiricamente i valori misurati con quelli ricavati dalla prova SPT. E' pertanto possibile ricavare i seguenti parametri:

- la densità relativa, l'angolo di resistenza al taglio e la resistenza alla liquefazione dei terreni granulari.
- il modulo di taglio a piccole deformazioni sia nel caso di terreni a grana grossa che in quelli a grana fine.

Questo tipo di prova andrà eseguito secondo le Raccomandazioni AGI già citate.

Per le prove di questo tipo occorre infiggere nel terreno mediante battitura una punta conica di dimensioni standard per una profondità di 30 cm. Dopodiché occorre infiggere il rivestimento esterno.

Poiché con tale prova si ottengono informazioni di tipo continuo, dovranno essere eseguite misurazioni di resistenza alla penetrazione durante tutta l'infissione.

La prova non è eseguibile in terreni molto addensati per l'insufficienza della spinta ed in presenza di grossi elementi lapidei che potrebbero persino danneggiare la punta.

La prova trova il suo miglior campo di applicazione nei terreni granulari molto addensati o contenenti ghiaia. Tuttavia può essere eseguita in qualsiasi terreno sciolto ed anche nel caso di alcune rocce tenere. Unicamente in presenza di grossi elementi lapidei, la prova perde di significato. E' possibile abbinare il penetrometro superpesante DPSH alla prova CPT utilizzando il primo per l'attraversamento degli strati più duri o contenenti ghiaia.

In ragione della natura molto consistente dei terreni prevalentemente incontrati, infatti, si prescrive di far ricorso a penetrometri superpesanti. Più precisamente, in accordo alle raccomandazioni AGI (1977), si suggerisce l'impiego del penetrometro tipo Meardi e della relativa metodologia descritta nel seguito (Meardi e Meardi 1974).

### ***Penetrometro tipo Meardi***

L'attrezzatura si compone di una prima batteria di aste ciascuna della lunghezza di 1.2 m, di peso pari a 7 Kg/m, e diametro di 34 mm, alla cui estremità inferiore sarà collegata una punta conica di diametro 50,8 mm ed angolo di apertura 60 ° e di una seconda batteria di aste concentriche alla prima, di diametro 48/43 mm e di peso 5,3 Kg/m circa, alla cui estremità inferiore dovrà essere avvitata una scarpa tagliente. Questa seconda batteria di aste ha lo scopo di eliminare l'attrito tra aste interne e terreno.

Il maglio di 73 Kg dovrà avere un'altezza libera di caduta di 75 cm.

Il sistema di sollevamento del maglio potrà essere idraulico con sganciamento automatico oppure con azionamento fune-cabestano senza sgancio automatico.

E' fatto obbligo specificare le caratteristiche del penetrometro utilizzato qualora queste si discostino da quelle standard sopra specificate.

La prova dovrà procedere alternativamente e consecutivamente ora battendo sulle aste interne per infiggere la punta e contando il numero dei colpi ( $N_P$ ) necessari per avanzare nel terreno di 30 cm, ora sulle aste esterne per rilevare il numero dei colpi ( $N_R$ ) necessari per un eguale avanzamento nel sottosuolo.

La prova verrà interrotta quando  $N_P$  o  $N_R$  superano il valore di 100.

La punta conica deve sporgere dalla batteria di tubi esterni non più di 30 cm in qualsiasi fase della prova. Ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza  $N_P$  misurati.

Le batterie, aste interne collegate alla punta conica e tubi esterni, devono essere libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne a seguito di penetrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa.

### **2.3 Modalità di presentazione dei risultati**

A completamento della prova dovrà essere fornita la documentazione comprendente:

- tabella dei valori delle resistenze  $N_P$  e  $N_R$  misurate alle diverse profondità per ciascuna prova;
- diagramma di  $N_P$  in relazione alla profondità;
- diagramma di  $N_R$  in relazione alla profondità;
- l'altezza media di caduta del maglio per l'infissione del rivestimento;
- grafico di  $N_R'$  in funzione della profondità, dove  $N_R'$  è ricavato da  $N_R' = 75 N_R / H'$  essendo  $H'$  l'altezza media di caduta del maglio durante l'infissione del rivestimento;
- schema eventuale del preforo.
- specifiche riguardanti l'attrezzatura ed in particolare il tipo di sollevamento adottato.

### **2.4 Elaborati da consegnare**

Una relazione tecnica che descriva le procedure seguite in triplice copia di cui due copie rilegate e una copia non rilegata. Inoltre si richiedono due copie su CD.

La relazione dovrà contenere:

- la documentazione , tabelle e grafici nelle modalità indicate al punto 2.3;

- l'interpretazione stratigrafica delle verticali analizzate
- la planimetria CTR in scala 1:5.000, ove esistente, per una visione più generale del sito d'indagine;
- in alternativa sarà utilizzata una planimetria CTR in scala 1:10.000;
- coordinate in Gauss- Boaga del sito ove è ubicata l'indagine;
- la planimetria CTR in scala 1: 1000 con l'ubicazione delle indagini (vanno riportate in risalto le posizioni in cui le prove sono state effettuate e l'eventuale sequenza temporale di esecuzione di sondaggi e prove penetrometriche);
- le fotografie in originale o in digitale su floppy disk o CD relative alle varie fasi di esecuzione della prova.

### **ART. 3 - OBBLIGHI GENERALI E PARTICOLARI DELL'APPALTATORE**

L'appaltatore (l'Impresa) è tenuto contrattualmente alla esatta osservanza di tutte le disposizioni generali e particolari stabilite dalle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di tutte le altre disposizioni in materia di rapporti di lavoro.

E' fatto divieto all'appaltatore, pena la decadenza del contratto di cedere o subappaltare in tutto o in parte le indagini aggiudicatogli. Il Comune (appaltante) procederà ad una verifica delle posizioni di lavoro e contribuzione dei lavoratori.

### **ART. 4 - ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Si intendono a carico dell'Appaltatore (l'Impresa) e quindi compresi nei prezzi offerti i seguenti oneri:

- a) custodia notturna e diurna del cantiere;
- b) fornitura di tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori;
- c) sistemazione dell'area interessata dall'intervento;

### **ART. 5 - ONERI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTANTE**

A carico dell'Appaltante (il Comune) rimangono:

- a) permessi ed accessi alle aree, con segnalazione degli eventuali servizi presenti
- b) autorizzazioni alle indagini
- c) eventuali spese per la registrazione del contratto, bolli, diritti di segreteria, ecc.
- d) predisporre quanto necessario per chiudere il traffico nella zona di indagine
- e) esecuzione di scavi in presenza di massicciata stradale
- f) comunicazione alla Regione Toscana - Settore Servizio Sismico Regionale del vincitore della gara e dell'inizio delle indagini almeno quindici giorni prima dell'inizio dei lavori.

L'appaltante si impegnerà altresì a non chiedere le spese per i diritti di segreteria, di registrazione del contratto, etc.

## **ART. 6 - CONSEGNA DEI LAVORI - TEMPO UTILE - PENALE PER ILRITARDO**

L'inizio dei lavori dovrà avvenire entro 10 giorni dall'avvenuta aggiudicazione. Il tempo utile per dare i lavori compiuti è fissato in giorni 30 decorrenti dalla consegna dei lavori. Per ogni giorno di ritardo al compimento delle indagini oltre il termine sopra stabilito, l'Appaltatore sarà tenuto a pagare una somma pecuniaria di € 50,00= (cinquanta,00). A tale scopo l'Impresa dovrà dichiarare espressamente la propria disponibilità ad iniziare i lavori entro 10 giorni dall'avvenuta aggiudicazione ed a concluderli entro il..... Eventuali rinvii della conclusione dei lavori devono essere assentiti dall'Amministrazione Comunale in relazione alle avverse condizioni atmosferiche.

## **ART. 7 - PAGAMENTI E COLLAUDO**

Il pagamento sarà effettuato in un'unica rata alla fine dei lavori, dopo l'avvenuta approvazione del Certificato di Regolare Esecuzione che deve essere emesso dall'Ufficio Tecnico del Comune di \_\_\_\_\_ non oltre un mese dalla data di ultimazione dei lavori stessi a seguito di parere favorevole della Regione Toscana e dei referenti scientifici.

## **ART. 8 - AGGIUDICAZIONE - ELENCO PREZZI**

Le indagini saranno appaltate dal Comune mediante le procedure di aggiudicazione che riterrà più opportune.

Si sottolinea che l'esigenza di dover rispettare gli standard di qualità e le procedure tecniche indicate nelle Istruzioni Tecniche regionali, prefigura di valutare l'offerta con un ribasso massimo del 10 %.

Inoltre, l'Impresa potrà effettuare dei ribassi superiori al 10% solo in riferimento alle seguenti situazioni:

- operazioni logistiche standard (ad esempio installazione cantiere, trasporto delle attrezzature, postazioni successive alla prima, accessibilità, ecc...);
- voci legate ad una migliore organizzazione lavorativa e giustificate dall'Impresa;
- previsione di intraprendere anche altre attività di indagini in riferimento al Programma VEL (es. indagini di sismica a rifrazione, prove down-hole, sondaggi geotecnici, ecc...), in tempi successivi e/o nell'ambito dello stesso comune o in comuni limitrofi.

I lavori saranno valutati a misura in base ai prezzi unitari di seguito offerti e l'importo degli stessi non potrà superare la somma di € \_\_\_\_\_ I.V.A. compresa (*costo specificato nella tabelle allegate*).

**ELENCO PREZZI UNITARI**

**Prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH) – Penetrometri Pagani Tg 63/100**

Trasporto, impianto cantiere e relazione tecnica (a verticale)	€	100
Riperforazione a vuoto di eventuali tratti perforati con modalità statica, al ml	€	7
Perforazione, comprese tabelle del numero di colpi ed elaborazione grafica con diagramma di N20 e Rd (ed eventualmente del numero di colpi necessario all'infissione del rivestimento) al ml	€	12
Infissione tubazione di rivestimento al ml	€	10
Tubo piezometrico in p.v.c.	€	3



**Capitolato per prove penetrometriche  
con penetrometro statico (CPT, CPTU, SCPT)**

REGIONE  
TOSCANA



**CAPITOLATO PER PROVE PENETROMETRICHE  
CON PENETROMETRO STATICO**

COMUNE DI \_\_\_\_\_

INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE PER LA  
CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI FINI DELLA  
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI  
(PROGRAMMA VEL)

**FOGLIO PREZZI PATTI E CONDIZIONI**

**ART. 1 -OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di n° ... prove penetrometriche con penetrometro statico per un importo massimo di € \_\_\_\_\_ I.V.A. compresa.

I lavori indicati sono stati definiti dalla Regione Toscana (Settore Servizio Sismico Regionale della Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali ) con i referenti scientifici delle convenzioni regionali. Eventuali variazioni potranno essere previste in corso d'opera sentita la Regione Toscana.

All'impresa si richiede di effettuare le seguenti operazioni:

- n° ... prove penetrometriche con penetrometro statico.

**ART. 2 -DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELLE OPERE DELL'APPALTO**

Le indagini previste dovranno essere condotte nelle modalità e con la strumentazione descritta nelle *"Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana"* a cura della Regione Toscana ed allegato al presente documento per la parte di interesse.

Per l'esecuzione della prova su massicciata stradale dovrà essere eseguito uno scavo preliminare.

**2.1 Prove penetrometriche statiche (CPT, CPTU, SCPT)**

**SCOPO DELLA PROVA**

La prova penetrometrica statica, che consiste nell'infissione a pressione nel terreno di una punta d'acciaio chiusa di forma conica, ha lo scopo di misurare la forza necessaria alla penetrazione della punta ( $Q_c$ ), la forza di attrito laterale tra



il terreno ed un manicotto d'acciaio situato al di sopra della punta ( $Q_s$ ) ed eventualmente la pressione della fase liquida nei pori durante l'avanzamento della punta ( $u$ ). Da queste misure, effettuate separatamente, ma in modo continuo, è possibile determinare tramite correlazioni semiempiriche le seguenti caratteristiche:

- andamento stratigrafico;
- densità relativa ( $D_R$ ), angolo di resistenza al taglio ( $\phi'$ ) e resistenza alla liquefazione dei terreni granulari;
- resistenza al taglio non drenata ( $S_u$ ) dei terreni a grana fine;
- modulo di taglio elastico a piccole deformazioni ( $G_o$ ).

#### SCHEMA DELLA PROVA

La norma ASTM D3441-94 è quella di riferimento salvo quanto specificato nelle presenti IT. La prova viene eseguita infiggendo a pressione nel terreno una punta conica di acciaio di forma e dimensioni standard (Figura A2.2.1, A2.2.2 delle Istruzioni Tecniche Regionali) con una velocità di avanzamento costante pari a 2 cm/s.

#### APPARECCHIATURA

Esistono sostanzialmente due tipi di apparecchiatura:

- punta meccanica
- punta elettrica

Solamente con la seconda è possibile effettuare misure continue come indicato nel descrivere lo scopo della prova. Le punte meccaniche sono in genere libere (telescopiche) rispetto alle aste di spinta e la misura della spinta viene fatta in superficie.

La norma di riferimento, come per altro le citate raccomandazioni AGI (1977) considerano standard sia la punta elettrica che quella meccanica le quali tuttavia presentano differenze costruite sia geometriche che meccaniche. Le principali differenze nei risultati ottenibili con i due tipi di punta riguardano soprattutto l'attrito laterale. Nel prosieguo si indica come standard la punta elettrica.

Cono, estensione e manicotto

Le principali caratteristiche del cono standard sono di seguito riportate. E' fatto obbligo, nell'impiego di punte diverse da quella standard di indicare dimensioni e caratteristiche:

- area di base 1000 mmq (tolleranze -5% + 2%);
- angolo di apertura 60° (altezza del cono compresa tra 24 e 31.2 mm);
- superficie del manicotto compresa tra 14.700 e 15.300 mm<sup>2</sup> con rugosità compresa tra 0.25 e 0.75  $\mu$ m. il diametro non deve risultare inferiore a quello del cono mentre può risultare maggiore con una tolleranza di 0.35 mm;
- estensione cilindrica  $2 \leq h_e \leq 5\text{mm}$  (senza setto poroso);  $h_e \leq 15\text{mm}$  (con setto poroso)
- rugosità del cono inferiore a 1  $\mu$ m

Per i penetrometri attrezzati per la misura della pressione dell'acqua (Piezoconi, CPTU), il setto poroso deve avere una permeabilità di 0.01 cm/s e deve essere saturato con glicerina. Il filtro può essere costituito da plastica porosa, materiale ceramico o acciaio inox sinterizzato.

### Sistema di spinta

Tale sistema consiste di:

- batteria di aste di spinta cave
- batteria di aste interne piene (solo punte telescopiche)
- dispositivo di spinta
- dispositivo di ancoraggio

### ASTE

Le aste di spinta cave sono avvitate l'una sull'altra a formare una batteria rigidamente collegata con asse rettilineo costante. La flessione nel punto centrale di un'asta di spinta lunga 1 m non deve risultare superiore a 0.5 mm per le aste inferiori e 1 mm per le altre

Sulle aste cave, di diametro esterno 36 mm, se necessario, potrà essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito del terreno lungo la batteria a non meno di m 1,00 sopra la punta.

Le aste interne, a sezione piena, sono impiegate unicamente nei penetrometri meccanici di tipo telescopico . Il diametro di tale aste deve essere da 0.5 ad 1 mm inferiore a quello interno delle aste cave. Devono scorrere con grande facilità rispetto alle aste cave.

### DISPOSITIVO DI SPINTA

Il sistema di spinta deve avere una corsa minima di 1 m e deve spingere le aste a velocità di penetrazione costante ( $20\text{mm/s} \pm 5\text{mm/s}$  indipendentemente dalla natura e dalle caratteristiche del terreno). Si utilizzerà in generale un'apparecchiatura a spinta idraulica di capacità non inferiore al piano a 20 t. L'attrezzatura di spinta deve essere ancorata o zavorrata in modo tale da non muoversi rispetto a piano campagna. Vengono utilizzati a tale scopo autocarri zavorrati per spinte fino a 20 t. In alternativa è possibile utilizzare 4 o 6 eliche di ancoraggio.

### Sensori

Le punte elettriche sono strumentate mediante celle estensimetriche per la misura continua della forza assiale agente sul cono ( $Q_c$ ) e della forza di attrito laterale agente sul manicotto ( $Q_s$ ). Per questa seconda misura è fondamentale che la cella estensimetrica sia insensibile agli sforzi normali e misuri unicamente quelli di taglio. Il piezocono è attrezzato per la misura della pressione interstiziale (u) mediante un trasduttore di pressione. Normalmente le punte elettriche hanno un fondo scala da 5 t. E' possibile utilizzare coni con due celle di carico agenti in serie e dotate di diverso fondo scala nel caso di terreni

teneri. I sensori sono condizionati da una centralina posta in superficie. Il collegamento elettrico è realizzato via cavo inserito nelle aste di spinta. La profondità è acquisita dalla centralina grazie alla presenza di un encoder collegato meccanicamente al dispositivo di spinta.

### MODALITÀ DI PROVA

Nella prova continua (velocità di infissione pari a  $20\text{mm/s} \pm 5\text{mm/s}$ ) l'infissione di ciascuna asta di spinta (lunghezza 1 m) avviene in modo continuo. E' raccomandato un rilevamento continuo delle grandezze ( $Q_c$ ,  $Q_s$  ed eventualmente  $u$ ). In ogni caso l'intervallo tra due letture deve risultare inferiore a 0.2 m.

Le misure andranno eseguite con le seguenti precisioni: non peggiore del 5% del valore misurato, non peggiore dell'1% del valore massimo di resistenza misurata nello strato attraversato. La profondità andrà rilevata con una precisione non inferiore a 0.1 m.

Può essere accettata al massimo una deviazione dalla verticale della spinta fornita dall'attrezzatura pari al 2%. Le punte penetrometriche elettriche possono essere strumentate con un inclinometro da utilizzare al fine di controllare la verticalità. L'esigenza di controllare la verticalità si pone particolarmente a profondità elevate e nei terreni molto compatti o dove la presenza di elementi lapidei grossi può causare una rilevante deviazione dalla verticale.

Le prove vanno eseguite ad almeno 1 m da una precedente verticale e/o ad almeno 25 diametri da un preesistente foro di sondaggio.

Rettilinearità delle aste di spinta, usura del cono e calibrazioni dei sensori e del sistema di acquisizione dati vanno verificati periodicamente.

Per il superamento di un tratto particolarmente resistente si potrà disporre l'esecuzione di un preforo rivestito, di diametro superiore a quello delle aste del penetrometro ( 40 - 50 mm). A tale fine è anche possibile ricorrere a penetrometri statici/dinamici (si veda il paragrafo A2.3 riguardante il Penetrometro tipo Meardi, DPT).

Nel caso di preforo di diametro superiore occorrerà disporre all'interno una tubazione di guida del diametro anzidetto, corredata di adatti centronatori.

## **2.2. Modalità di presentazione dei risultati**

Nella restituzione dei risultati occorrerà contrassegnare con la lettera R ogni grafico se l'attrezzatura e le modalità di esecuzione sono interamente in accordo con gli standards di riferimento. Si farà seguire la lettera R con una delle seguenti a seconda del tipo di penetrometro impiegato:

M=meccanico

H=idraulico

E=elettrico

Occorre inoltre indicare: le caratteristiche di fondo scala dei sensori di misura, posizione dell'eventuale filtro, data, identificazione della prova, ubicazione e ditta esecutrice.

Occorre inoltre indicare:

- La profondità alla quale un anello allargatore o aste di spinta di minore diametro sono state manovrate (parzialmente estratte e risospinte a quota) per ridurre l'attrito laterale e per ottenere quindi una maggiore penetrazione
- Ogni interruzione della normale procedura
- Osservazioni dell'operatore relative al tipo del terreno, suoni sulle aste di spinta sobbalzi per presenza di ghiaia, inconvenienti, ecc.
- Dati relativi alla esistenza ed allo spessore di riporti, o alla esistenza ed allo spessore di scavi, nonché la quota di inizio prova rispetto alla superficie del terreno originale o modificata
- La quota di piano campagna
- Eventuali letture inclinometriche
- Tutte le verifiche effettuate dopo l'estrazione
- Livello idrico nel foro dopo l'estrazione
- Eventuale profondità alla quale il foro è franato
- Eventuale riempimento del foro a fine prova

Infine occorre indicare: identificativo della punta, nome dell'operatore, date e riferimenti certificati di taratura dei sensori.

Vengono determinate le seguenti grandezze:

- 1) Resistenza alla punta  $q_c = Q_c / A_c$  ( $A_c$ =area di base del cono)
- 2) Attrito laterale locale  $f_s = Q_s / A_s$  ( $A_s$ =area del manicotto)
- 3) Spinta totale  $Q_t$  è la forza necessaria a spingere contemporaneamente nel terreno la punta e le aste
- 4) Resistenza di attrito totale  $Q_{st} = Q_t - Q_c$
- 5) Rapporto delle resistenze  $R_f(\%) = 100f_s / q_c$
- 6) Indice delle resistenze  $I_f = q_c / f_s$

Grafici, scale raccomandate:

- per la profondità: 1 unità a piacere  $x = 1$  m (in ordinate);
- per la resistenza alla punta ( $q_c$ ):  $x = 20$  Kg/cm<sup>2</sup> (2000 kN/mq, 2 MPa);
- per la resistenza laterale ( $f_s$ ):  $x = 0,5$  Kg/cm<sup>2</sup> (50 kN/m<sup>2</sup>);
- per il rapporto ( $R_f$ ):  $x = 20$  unità del rapporto.
- per la forza di attrito totale  $Q_{st}$   $x = 500$  kg (5kN).
- per la pressione dell'acqua  $u$   $x = 0.2$  kg/cmq (20 kPa).

Per il penetrometro meccanico l'elaborazione grafica dovrà essere accompagnata dalla copia delle letture ai manometri, che verranno effettuate ogni 20 cm di avanzamento, delle grandezze misurate.

I valori della resistenza penetrometrica vanno corretti per effetto della  $u$ , quando questa viene misurata, nel seguente modo:

$$q_c(\text{corr.}) = \frac{A_c}{A_N} q_k(\text{mis.}) + u(1 - a)$$

dove  $A_c$  (dove  $A_c$ =area del cono,  $A_N$ =area netta del corpo dello strumento depurata dallo spessore del manicotto).

E' inoltre consigliato procedere al filtraggio statistico dei dati ed alla correzione della profondità in base alle letture inclinometriche. Quest'ultima correzione è fattibile unicamente se si dispone delle misure inclinometriche. Il filtraggio dei dati ha lo scopo di ridurre la dispersione dei valori misurati e di pervenire ad un profilo semplificato.

Quando viene impiegata una punta con setto poroso, nel caso si eseguano misure di dissipazione della pressione neutra, dovranno essere forniti anche i grafici della pressione neutra in funzione del tempo.

Ogni rapporto anche parziale deve comprendere una chiara planimetria del sito. Vanno riportate in risalto le posizioni in cui le prove sono state effettuate e l'eventuale sequenza temporale di esecuzione di sondaggi e prove penetrometriche.

Le modalità di esecuzione delle prove penetrometriche con il cono sismico (SCPT) sono trattate nell'appendice 2B2.7.

## 2.5 Elaborati da consegnare

Una relazione tecnica che descriva le procedure seguite in triplice copia di cui due copie rilegate e una copia non rilegata. Inoltre si richiedono due copie su CD.

La relazione dovrà contenere:

- la documentazione, tabelle e grafici nelle modalità indicate al punto 2.2;
- l'interpretazione stratigrafica delle verticali analizzate
- la planimetria CTR in scala 1:5.000, ove esistente, per una visione più generale del sito d'indagine;
- in alternativa sarà utilizzata una planimetria CTR in scala 1:10.000;
- coordinate in Gauss-Boaga del sito ove è ubicata l'indagine;
- la planimetria CTR in scala 1:1000 con l'ubicazione delle indagini (vanno riportate in risalto le posizioni in cui le prove sono state effettuate e l'eventuale sequenza temporale di esecuzione di sondaggi e prove penetrometriche);

- le fotografie in originale o in digitale su floppy disk o CD relative alle varie fasi di esecuzione della prova.

### **ART. 3 - OBBLIGHI GENERALI E PARTICOLARI DELL'APPALTATORE**

L'appaltatore (l'Impresa) è tenuto contrattualmente alla esatta osservanza di tutte le disposizioni generali e particolari stabilite dalle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di tutte le altre disposizioni in materia di rapporti di lavoro.

E' fatto divieto all'appaltatore, pena la decadenza del contratto di cedere o subappaltare in tutto o in parte le indagini aggiudicatogli. Il Comune (appaltante) procederà ad una verifica delle posizioni di lavoro e contribuzione dei lavoratori.

### **ART. 4 - ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Si intendono a carico dell'Appaltatore (l'Impresa) e quindi compresi nei prezzi offerti i seguenti oneri:

- a) custodia notturna e diurna del cantiere;
- b) fornitura di tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori;
- c) sistemazione dell'area interessata dall'intervento;

### **ART. 5 - ONERI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTANTE**

A carico dell'Appaltante (il Comune) rimangono:

- g) permessi ed accessi alle aree, con segnalazione degli eventuali servizi presenti
- h) autorizzazioni alle indagini
- i) eventuali spese per la registrazione del contratto, bolli, diritti di segreteria, ecc.
- j) predisporre quanto necessario per chiudere il traffico nella zona di indagine
- k) esecuzione di scavi in presenza di massicciata stradale
- l) comunicazione alla Regione Toscana - Settore Servizio Sismico Regionale del vincitore della gara e dell'inizio delle indagini almeno quindici giorni prima dell'inizio dei lavori.

L'appaltante si impegnerà altresì a non chiedere le spese per i diritti di segreteria, di registrazione del contratto, etc.

### **ART. 6 - CONSEGNA DEI LAVORI - TEMPO UTILE - PENALE PER ILRITARDO**

L'inizio dei lavori dovrà avvenire entro 10 giorni dall'avvenuta aggiudicazione. Il tempo utile per dare i lavori compiuti è fissato in giorni 30 decorrenti dalla consegna dei lavori. Per ogni giorno di ritardo al compimento delle indagini oltre il termine sopra stabilito, l'Appaltatore sarà tenuto a pagare una somma pecuniaria di € 50,00= (cinquanta,00). A tale scopo l'Impresa dovrà dichiarare espressamente la propria disponibilità ad iniziare i lavori entro 10 giorni

dall'avvenuta aggiudicazione ed a concluderli entro il..... Eventuali rinvii della conclusione dei lavori devono essere assentiti dall'Amministrazione Comunale in relazione alle avverse condizioni atmosferiche.

#### **ART. 7 - PAGAMENTI E COLLAUDO**

Il pagamento sarà effettuato in un'unica rata alla fine dei lavori, dopo l'avvenuta approvazione del Certificato di Regolare Esecuzione che deve essere emesso dall'Ufficio Tecnico del Comune di \_\_\_\_\_ non oltre un mese dalla data di ultimazione dei lavori stessi a seguito di parere favorevole della Regione Toscana e dei referenti scientifici.

#### **ART. 8 - AGGIUDICAZIONE - ELENCO PREZZI**

Le indagini saranno appaltate dal Comune mediante le procedure di aggiudicazione che riterrà più opportune.

Si sottolinea che l'esigenza di dover rispettare gli standard di qualità e le procedure tecniche indicate nelle Istruzioni Tecniche regionali, prefigura di valutare l'offerta con un ribasso massimo del 10 %.

I lavori saranno valutati a misura in base ai prezzi unitari di seguito offerti e l'importo degli stessi non potrà superare la somma di € \_\_\_\_\_ I.V.A. compresa (*costo specificato nella tabelle allegate*).

L'elenco dei prezzi per la valutazione dei costi per le indagini è su base regionale, in relazione all'attività VEL (Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello e Amiata), per cui le singole voci sono valutate su ampia scala e non sono mediate. I relativi prezzi di riferimento sono stati indicati come tetto massimo su base regionale e sono stati valutati stimando le condizioni logistiche più difficoltose.

### **ELENCO PREZZI UNITARI**

#### **Prova penetrometrica statica (CPT)**

Trasporto, impianto cantiere e relazione tecnica (a verticale)	€	100
Riperforazione a vuoto di eventuali tratti perforati con modalità statica, al ml	€	7
Perforazione , comprese elaborazione grafica con diagramma di Rp, RI, Ft, Rp/Rf, colonna stratigrafica e valori derivati al ml	€	13
Prelievo di campioni indisturbati con fustella tipo Shelby Ø60-80mm, compresa ripostazione cad.	€	143
Tubo piezometrico in p.v.c.	€	3





## **Capitolato per indagini geofisiche: Down-Hole**

REGIONE  
TOSCANA



**CAPITOLATO PER INDAGINI GEOFISICHE:  
DOWN-HOLE**

INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE PER LA  
CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI FINI  
DELL'ADEGUAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI  
SCOLASTICI

COMUNE  
DI

.....

**FOGLIO PREZZI PATTI E CONDIZIONI**

**ART.1 - OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto ha per oggetto:

- l'esecuzione di n.... prospezioni sismiche in foro tipo down-hole con misura delle onde P e SH,  
per un importo massimo pari a € ..... + I.V.A.

I lavori indicati sono stati definiti dalla Regione Toscana (Settore – Servizio Sismico Regionale del Direzione Generale delle Politiche Territoriali ed Ambientali) con i referenti scientifici delle convenzioni regionali. Il programma dettagliato delle indagini ed il relativo costo sono specificati nella schede e relative Tabele.

Eventuali variazioni potranno essere previste in corso d'opera previo parere favorevole della Regione Toscana – Settore Servizio Sismico Regionale e dei referenti scientifici.

All'impresa si richiedono di effettuare le seguenti indagini geofisiche:

1. n° ... prospezione di sismica in foro tipo down-hole con misura delle onde P e SH:

per complessivi ml ...

**ART.2 - DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'APPALTO**

Le indagini previste dovranno essere condotte nelle modalità e con la strumentazione descritta nelle "Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, e indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche finalizzate alla valutazione di effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana" predisposte a cura della Regione Toscana.

### 2.3 Prospezione sismica in foro tipo down-hole

Per questo tipo di indagine l'Impresa aggiudicatrice è tenuta ad approntare attrezzature idonee ad eseguire prove sismiche in foro di tipo "down hole" per la misura della velocità delle onde sismiche compressionali (VP) e di quelle trasversali (VSH) in foro di sondaggio, appositamente attrezzato con tubi a sezione circolare in ABS o PVC, di spessore maggiore o uguale a 3.0 mm, lunghezza minima degli spezzoni di 3 metri, assemblati mediante filettatura a vite ed eventuali manicotti di giunzione e muniti di tappi di testa e fondo foro. Infine il foro deve essere cementato in corrispondenza dello spazio anulare compreso tra le pareti e il tubo di rivestimento.

La strumentazione necessaria è la seguente:

- sismografo registratore multicanale in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica su floppy disk, CD o su HD e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Poiché è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra (per quanto riguarda le acquisizioni in onde SH) deve essere utilizzata una strumentazione che preveda la funzione "inversione di polarità".
- Il sistema di ricezione si deve comporre di due (o più) ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale e collocati all'interno di un unico contenitore (preferibilmente di forma cilindrica) di lunghezza non superiore ai 450 mm, in modo che uno dei tre trasduttori sia orientato secondo la lunghezza del contenitore (trasduttore verticale) e gli altri ad esso perpendicolari (trasduttori orizzontali). I trasduttori devono possedere appropriate caratteristiche di frequenza e sensibilità tali da potere ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno d'onde che si propaga all'interno del mezzo. I ricevitori devono essere collegati, secondo la loro lunghezza, in modo di fissarne la distanza verticale (compresa tra 1 e 3 m) e l'orientazione relativa (in modo che i trasduttori orizzontali siano paralleli e concordi a due a due) e in modo tale da potere anche controllare dalla superficie l'orientazione assoluta. Bisogna porre particolare attenzione al fatto che i sistemi previsti per mantenere costanti le distanze e per garantire l'isorientazione dei geofoni non producono interazione sismica tra i due sensori. E' necessario adottare un adeguato sistema di ancoraggio per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento.

- Il trigger, che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. L'attivazione del circuito per individuare l'istante di energizzazione deve, all'atto delle sollecitazioni ripetute, consentire una differenza di chiusura non superiore a 0.5 msec.
- cavi sismici multipolari;
- dispositivo di energizzazione per la generazione di onde P e di onde SH. Il dispositivo di energizzazione deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali). Per generare le onde di compressione P, si utilizzeranno i metodi classici quali caduta di un grave, cannoncino, mazza, etc.. Dovranno comunque essere evitati sistemi in grado di generare vibrazioni e/o rimbalzi durante la generazione del segnale, in grado di inficiare la lettura del segnale per l'intero sismogramma richiesto. Per generare le onde SH la sorgente è generalmente costituita da un parallelepipedo di legno e di forma tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con una generazione di onde P anch'esso trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono inferiori a 10-2 % e decrescono con la profondità. E' necessario un buon accoppiamento fra parallelepipedo e terreno cosa che si ottiene facilmente in terreni a granulometria fine, nel caso viceversa di presenza di terreni a granulometria più grossolana sarà necessario approntare delle piazzole realizzando uno strato di materiale fine al contatto con il parallelepipedo energizzante. Sono da evitare come punti di energizzazione zone in cui affiorano rocce compatte e superfici bitumate. Va tenuto conto che minore è la superficie di accoppiamento parallelepipedo-terreno, più pulito e ricco in alte frequenze sarà il segnale, d'altra parte soprattutto con superfici di contatto ridotte è necessario verificare che il parallelepipedo non si infossi nel terreno poiché in tal caso si produrrebbero onde di compressione.

L'Impresa esecutrice della prova down-hole, prima dell'avvio della fase di acquisizione, è tenuta ad effettuare un controllo sull'accessibilità del foro per tutta la profondità e, qualora vengano rilevate difformità con la profondità segnalata dalla Direzione lavori a conclusione della perforazione, è tenuta a segnalare tale problematica all'Amministrazione appaltante.

Viene riprodotta la sollecitazione e quindi ripetuta la prova ad una profondità inferiore (o superiore se si procede dal basso verso l'alto) di non più di 1 m, e comunque non meno di 40-50 cm, abbassando (o sollevando) i ricevitori.

Raggiunto il fondo (o la sommità) del foro, la prova viene ripetuta questa volta procedendo nel verso opposto ad intervalli di 4-5 m.

Il tempo di registrazione deve essere pari ad 1 sec, mantenendo il miglior passo di campionamento possibile. Tale esigenza deriva dalla possibilità di utilizzare i dataset sismici acquisiti in assetto down-hole per estensioni delle indagini attraverso differenti modalità interpretative, come la tecnica sperimentale VSP (Vertical Seismic Profiling).

I tempi di arrivo ai geofoni delle onde P ed SH, corretti in funzione della distanza del punto di battuta dal foro di sondaggio, cioè i tempi di propagazione dell'onda elastica secondo l'asse del perforo, vengono posti su un diagramma in funzione della profondità cui è collocato il sensore.

Il cambiamento di pendenza delle rette di regressione dei tempi di arrivo permette di individuare i vari strati di terreno ed i relativi valori delle velocità Vp e Vs.

Le velocità Vp e Vs dovranno inoltre essere stimate secondo la procedura "descritta nelle Istruzioni Tecniche regionali allegate al presente capitolato (Sezione 2, par. 2B2.3.2).

*Per le indagini di tipo down-hole dovrà essere fornita:*

In questo tipo di prova è fondamentale fornire non solo il risultato finale, cioè la velocità di propagazione delle onde SH e P al variare della profondità, ma anche il dato grezzo che è stato misurato dai trasduttori dei ricevitori e il criterio di elaborazione e interpretazione adottato.

Quindi questo tipo di prova deve essere accompagnato da una relazione comprendente:

*1. Una relazione generale in cui sono specificati:*

- a) obiettivi delle indagini e contesto geologico delle aree investigate desunte dal programma preliminare redatto dalla Regione Toscana e fornito al Committente;
- b) Piano di sicurezza dell'Impresa (se richiesto dalla vigente normativa) e Piano di controllo di qualità qualora l'Impresa sia certificata;
- c) risultati delle indagini ed eventuali osservazioni. Devono essere riportate in particolare:
  - note in merito alla modalità di esecuzione della cementazione del foro e alla qualità della stessa in relazione alla prova DH;

- rispondenza delle caratteristiche tecniche della prova DH a quelle previste dalle Istruzioni Tecniche; la lunghezza di registrazione, nonché tutte le altre caratteristiche tecniche di acquisizione, andranno chiaramente espresse in relazione.

La relazione generale (Appendice 2B2a) deve essere consegnata al Servizio sismico della Regione Toscana in n.3 copie cartacee, di cui due copie rilegate e una copia non rilegata e n.2 copie su CD-Rom. Inoltre, nel caso in cui l'Amministrazione Appaltante non sia la Regione Toscana, ma un Ente Locale si invita l'Impresa ad inviare una quarta copia cartacea al Comune di riferimento.

2. *Una relazione tecnica con documentazione, tabelle e grafici da cui risulti per ciascuna prova:*

- a) la descrizione delle procedure eseguite e della strumentazione utilizzata;
- b) le modalità di esecuzione, di rivestimento e di cementazione adottate, ed in particolare le dimensioni geometriche del rivestimento, la composizione della miscela iniettata, la massima pressione di iniezione, la portata e l'attrezzatura utilizzata e soprattutto la quantità di miscela adoperata.
- c) la strumentazione adottata;
- d) le profondità a cui sono state effettuate le prove e la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro;
- e) la planimetria CTR in scala 1:5000, ove esistente, per un inquadramento di massima e per una visione più generale del sito di indagine e della prova down-hole. In alternativa sarà utilizzata una planimetria CTR in scala 1:10000 (Appendice 2B2b);
- f) la planimetria su base CTR 1:2000 ingrandita in scala 1:1000 con l'ubicazione della prova down-hole fornendo anche le coordinate Gauss-Boaga del foro, al fine di agevolarne la georeferenziazione. Inoltre si richiede sulla planimetria anche il posizionamento del punto di energizzazione in superficie (Appendice 2B2c);
- g) i segnali registrati dai trasduttori dei ricevitori e il corrispondente segnale di trigger, specificando per ciascuno di essi la profondità di prova, la direzione relativa e assoluta dei trasduttori dei ricevitori e il ricevitore d'appartenenza; i segnali dovranno essere disponibili sia in forma cartacea, come grafici in cui sull'asse delle ascisse sia riportato il tempo (in *ms*) e sull'asse delle ordinate il segnale (in *mV*), sia in forma numerica su supporto CD; in alternativa alla stampa di tutti i sismogrammi relativi alle diverse profondità di misura sarà possibile allegare la stampa delle tracce assemblate attraverso apposito software di elaborazione geofisica (Appendice 2B2d), di cui andrà fornita una accurata descrizione delle caratteristiche in relazione; l'opzione di fornire il dato in forma aggregata è vivamente consigliata poiché permette la visualizzazione globale dell'andamento dei segnali in funzione della profondità, agevolando l'interpretazione ed elaborazione dati ed il relativo controllo di qualità; Sebbene sia richiesta una lunghezza di registrazione

pari ad 1 secondo, il sismografo dovrà essere settato in visualizzazione con una lunghezza tale da permettere il chiaro riconoscimento del trend dei primi arrivi;

- h) una tabella che riporti i tempi d'arrivo originali e quelli corretti in funzione della profondità di misura (Appendice 2B2e);
- i) un diagramma (Appendice 2B2f) che riporti le dromocrone ricavate, dove sull'asse delle ascisse è riportato il tempo di arrivo corretto (in  $s$ ) e sull'asse delle ordinate la profondità di misura in funzione della profondità (in  $m$ ), con indicazione dei segmenti interpolanti i punti di misura, dalla cui pendenza si ricava la velocità di propagazione (da riportare chiaramente);
- j) un diagramma ad istogrammi (Appendice 2B2g) in cui vanno riportate le velocità calcolate (in  $m/s$ ) in funzione della profondità (in  $m$ );
- k) la documentazione fotografica relativa alle fasi di esecuzione della prova down-hole. Sarà opportuno che risultino visibili gli strumenti di energizzazione e il contesto ambientale.

Nell'Appendice 2B2 si riportano degli esempi relativi ai punti e), f), g), h), i) e j) sopra elencati.

La relazione tecnica di cui al punto 2. deve essere consegnata al Servizio sismico della Regione Toscana in n.3 copie cartacee, di cui due copie rilegate e una copia non rilegata e n.2 copie su CD-Rom. Inoltre, nel caso in cui l'Amministrazione Appaltante non sia la Regione Toscana, ma un Ente Locale si invita l'Impresa ad inviare una quarta copia cartacea al Comune di riferimento.

### *3. Le registrazioni di campagna*

Si richiede, in triplice copia, la consegna dei dati di registrazione su supporto CD.

La consegna delle stampe originali di campagna su supporto cartaceo:

1. E' un requisito essenziale per la valutazione da parte della Regione Toscana dei risultati. La mancanza dei dati originali di acquisizione e di stampa delle registrazioni è una grave inadempienza contrattuale, tale da non consentire il pagamento degli onorari così come indicato all'art. 7; si ricorda comunque che, come riportato al precedente punto "g", in alternativa alla stampa di tutti i sismogrammi relativi alle diverse profondità di misura sarà possibile allegare la stampa delle tracce assemblate attraverso apposito software di elaborazione geofisica, di cui andrà fornita una accurata descrizione delle caratteristiche in relazione;
2. Deve essere trasmessa alla Regione Toscana entro una settimana dall'acquisizione al fine di procedere a preliminari valutazioni che saranno tempestivamente comunicate al professionista.



### **ART.3 - OBBLIGHI GENERALI E PARTICOLARI A CARICO DELL'APPALTATORE**

L'appaltatore (l'Impresa) è tenuto contrattualmente alla esatta osservanza di tutte le disposizioni generali e particolari stabilite dalle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di tutte le altre disposizioni in materia di rapporti di lavoro.

E' fatto divieto all'appaltatore, pena la decadenza del contratto di cedere o subappaltare in tutto o in parte le indagini aggiudicatogli. Il Comune (appaltante) procederà ad una verifica delle posizioni di lavoro e contribuzione dei lavoratori.

### **ART.4 - ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Si intendono a carico dell'appaltatore (l'Impresa) e quindi compresi nei prezzi offerti seguenti oneri:

- fornitura di tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori.

### **ART.5 - ONERI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTANTE**

A carico dell'Appaltante (il Comune di ..... ) rimangono:

- permessi ed accessi alle aree
- autorizzazioni alle prospezioni
- predisporre quanto necessario al fine di ridurre il rumore di fondo (chiusura o limitazione del traffico e possibile sospensione delle attività lavorative) nelle zone di indagine al momento della loro esecuzione,
- consegna preventiva della cartografia di tipo geologico disponibile
- comunicazione alla Regione Toscana Settore – Servizio Sismico Regionale del vincitore della gara e dell'inizio delle indagini almeno quindici giorni prima dell'inizio dei lavori.

### **ART.6 - CONSEGNA DEI LAVORI - TEMPO UTILE - PENALE PER IL RITARDO**

I lavori dovranno essere e conclusi entro il \_\_\_\_\_. Per ogni giorno di ritardo al compimento delle indagini oltre il termine stabilito, l'appaltatore sarà tenuto a pagare una somma pecunaria di € 50,00= (cinquanta,00). Eventuali rinvii della conclusione dei lavori devono essere assentiti dal Comune di ..... in relazione alle avverse condizioni atmosferiche.

### **ART.7 - PAGAMENTI E COLLAUDO**

Il pagamento sarà effettuato in un unica rata alla fine dei lavori, dopo l'avvenuta approvazione del Certificato di Regolare Esecuzione che deve essere emesso dall'Ufficio Tecnico del Comune non oltre un mese dalla ultimazione dei lavori

stessi a seguito di parere favorevole della Regione Toscana e dei referenti scientifici (tra i requisiti essenziali si ricorda la consegna delle registrazioni di campagna con le modalità indicate all'art.2.).

A tal fine il professionista incaricato deve tempestivamente trasmettere alla Regione Toscana, Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali, Settore – Servizio Sismico Regionale, via S. Slataper n.2/8 , 50134 Firenze, gli elaborati ed i file di cui al paragrafo 3 dell'articolo 2.

Per il Programma VEL la Regione Toscana ha predisposto una serie di definizioni per valutare la qualità dei dati acquisiti ai fini di una loro possibile utilizzazione per un'attendibile interpretazione ai fini geologici. La valutazione dei risultati sarà effettuata da referenti scientifici incaricati dalla Regione Toscana, i quali dovranno rispettare, nelle loro valutazioni, i seguenti parametri:

*Valutazione delle registrazioni:* la chiara lettura del segnale costituisce l'elemento essenziale per procedere alle successive operazioni di interpretazione ed elaborazione, pertanto il segnale di tutte le registrazioni si deve leggere per tutte le tracce e per tutti i punti di misura.

*Valutazione della congruenza tra dromocrone ed i dati di registrazione:* il presupposto della congruenza è la buona individuazione del primo arrivo, pertanto le dromocrone devono essere perfettamente congruenti con i dati di registrazione.

*Valutazione della congruenza tra l'interpretazione sismostratigrafica e le dromocrone:* nella fase di interpretazione devono essere rispettati il numero degli strati evidenziati nelle dromocrone ed analizzate le eventuali variazioni di velocità e profondità dei singoli sismostrati, pertanto l'interpretazione sismostratigrafica deve essere perfettamente congruente con le dromocrone.

Le seguenti definizioni, sono state predisposte dal Prof. P. Signanini del Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Chieti, sulla base di una specifica richiesta dei tecnici regionali e degli esperti del Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, per una possibile utilizzazione dei dati consegnati dall'Impresa ai fini di un'attendibile interpretazione ai fini geologici. Finalità per la quale sono state previste le indagini di sismica a rifrazione.

#### 1. Valutazione delle registrazioni

La chiara lettura del segnale costituisce l'elemento essenziale per procedere alle successive operazioni d'interpretazione ed elaborazione. A tal fine si individuano quattro classi di valutazione:

- ⇒ **A:** il segnale di tutte le registrazioni si legge fino in fondo, ivi compreso quello degli ultimi geofoni. Si può procedere alla ricostruzione delle dromocrone e l'interpretazione geologica è possibile.
- ⇒ **B:** il segnale di quasi tutte le registrazioni, si legge fino in fondo e solo talora appaiono disturbati i segnali degli ultimi geofoni per mancanza di energia. Si può procedere alla ricostruzione delle dromocrone e l'interpretazione geologica è possibile con qualche approssimazione.

- ⇒ **C**: il segnale di gran parte delle registrazioni, si riesce a leggere facilmente solo per circa 2/3 delle tracce. Risulta difficoltosa la ricostruzione delle dromocrone e l'interpretazione geologica non è possibile, se non con molte approssimazioni.
- ⇒ **D**: il segnale nella maggior parte delle registrazioni, si riesce a leggere per meno della metà delle tracce. Risulta impossibile la ricostruzione delle dromocrone e l'interpretazione geologica non è accettabile, perché le approssimazioni sarebbero elevate.

## 2. Valutazione della congruenza tra dromocrone ed i dati di registrazione

Il presupposto della congruenza è la buona individuazione del primo arrivo, a tal fine s'individuano due possibili classi di valutazione:

- ⇒ **A**: le dromocrone sono perfettamente congruenti con i dati di registrazione
- ⇒ **B**: le dromocrone non sono perfettamente congruenti, tale incongruenza può variare fino a risultare tale da richiedere il rifacimento delle operazioni d'elaborazione e d'interpretazione.

## 3. Valutazione della congruenza tra l'interpretazione sismostratigrafica e le dromocrone

Nella fase d'interpretazione, devono essere rispettati il numero degli strati evidenziati nelle dromocrone ed analizzate le eventuali variazioni di velocità e profondità dei singoli sismostrati.

Vengono in tal senso individuate tre classi di valutazione:

- ⇒ **A**: l'interpretazione sismostratigrafica è perfettamente congruente con le dromocrone.
- ⇒ **B**: l'interpretazione sismostratigrafica è parzialmente congruente con le dromocrone. E' necessario affinare l'interpretazione.
- ⇒ **C**: l'interpretazione sismostratigrafica è incongruente con le dromocrone. E' necessario rifare l'interpretazione

Si precisa che l'autorizzazione al pagamento verrà data solo se la prova sarà effettuata conformemente a quanto prescritto nelle Istruzioni Tecniche Regionali (paragrafo B.1.5), contestualmente per i risultati relativi ai dati in P e in SH. Nel caso in cui non si verifichino le suddette condizioni verranno richieste ulteriori elaborazioni e, se il dato non è in nessun modo utilizzabile, la nuova acquisizione.

## ART. 8 - AGGIUDICAZIONE - ELENCO PREZZI

Le indagini saranno appaltate dal Comune mediante le procedure di aggiudicazione che riterrà più opportune.

I lavori saranno valutati a misura in base ai prezzi unitari di seguito offerti e l'importo degli stessi non potrà superare la somma di **€ ..... + I.V.A.**

*(Nota per il Comune: i prezzi unitari sono riportati nelle tabella di seguito).*

L'elenco dei prezzi per la valutazione dei costi per le indagini è su base regionale, in relazione all'attività VEL (Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello e Amiata), per cui le singole voci sono valutate su ampia

scala e non sono mediate. I relativi prezzi di riferimento sono stati indicati come tetto massimo su base regionale e sono stati valutati stimando le condizioni logistiche più difficoltose.

#### ELENCO PREZZI UNITARI

##### **Indagine di tipo down hole**

	IVA 20% esclusa
Prospezione sismica in foro tipo down-hole con onde P e SH al ml.....	€. 38,00
Spostamento e approntamento squadra geofisica. approntamento di attrezzatura per prove geofisiche compreso il trasporto e ritrasporto, il carico e lo scarico delle attrezzature stesse , eseguito con le prescrizioni e gli oneri previsti. Spese di vitto e alloggio per tutta la campagna di indagine	€. 83,00

**Capitolato per indagini geofisiche:  
sismica a rifrazione con onde P e SH**

REGIONE  
TOSCANA



**CAPITOLATO PER INDAGINI GEOFISICHE: SISMICA A  
RIFRAZIONE CON ONDE P E SH**

COMUNE  
DI

PROGRAMMA VEL  
INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE PER LA  
CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

.....  
.....

**FOGLIO PREZZI PATTI E CONDIZIONI**

**ART.1 - OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto ha per oggetto:

1. l'esecuzione di indagini geofisiche di sismica a rifrazione con onde P ed SH;  
per un importo massimo pari a € ..... + I.V.A.

I lavori indicati sono stati definiti dalla Regione Toscana (Servizio Sismico Regionale della Direzione Generale Politiche Territoriali ed Ambientali) con i referenti scientifici delle convenzioni regionali. Il programma dettagliato delle indagini e la cartografia sono indicati nel programma preliminare.

Eventuali variazioni potranno essere previste in corso d'opera previo parere favorevole della Regione Toscana – Servizio Sismico Regionale e dei referenti scientifici.

Relativamente all'ubicazione delle linee sismiche è necessario che l'operatore che eseguirà le indagini faccia una preliminare valutazione sulla posizione delle linee al fine di ottenere quei requisiti di qualità indicati nel capitolato di appalto. Nel caso in cui non si verifichino tali condizioni, l'operatore dovrà contattare la Regione toscana - Servizio Sismico Regionale per concordare le modifiche.

A tal fine nella cartografia allegata alla scheda vengono indicate le posizioni delle stese sismiche con linee di colore blu.

All'impresa si richiedono di effettuare le seguenti indagini geofisiche:

2. n° ... prospezioni di sismica a rifrazione con onde P e SH, 24 geofoni,  
minimo 7 punti di energizzazione, della lunghezza:

ST.... ml ....  
ST.... ml ....  
ST.... ml ....  
ST.... ml ....  
ST.... ml ....  
ST.... ml ....

(Nota per il Comune:  
la sigla identificativa delle linee sismiche, la  
lunghezza e l'ubicazione delle singole stese  
sono specificate nelle schede allegate)

ST.... ml ....

per complessivi ml ....

## **ART.2 - DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'APPALTO**

Le indagini previste dovranno essere condotte nelle modalità e con la strumentazione descritta nelle "Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, e indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche finalizzate alla valutazione di effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana" alla Sezione 2 predisposte a cura della Regione Toscana.

Di seguito si descrivono le procedure distinguendo la prova per le onde P da quella con le onde SH solo per un aspetto di forma. I punti di energizzazione per le onde P e SH devono essere coincidenti. Le acquisizioni in onde P e SH dovranno essere effettuate nel corso della medesima giornata, a meno di condizioni particolari, autorizzate dalla Regione Toscana. Di norma, la pratica comune prevede che l'acquisizione in onde P (generalmente meno problematica in contesti urbanizzati e logisticamente difficoltosi come i siti indagati dal Programma Regionale VEL) debba precedere l'omologa acquisizione in onde SH.

### **2.1. Prescrizioni per le indagini di sismica a rifrazione con onde P**

Le prospezioni sismiche dovranno essere effettuate con l'impiego di strumenti aventi le seguenti caratteristiche minime: 24 tracce a cumulabilità di impulsi (canali), lunghezza di registrazione fino a 1 sec, acquisizione digitale dei dati minimo a 16 bit, filtri per l'eliminazione delle interferenze derivanti da linee di tensione, filtri in acquisizione ed in uscita, display in grado di visualizzare simultaneamente le 24 tracce o tracce selezionate, essere strumentato per la stampa istantanea delle registrazioni, registrazione su floppy disk, su CD o su HD.

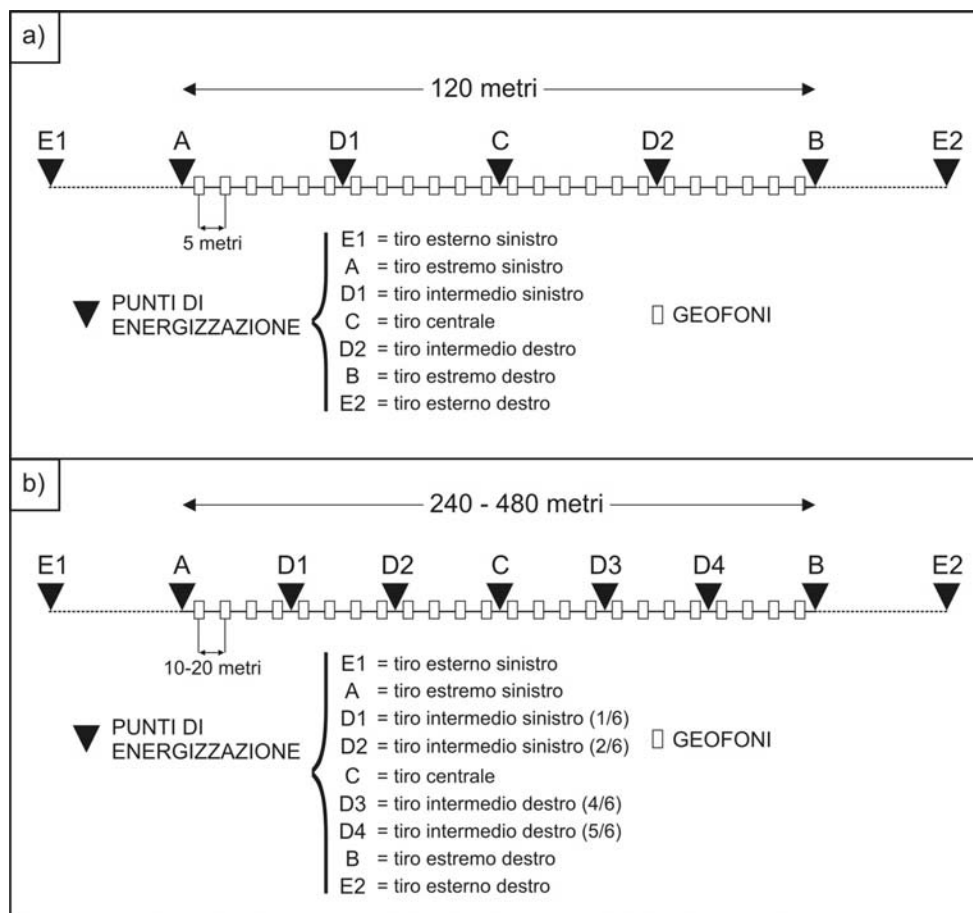
Le registrazioni dovranno essere stampate in campagna subito dopo l'acquisizione. Qualora il sismografo non sia dotato di stampante incorporata sarà possibile avvalersi di una stampante esterna. In qualunque caso la stampa dei sismogrammi dovrà essere effettuata direttamente in campagna al momento successivamente all'acquisizione. Sarà necessario, inoltre, accertare che la strumentazione sia settata correttamente per quanto riguarda l'ora e la data della registrazione.

Nel caso in cui la stampa di campagna non permetta di risalire correttamente alla data e all'ora dell'acquisizione, la Regione Toscana procederà all'annullamento del pagamento alla Ditta esecutrice.

Per i sismografi che non indicano nel film di stampa delle registrazioni il numero di stacks effettuati, dovrà essere fornita nella relazione una tabella che indichi per ogni acquisizione tale informazione.

L'esecuzione della prova deve essere preceduta da una fase preparatoria durante la quale vengano realizzate le piazzole per il posizionamento dei sistemi energizzanti e vengano preparati gli strumenti di registrazione.

I geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 4 e 14 HZ, in numero di 24, saranno disposti ad una distanza intergeofonica di 5m sulla stesa di 120 e di 10m sulla stesa di 240 come indicato, a titolo di esemplificativo, in figura 2B1.



**Figura 2B1** – Esempio di array sismico per una base di 120 m (a) e 240 m (b) con sistema ricevente composto da 24 geofoni

Eventuali modifiche della geometria di acquisizione potranno essere previste dalla Regione Toscana Settore Servizio Sismico Regionale, previa comunicazione.

Eventuali basi sismiche consecutive dovranno essere sovrapposte, verificata la fattibilità logistica per distanza pari ad almeno 3 spaziature intergeofoniche.

Nel caso di substrato particolarmente profondo dovranno essere effettuati “tiri” di copertura aggiuntivi ai 7 minimi previsti conformemente alle condizioni logistiche ed alle possibilità di energizzazione. La disposizione geometrica di tali tiri sarà concordata preventivamente con la Regione Toscana Servizio Sismico Regionale.

Eventuali variazioni della lunghezza della linea sismica e/o dell’interasse tra i geofoni, imposte dalle condizioni logistico-morfologiche locali o rese necessarie dai primi risultati acquisiti, saranno richieste e concordate sentito il parere della Regione Toscana.



Le registrazioni devono risultare chiare e tali da consentire univoche individuazioni dei primi arrivi, pertanto devono essere privilegiate registrazioni ad un solo stack, evitando la sommatoria (signal enhancement) che “sporca” il segnale in quanto somma il rumore di fondo. Tuttavia, in ambito VEL le prospezioni saranno realizzate prevalentemente in zone urbanizzate con elevato rumore di fondo (acquedotti, fognature, cavi per l’energia elettrica, caldaie, traffico veicolare, particolari attività lavorative con macchinari ed utensili). Il Comune provvederà a limitare il traffico, possibilmente a ridurre gli altri rumori. L’impresa al fine di consentire la chiara individuazione dei primi arrivi, dovrà eseguire più battute. Nel caso, nonostante le attenzioni per la limitazione del rumore di fondo e l’effettuazione di un numero adeguato di stacks (di norma non inferiore a 50 battute), questo fosse comunque elevato e tale da non consentire una registrazione di qualità, l’impresa deve sospendere i lavori e comunicare le difficoltà alla Regione Toscana –Settore - Servizio Sismico Regionale per concordare le possibili soluzioni.

Nel caso, nonostante le attenzioni per la limitazione del rumore di fondo, questo fosse ancora elevato e tale da non consentire una registrazione di qualità, l’impresa deve sospendere i lavori e comunicare, ai sensi dell’ art. 1, le difficoltà alla Regione Toscana – Servizio Sismico Regionale per concordare le possibili soluzioni.

Per la generazione in onde P, la sorgente è generalmente costituita da un grave in caduta libera (massa da 150 kg o superiore), secondariamente se la logistica non lo consente, può essere utilizzato il cannoncino industriale (tipo “minibang” o similari) ed eventualmente la mazza sismica. Dovranno comunque essere evitati sistemi in grado di generare vibrazioni e/o rimbalzi durante la generazione del segnale, in grado di inficiare la lettura del segnale per l’intero sismogramma richiesto.

Per ogni base sismica si richiede un minimo di 7 registrazioni ("scoppi" o "tiri"):

Esterno sinistro	Estremo sinistro	Intermedio sinistro	Centrale	Intermedio destro	Estremo destro	Esterno destro
------------------	------------------	---------------------	----------	-------------------	----------------	----------------

Per le linee di lunghezza pari a 240 m verranno eseguiti ulteriori due scoppi per un totale complessivo di 9 scoppi. Tali tiri dovranno essere effettuati nelle posizioni intermedie secondo il seguente schema:

Est. sx	Estr. sx	Interm. a 1/6	Interm. a 2/6	Centr.	Interm. a 4/6	Interm. a 5/6	Estr. dx	Est. dx
---------	----------	---------------	---------------	--------	---------------	---------------	----------	---------

I “tiri” estremi (A e B) dovranno essere ubicati ad una distanza dal primo e dall’ultimo geofono pari alla metà della distanza intergeofonica utilizzata. Per quanto riguarda i "tiri" esterni alla base sismica (E1 ed E2) saranno posizionati, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, ad una distanza pari alla semilunghezza della base stessa. E' ovvio che a seconda delle diverse problematiche logistiche e delle finalità specifiche di ogni singola prospezione,

per gli scoppi esterni verranno stabiliti dagli Uffici Regionali delle distanze minime dai geofoni 1 e 24.

Il tempo di registrazione deve essere pari ad 1 sec, mantenendo il miglior passo di campionamento possibile. Tale esigenza deriva dalla possibilità di utilizzare i dataset sismici acquisiti per estensioni delle indagini attraverso differenti modalità interpretative.

La posizione della linea sismica sarà segnalata su cartografia numerica georeferenziata in scala 1:5.000 per una visione più generale del sito di indagine e dello stendimento, e su cartografia numerica georeferenziata in scala 1:1000 con l'indicazione circa la posizione dei geofoni e le energizzazioni interne ed esterne alla linea. Le quote dei vari geofoni saranno rilevate dall'Impresa anche con metodi speditivi (livellazione) con riferimento alla quota più vicina riportata sulla cartografia.

Dovranno essere fornite le foto relative ad ogni stesa sismica da cui risulti visibile l'intera linea, la posizione dei singoli geofoni, i punti e gli strumenti di energizzazione ed il contesto ambientale.

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 con particolare riferimento al caso di morfologie ondulate sia della superficie topografica sia dei rifrattori, come ad esempio il "metodo reciproco" ed il "metodo reciproco generalizzato".

## **2.2 – Prescrizioni per le indagini di sismica a rifrazione con onde SH**

Le prospezioni sismiche dovranno essere effettuate con l'impiego di strumenti aventi le seguenti caratteristiche minime: 24 tracce a cumulabilità di impulsi (canali), lunghezza di registrazione fino a 1 sec, acquisizione digitale dei dati minimo a 16 bit, filtri per l'eliminazione delle interferenze derivanti da linee di tensione, filtri in acquisizione ed in uscita, display in grado di visualizzare simultaneamente le 24 tracce o tracce selezionate, sistema per l'effettuazione dell'inversione di inversione di polarità nell'acquisizione in onde SH, essere strumentato per la stampa istantanea delle registrazioni, registrazione su floppy disk, su CD o su HD.

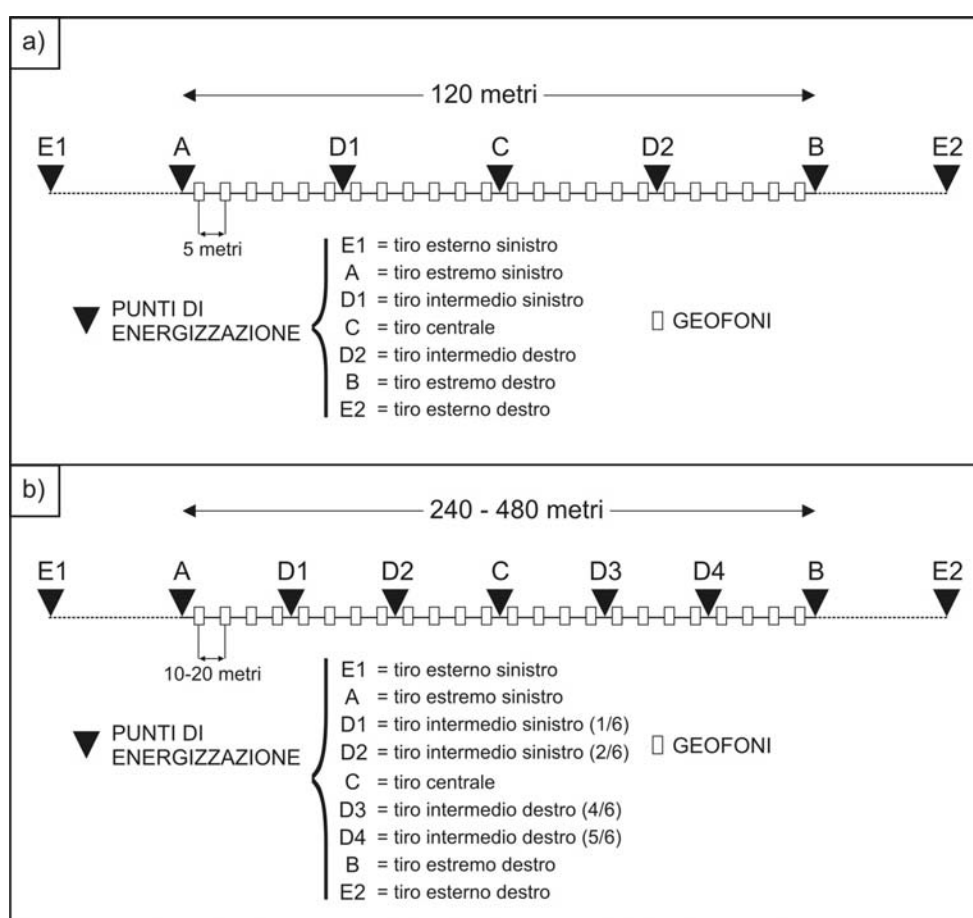
Le registrazioni dovranno essere stampate in campagna subito dopo l'acquisizione. Qualora il sismografo non sia dotato di stampante incorporata sarà possibile avvalersi di una stampante esterna. In qualunque caso la stampa dei sismogrammi dovrà essere effettuata direttamente in campagna al momento successivamente all'acquisizione. Sarà necessario, inoltre, accertare che la strumentazione sia settata correttamente per quanto riguarda l'ora e la data della registrazione. Poiché è necessario eseguire la differenza tra la traccia relativa alla battuta destra e quella della battuta sinistra è necessaria una strumentazione che preveda la funzione "*inversione di polarità*".

Nel caso in cui la stampa di campagna non permetta di risalire correttamente alla data e all'ora dell'acquisizione, la Regione Toscana procederà all'annullamento del pagamento alla Ditta esecutrice.

Per i sismografi che non indicano nel film di stampa delle registrazioni il numero di stacks effettuati, dovrà essere fornita nella relazione una tabella che indichi per ogni acquisizione tale informazione.

L'esecuzione della prova deve essere preceduta da una fase preparatoria durante la quale vengano realizzate le piazzole per il posizionamento dei sistemi energizzanti e vengano preparati gli strumenti di registrazione.

I geofoni orizzontali a frequenza propria variabile tra 4,5 e 15 HZ, in numero di 24, saranno disposti ad una distanza intergeofonica di 5m sulla stesa di 120 e di 10m sulla stesa di 240 come indicato, a titolo di esemplificativo, in figura 2B1.



**Figura 2B1** – Esempio di array sismico per una base di 120 m (a) e 240 m (b) con sistema ricevente composto da 24 geofoni

Eventuali modifiche della geometria di acquisizione potranno essere previste dalla Regione Toscana Settore Servizio Sismico Regionale, previa comunicazione.

Eventuali basi sismiche consecutive dovranno essere sovrapposte, verificata la fattibilità logistica per distanza pari ad almeno 3 spaziature intergeofoniche.

Nel caso di substrato particolarmente profondo dovranno essere effettuati “tiri” di copertura aggiuntivi ai 7 minimi previsti conformemente alle condizioni logistiche ed alle possibilità di energizzazione. La disposizione geometrica di tali tiri sarà concordata preventivamente con la Regione Toscana Servizio Sismico Regionale.

Eventuali variazioni della lunghezza della linea sismica e/o dell'interasse tra i geofoni, imposte dalle condizioni logistico-morfologiche locali o rese necessarie dai primi risultati acquisiti, saranno richieste e concordate sentito il parere della Regione Toscana.

Le registrazioni devono risultare chiare e tali da consentire univoche individuazioni dei primi arrivi, pertanto devono essere privilegiate registrazioni ad un solo stack, evitando la sommatoria (signal enhancement) che “sporca” il segnale in quanto somma il rumore di fondo. Tuttavia, in ambito VEL le prospezioni saranno realizzate prevalentemente in zone urbanizzate con elevato rumore di fondo (acquedotti, fognature, cavi per l'energia elettrica, caldaie, traffico veicolare, particolari attività lavorative con macchinari ed utensili). Il Comune provvederà a limitare il traffico, possibilmente a ridurre gli altri rumori. L'impresa al fine di consentire la chiara individuazione dei primi arrivi, dovrà eseguire più battute. Nel caso, nonostante le attenzioni per la limitazione del rumore di fondo e l'effettuazione di un numero adeguato di stacks (di norma non inferiore a 50 battute), questo fosse comunque elevato e tale da non consentire una registrazione di qualità, l'impresa deve sospendere i lavori e comunicare le difficoltà alla Regione Toscana –Settore - Servizio Sismico Regionale per concordare le possibili soluzioni.

Nel caso, nonostante le attenzioni per la limitazione del rumore di fondo, questo fosse ancora elevato e tale da non consentire una registrazione di qualità, l'impresa deve sospendere i lavori e comunicare, ai sensi dell' art. 1, le difficoltà alla Regione Toscana – Servizio Sismico Regionale per concordare le possibili soluzioni.

Il sistema sorgente per le onde SH è generalmente costituito da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno deve essere per “contatto” e non per “infissione”. Un buon accoppiamento tra parallelepipedo e terreno si ottiene facilmente in terreni a granulometria fine (normalmente con dimensioni inferiori al limite superiore delle sabbie); nel caso, invece, di presenza di terreni a granulometria più grossolana sarà necessario approntare delle piazzole costituendo uno strato di materiale fine al contatto con il parallelepipedo energizzante.

Eventuali altri sistemi di energizzazione dovranno essere preventivamente comunicati e sottoposti a valutazione dalla Regione Toscana Settore Servizio Sismico Regionale prima del loro utilizzo.

Sono da evitare come punti di energizzazione, qualora possibile, zone in cui affiorino rocce compatte o asfalti.

Per ogni base sismica si richiede un minimo di 7 registrazioni ("scoppi" o "tiri"):

Esterno sinistro	Estremo sinistro	Intermedio sinistro	Centrale	Intermedio destro	Estremo destro	Esterno destro
------------------	------------------	---------------------	----------	-------------------	----------------	----------------

Per le linee di lunghezza pari a 240 m verranno eseguiti ulteriori due scoppi per un totale complessivo di 9 scoppi. Tali tiri dovranno essere effettuati nelle posizioni intermedie secondo il seguente schema:

Est. sx	Estr. sx	Interm. a 1/6	Interm. a 2/6	Centr.	Interm. a 4/6	Interm. a 5/6	Estr. dx	Est. dx
---------	----------	---------------	---------------	--------	---------------	---------------	----------	---------

I "tiri" estremi (A e B) dovranno essere ubicati ad una distanza dal primo e dall'ultimo geofono pari alla metà della distanza intergeofonica utilizzata. Per quanto riguarda i "tiri" esterni alla base sismica (E1 ed E2) saranno posizionati, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, ad una distanza pari alla semilunghezza della base stessa. E' ovvio che a seconda delle diverse problematiche logistiche e delle finalità specifiche di ogni singola prospezione, per gli scoppi esterni verranno stabiliti dagli Uffici Regionali delle distanze minime dai geofoni 1 e 24.

Il tempo di registrazione deve essere pari ad 1 sec, mantenendo il miglior passo di campionamento possibile. Tale esigenza deriva dalla possibilità di utilizzare i dataset sismici acquisiti per estensioni delle indagini attraverso differenti modalità interpretative.

La posizione della linea sismica sarà segnalata su cartografia numerica georeferenziata in scala 1:5.000 per una visione più generale del sito di indagine e dello stendimento, e su cartografia numerica georeferenziata in scala 1:1000 con l'indicazione circa la posizione dei geofoni e le energizzazioni interne ed esterne alla linea. Le quote dei vari geofoni saranno rilevate dall'Impresa anche con metodi speditivi (livellazione) con riferimento alla quota più vicina riportata sulla cartografia.

Dovranno essere fornite le foto relative ad ogni stesa sismica da cui risulti visibile l'intera linea, la posizione dei singoli geofoni, i punti e gli strumenti di energizzazione ed il contesto ambientale.

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 con particolare riferimento al caso di morfologie ondulate sia della superficie topografica sia dei rifrattori, come ad esempio il "metodo reciproco" ed il "metodo reciproco generalizzato".

### 2.3 Modalità di presentazione dei risultati

Per le indagini svolte dovrà essere fornita:

*1. Una relazione generale (Appendice 2B1a) in cui sono specificati:*

- a) obiettivi delle indagini e contesto geologico delle aree investigate desunte dal programma preliminare redatto dalla Regione Toscana e fornito al Committente;
- b) Piano di sicurezza dell'Impresa (se richiesto dalla vigente normativa) e Piano di controllo di qualità qualora l'Impresa è certificata;
- c) risultati delle indagini ed eventuali osservazioni.

La relazione generale deve essere consegnata al Servizio sismico della Regione Toscana in n.3 copie cartacee, di cui due copie rilegate e una copia non rilegata e n.2 copie su CD-Rom. Inoltre, nel caso in cui l'Amministrazione Appaltante non sia la Regione Toscana ma un Ente Locale si invita l'Impresa ad inviare una quarta copia cartacea al Comune di riferimento.

*2 Una relazione tecnica per ciascuna linea sismica con documentazione, tabelle e grafici da cui risulti:*

- a) la descrizione delle procedure eseguite e della strumentazione utilizzata;
- b) la planimetria CTR in scala 1:5000, ove esistente, per un inquadramento di massima e per una visione più generale del sito di indagine e dello stendimento. In alternativa sarà utilizzata una planimetria CTR in scala 1:10.000 (Appendice 2B1b);
- c) la planimetria su base CTR 1:2000 ingrandita in scala 1:1000 con l'ubicazione della linea sismica, il posizionamento dei geofoni e delle energizzazioni interne ed esterne alla linea per visualizzare su carta la geometria di acquisizione. Per quanto riguarda le sette energizzazioni occorrerà identificarle in modo univoco nella maniera indicata negli esempi in Appendice 2B1c;
- d) uno schema dettagliato della linea sismica al fine di caratterizzare la geometria di acquisizione (Appendice 2B1d): dovranno essere indicate le posizioni relative dei geofoni, dei punti di scoppio e le relative distanze e quote; inoltre andranno esplicitati chiaramente i nomi dei files di campagna relativi ad ogni energizzazione. Per ogni linea, al fine di agevolarne la georeferenziazione, andranno fornite le coordinate in Gauss- Boaga del primo e dell'ultimo geofono. Qualora lo stendimento sia una spezzata dovranno essere fornite le coordinate degli estremi della spezzata;
- e) la stampa istantanea delle registrazioni di campagna corredata del numero di stack; per le onde SH la stampa relativa alla differenza battuta destra- battuta sinistra (Appendice 2B1e). Per i sismografi che non indicano nel film di stampa delle registrazioni il numero di stacks effettuati, dovrà essere fornita nella relazione una tabella che indichi per ogni acquisizione tale informazione. Sebbene sia richiesta una lunghezza di registrazione pari ad 1 secondo, il sismografo dovrà essere settato in visualizzazione con una

lunghezza tale da permettere il chiaro riconoscimento del trend dei primi arrivi; la lunghezza di registrazione, nonché le caratteristiche tecniche di acquisizione, andranno chiaramente espresse in relazione;

- f) i tempi di propagazione delle onde P ed SH osservati ai geofoni relativi ai vari scoppi (Appendice 2B1f);
- g) il diagramma tempi di arrivo-distanze (“dromocrone sismiche”) relativamente alle onde P ed SH distinguendo con simboli diversi ciascun set di registrazioni (Appendice 2B1g);
- h) le profondità dei vari rifrattori individuati (Appendice 2B1h) e le relative velocità sismiche (Appendice 2B1i) sia per le onde P che per le SH. Al fine di valutare le modalità di realizzazione delle sezioni sismostratigrafiche i valori di velocità e di profondità dovranno essere definiti e/ o rappresentati in riferimento ai valori di ascissa in corrispondenza dei quali sono stati calcolati dal programma e comunque almeno relativamente alle posizioni dei punti di scoppio ;
- i) la sezione sismostratigrafica relativa sia alle dromocrone in P che in SH. In essa dovranno essere indicati i valori di velocità, la topografia e lo spessore dei sismostrati individuati (Appendice 2B1j);
- j) la sezione litostratigrafica interpretativa finale con una legenda in cui sono indicati i diversi litotipi individuati sulla base della cartografia geologica e geomorfologica fornita dal Committente (Appendice 2B1l). Il passaggio dal dato sismostratigrafico (punto 2.i) alla sezione litostratigrafica dovrà essere realizzato a cura di un geologo, in grado di seguire, alla luce delle sue conoscenze specifiche, l'interpretazione del dato geofisico in funzione della natura geologico-tecnica dei terreni indagati, presunta dalla realizzazione dei rilievi di superficie. La sezione litostratigrafica fornita dovrà essere campita per tutta l'area corrispondente alla massima profondità indagata e dovrà contenere dei riferimenti topografici (corsi d'acqua, toponimi, edifici, strutture) che siano finalizzati alla corretta localizzazione della sezione nella zona in oggetto; tale allegato andrà redatto ad una scala adeguata a rappresentare i risultati ottenuti con sufficiente dettaglio. Nell'eventualità che non risultassero coincidenti le geometrie e le profondità dei rifrattori le sezioni litostratigrafiche dovranno essere fornite separatamente per le prospezioni in P e in SH;
- k) una relazione relativa ai risultati e alle conclusioni raggiunte;
- l) la documentazione fotografica relativa alle fasi di esecuzione di ciascuna linea sismica. Dovrà essere fornita una foto per ogni base sismica in cui è indicata la progressione dei geofoni e le energizzazioni, laddove le condizioni logistico-morfologiche lo consentano, altrimenti saranno effettuate più foto. Sarà opportuno che risulti visibile l'intera linea, gli strumenti di energizzazione, il contesto ambientale e la congruenza tra l'ubicazione della linea nelle planimetrie e la stesa in campagna.

La relazione tecnica di cui al punto 2. deve essere consegnata al Servizio sismico della Regione Toscana in n. 3 copie cartacee, di cui due copie rilegate e una copia non rilegata e n. 2 copie su CD-Rom. Inoltre, nel caso in cui l'Amministrazione Appaltante non sia la Regione Toscana ma un Ente Locale si invita l'Impresa ad inviare una quarta copia cartacea al Comune di riferimento.

La documentazione fotografica di cui al punto l) deve essere consegnata in triplice copia in originale o in digitale su supporto CD.

### **3 Le registrazioni di campagna**

Si richiede, in triplice copia, la consegna dei dati di registrazione su supporto CD.

La consegna dei dati di registrazione su floppy disk o CD:

1. E' un requisito essenziale per la valutazione da parte della Regione Toscana dei risultati. La mancanza dei dati originali di acquisizione e di stampa delle registrazioni è una grave inadempienza contrattuale, tale da non consentire il pagamento degli onorari così come indicato all'art. 7;
2. Deve essere trasmessa alla Regione Toscana entro una settimana dall'acquisizione al fine di procedere a preliminari valutazioni che saranno tempestivamente comunicate al professionista.

### **ART.3 - OBBLIGHI GENERALI E PARTICOLARI A CARICO DELL'APPALTATORE**

L'appaltatore (l'Impresa) è tenuto contrattualmente alla esatta osservanza di tutte le disposizioni generali e particolari stabilite dalle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di tutte le altre disposizioni in materia di rapporti di lavoro.

E' fatto divieto all'appaltatore, pena la decadenza del contratto di cedere o subappaltare in tutto o in parte le indagini aggiudicatogli. Il Comune (appaltante) procederà ad una verifica delle posizioni di lavoro e contribuzione dei lavoratori.

### **ART.4 - ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Si intendono a carico dell'appaltatore (l'Impresa) e quindi compresi nei prezzi offerti seguenti oneri:

1. fornitura di tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori.

### **ART.5 - ONERI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTANTE**

A carico dell'Appaltante (Comune di ..... ) rimangono:

- permessi ed accessi alle aree
- autorizzazioni alle prospezioni
- eventuali spese per la registrazione dei contratti, bolli, diritti di segreteria ecc.
- predisporre quanto necessario al fine di ridurre il rumore di fondo (chiusura o limitazione del traffico e possibile sospensione delle attività lavorative) nelle zone di indagine al momento della loro esecuzione,
- consegna preventiva della cartografia di tipo geologico disponibile
- comunicazione alla Regione Toscana Servizio Sismico Regionale del vincitore della gara e dell'inizio delle indagini almeno quindici giorni prima dell'inizio dei lavori.

### **ART.6 - CONSEGNA DEI LAVORI - TEMPO UTILE - PENALE PER IL RITARDO**

I lavori dovranno essere e conclusi entro il \_\_\_\_\_. Per ogni giorno di ritardo al compimento delle indagini oltre il termine stabilito, l'appaltatore sarà



tenuto a pagare una somma pecuniaria di € 50,00= (cinquanta,00). Eventuali rinvii della conclusione dei lavori devono essere assentiti dal Comune di ..... in relazione alle avverse condizioni atmosferiche.

#### **ART.7 - PAGAMENTI E COLLAUDO**

Il pagamento sarà effettuato in un'unica rata alla fine dei lavori, dopo l'avvenuta approvazione del Certificato di Regolare Esecuzione che deve essere emesso dall'Ufficio Tecnico del comune di ..... non oltre un mese dalla ultimazione dei lavori stessi a seguito di parere favorevole della Regione Toscana e dei referenti scientifici (tra i requisiti essenziali si ricorda la consegna delle registrazioni di campagna con le modalità indicate all'art.2.).

A tal fine il professionista incaricato deve tempestivamente trasmettere alla Regione Toscana, Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali, Servizio Sismico Regionale, via Slataper 2/6, 50134 Firenze, gli elaborati ed i file di cui al paragrafo 3 dell'articolo 2.

Per il Programma VEL la Regione Toscana ha predisposto una serie di definizioni per valutare la qualità dei dati acquisiti ai fini di una loro possibile utilizzazione per un'attendibile interpretazione ai fini geologici. La valutazione sarà effettuata da referenti scientifici incaricati dalla Regione Toscana.

*Valutazione delle registrazioni:* la chiara lettura del segnale costituisce l'elemento essenziale per procedere alle successive operazioni di interpretazione ed elaborazione, pertanto il segnale di tutte le registrazioni si deve leggere per tutte le tracce, ivi compreso quello degli ultimi geofoni.

*Valutazione della congruenza tra dromocrone ed i dati di registrazione:* il presupposto della congruenza è la buona individuazione del primo arrivo, pertanto le dromocrone devono essere perfettamente congruenti con i dati di registrazione.

*Valutazione della congruenza tra l'interpretazione sismostratigrafica e le dromocrone:* nella fase di interpretazione devono essere rispettati il numero degli strati evidenziati nelle dromocrone ed analizzate le eventuali variazioni di velocità e profondità dei singoli sismostrati, pertanto l'interpretazione sismostratigrafica deve essere perfettamente congruente con le dromocrone.

Si precisa che l'autorizzazione al pagamento verrà data solo se la prova sarà effettuata conformemente a quanto prescritto nelle Istruzioni Tecniche Regionali (paragrafo B.1.2.1), contestualmente per i risultati relativi ai dati in P e in SH. Nel caso in cui non si verifichino le suddette condizioni verranno richieste ulteriori elaborazioni e, se il dato non è in nessun modo utilizzabile, la nuova acquisizione.

#### **ART. 8 - AGGIUDICAZIONE - ELENCO PREZZI**

Le indagini saranno appaltate dal Comune mediante le procedure di aggiudicazione che riterrà più opportune.

Si sottolinea che l'esigenza di dover rispettare gli standard di qualità e le procedure tecniche indicate nelle Istruzioni Tecniche regionali, prefigura di valutare l'offerta con un ribasso massimo del 10 %.

Tale ribasso d'asta potrà essere preso in considerazione anche se superiore al 10%, se chiaramente motivato dall'Impresa e qualora ci si riferisca alle seguenti situazioni:

- operazioni logistiche standard (ad esempio installazione cantiere, trasporto delle attrezzature, postazioni successive alla prima, fornitura cassette catalogatrici, rilievo della falda, accessibilità, ecc...);
- voci legate ad una migliore organizzazione lavorativa e giustificate dall'Impresa;
- previsione di intraprendere anche altre attività di indagini in riferimento al Programma VEL (es. indagini di sismica a rifrazione, prove down-hole, sondaggi geotecnici, ecc...), in tempi successivi e/o nell'ambito dello stesso comune o in comuni limitrofi.

I lavori saranno valutati a misura in base ai prezzi unitari di seguito offerti e l'importo degli stessi non potrà superare la somma di € ..... + I.V.A.

ELENCO PREZZI (IVA esclusa)

**Prospezioni sismiche a rifrazione**

Prospezione sismica con onde P e SH al ml	€. 11.00
Spostamento e approntamento squadra geofisica. approntamento di attrezzatura per prove geofisiche compreso il trasporto e ritrasporto, il carico e lo scarico delle attrezzature stesse , eseguito con le prescrizioni e gli oneri previsti a stendimento	€. 85.00
Relazione Tecnica delle indagini (a linea)	€. 63.00

**Capitolato per l'esecuzione delle indagini di laboratorio:  
Statiche e dinamiche**



## **FOGLIO PREZZI PATTI E CONDIZIONI**

### **ART. 1 -OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di analisi di laboratorio di tipo statico e dinamico su campioni indisturbati di terreno delle seguenti prove:

- a) n. ... prove statiche di laboratorio (oltre all'apertura campione, descrizione e fotografia, contenuto d'acqua, peso di volume, peso specifico dei grani, granulometria per vagliatura, granulometria per sedimentazione e limiti di atterberg) su n.... campioni indisturbati prelevati;
- b) n.... prove dinamiche di laboratorio su n.... campioni indisturbati prelevati;
- c) n.... relazione tecnica complessiva delle prove svolte e suddivisa in fascicoli per ogni singolo sondaggio.

L'importo massimo complessivo dell'appalto, onnicomprensivo di tutte le prestazioni richieste, è stimato in **Euro .....** **più I.V.A.**

Tali importi, soggetti al ribasso d'asta, concorrono esclusivamente ai fini dell'aggiudicazione, non sono pertanto vincolanti per l'Amministrazione e potranno subire variazioni, in aumento o diminuzione per effetto di variazioni nelle rispettive quantità e ciò tanto in via assoluta quanto nelle reciproche proporzioni.

Il corrispettivo di aggiudicazione sarà quello della offerta prescelta e sono escluse offerte in aumento rispetto all'importo massimo d'appalto.

### **ART. 2 – CARATTERISTICHE TECNICHE E MODALITA' DI ESECUZIONE**

Il programma dettagliato delle prove di laboratorio da eseguire sono indicati nel Programma preliminare delle attività (Allegato 1).

Tutti i servizi previsti dovranno essere condotti con le modalità, le metodologie e con la strumentazione descritta nelle Istruzioni Tecniche per le prove di laboratorio statiche e dinamiche finalizzate alla valutazione degli effetti locali delle aree produttive dei comuni classificati sismici della Toscana, predisposte a cura della Regione Toscana ed allegate per la parte di competenza al presente capitolato (Allegato 2A).

Si precisa che, come meglio specificato nelle Istruzioni Tecniche (All2A - par. 1.2), dopo l'apertura dei campioni l'Appaltatore incaricato non potrà trasferire presso altri laboratori di analisi né spezzoni di carota, né provini di terreno al fine di mantenere pressochè intatta la classe di utilizzabilità del campione.

L'elaborazione dei dati e la modalità di presentazione dei risultati acquisiti dovrà essere realizzata secondo quanto stabilito nell'Estratto Istruzioni Tecniche allegato (Allegato 2A – Appendice B.1).

### **ART. 3 - OBBLIGHI GENERALI E PARTICOLARI DELL'APPALTATORE**

L'appaltatore (laboratorio) è tenuto contrattualmente all'esatta osservanza di tutte le disposizioni generali e particolari stabilite dalle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di tutte le altre disposizioni in materia di rapporti di lavoro.

E' fatto divieto all'appaltatore, pena la decadenza del contratto di cedere o subappaltare in tutto o in parte le indagini aggiudicatogli. Il Comune (appaltante) procederà ad una verifica delle posizioni di lavoro e contribuzione dei lavoratori.

### **ART. 4 - ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Oltre a tutte le spese obbligatorie previste per legge ed a quanto specificato nel presente capitolato-contratto, sono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri di seguito indicati, che si intendono compensati nei prezzi dei lavori e servizi:

- a) le spese per l'adozione di tutti i provvedimenti e di tutte le cautele necessarie per garantire la vita e l'incolumità alle persone addette ai lavori. Ogni responsabilità ricadrà pertanto sull'Appaltatore con pieno sollievo dell'Amministrazione appaltante.

### **ART. 5 - ONERI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTANTE**

L'appaltante si impegnerà a non chiedere le spese per i diritti di segreteria, di registrazione del contratto, etc.

### **ART. 7 - CONSEGNA DEI LAVORI - TEMPO UTILE - PENALE PER IL RITARDO**

I lavori dovranno avere inizio entro 10 giorni dalla data di arrivo dei campioni presso il laboratorio di analisi ed essere realizzati e conclusi entro 60 giorni dalla data di inizio. Per ogni giorno di ritardo al compimento delle indagini oltre il termine sopra stabilito, l'Appaltatore sarà tenuto a pagare una somma pecuniaria di € 50,00 = (cinquanta,00). A tale scopo il laboratorio dovrà dichiarare espressamente la propria disponibilità ad iniziare i lavori

dall'avvenuta aggiudicazione ed a concluderli entro il..... Eventuali rinvii della conclusione dei lavori devono essere assentiti dall'Amministrazione appaltante in relazione alle motivazioni addotte dal Laboratorio.

#### **ART. 8 - PAGAMENTI E PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

Il pagamento sarà effettuato a conclusione dei lavori in una unica rata. Al termine dei lavori, entro la durata massima indicata l'Appaltatore presenterà i risultati delle prove concluse complete di tutta la documentazione tecnica relativa e redatta secondo i requisiti e le modalità indicate nelle Istruzioni Tecniche Regionali. La documentazione consegnata comprensiva dei certificati di prove di laboratorio e della relazione descrittiva dovrà essere organizzata in più fascicoli suddivisi per sondaggio, e dovrà essere redatta in triplice copia sia su supporto cartaceo che su supporto magnetico (cd-rom), sarà cura del laboratorio trasmettere n.1 copia all' Ente appaltante e n.2 copie alla Regione Toscana – Servizio Sismico. La definizione esatta delle quantità e delle tipologie delle prove svolte, sarà opportunamente descritta nella relazione tecnica finale che l'Appaltatore consegnerà all'Amministrazione Appaltante e sulla base della quale sarà calcolato l'importo da liquidare al laboratorio appaltatore.

#### **ART. 9 - AGGIUDICAZIONE - ELENCO PREZZI**

Le indagini saranno appaltate dall' Ente mediante le procedure di aggiudicazione che riterrà più opportune. Si sottolinea che l'esigenza di dover rispettare gli standard di qualità e le procedure tecniche indicate nelle Istruzioni Tecniche regionali, prefigura di valutare l'offerta con un ribasso massimo del 10 %.

L'Impresa potrà effettuare dei ribassi superiori al 10% ma tale riduzione dei costi da parte dell'Impresa, dovrà essere chiaramente motivata (nel caso sia inferiore al 10%) e comunque non dovrà mai compromettere la qualità dei risultati delle indagini svolte.

I lavori saranno valutati a misura in base ai prezzi unitari di seguito offerti e l'importo degli stessi non potrà superare la somma di **Euro .....** **più I.V.A.**

L'elenco dei prezzi per la valutazione dei costi per le indagini è su base regionale, in relazione all'attività VEL (Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello e Amiata), per cui le singole voci sono valutate su ampia scala e non sono mediate. I relativi prezzi di riferimento sono stati indicati come tetto massimo su base regionale.

**ELENCO  
PREZZI UNITARI  
PROVE DI  
LABORATORIO**

**ELENCO PREZZI UNITARI- PROVE DI LABORATORIO**

**I.V.A. 20% esclusa**

Descrizione	Prezzo unitario (euro)	Numero prove	Prezzo totale (euro)
Apertura, descrizione geotecnica e fotografia di campione indisturbato con esecuzione di pocket e vane	20,00		
Contenuto d'acqua	10,00		
Peso di volume	10,00		
Peso specifico dei grani	47,00		
Granulometria per vagliatura	40,00		
Granulometria per sedimentazione	60,00		
Limiti di Atterberg	55,00		
Prova edometrica a incrementi di carico o CRS	235,00		
Prova di taglio diretto (per ogni provino)	136,00		
Preparazione del campione ricostruito per prova di taglio diretto	40,00		
Triassiale UU (D=38 mm) per ogni provino	94,00		
Triassiale CIU (D=38 mm) per ogni provino	201,00		
Triassiale CID (38 mm) per ogni provino	269,00		
Prova di Colonna Risonante per ogni provino	539,00		
Prova di Taglio Torsionale per ogni provino	539,00		
Prova di Taglio Torsionale eseguita sul medesimo provino utilizzato per la Colonna Risonante, per ogni provino	200,00		
Prova triassiale ciclica	826,00		
Misura delle Vp e Vs durante la prova triassiale ciclica	30,00		
Prova in cella triassiale con misura locale della deformazione	1.200,00		
Relazione tecnica (comprensiva delle prove svolte su tutto il Comune)	350,00 (da 1 a 5 campioni) 800,00 (da 5 a 20) 1000,00 (superiore a 20)		
<b>TOTALE PARZIALE</b>			