

INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORME DI RIFERIMENTO	3
3	QUALITÀ, REQUISITI, PROVENIENZA E ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	4
3.1	GENERALITÀ.....	4
3.2	ACCETTAZIONE, QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI	4
4	PREPARAZIONE DELL'AREA DI CANTIERE	6
4.1	PULIZIA PRELIMINARE DELL'AREA DI CANTIERE	6
4.2	ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE DALL' AREA DI LAVORO	6
4.3	MESSA IN SICUREZZA DELL'IMBOCCATURA DEI FORI PIEZOMETRICI ESISTENTI NELL' AREA.....	7
5	PROGRAMMA DEI LAVORI	8
6	MOVIMENTAZIONE DEI TERRENI	9
6.1	PREMESSA	9
6.2	CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI.....	9
6.3	SCAVI	10
6.3.1	Generalità.....	10
6.3.2	Casi particolari e modalità esecutive	11
7	DIAFRAMMA DI PALI SECANTI	13
7.1	GENERALITÀ E CARATTERISTICHE DELLE METODOLOGIE DI ESECUZIONE	13
7.2	ESECUZIONE DELLE LAVORAZIONI PER LA REALIZZAZIONE DEL DIAFRAMMA	14
7.2.1	Pista di lavoro	14
7.2.2	Preparazione del piano di lavoro per l'esecuzione del diaframma.....	15
7.2.3	Prove preliminari	15
7.2.4	Attrezzature	16
7.2.5	Tolleranze geometriche dei pali, cordoli guida e centratura dei singoli pali	16
7.2.6	Esecuzione del diaframma	17
7.2.7	Composizione del “premiscelato” e della miscela plastica corrispondente	17
7.2.8	Getto della miscela	19
7.2.9	Tolleranze geometriche	19
7.2.10	Documentazione e controlli	19
7.2.11	Carotaggio continuo meccanico.....	22
7.2.12	Rilievi celerimetrici	22
7.3	ONERI SPECIALI A CARICO DELL' APPALTATORE	23

1 PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di precisare le caratteristiche dei materiali e le modalità esecutive previste per l' intervento finalizzato ad assicurare la tenuta idraulica del sottosuolo della spalla destra della diga di penne sul fiume Tavo, sita nel comune di penne.

Questo documento nella prima revisione progettuale del febbraio del 2014 è stato redatto dal Prof. Ing. Sergio Olivero, con la collaborazione della scrivente. Attualmente è stata predisposta una revisione parziale del documento a seguito delle indagini in sito svolte nel 2016.

L'Appaltatore è tenuto alla scrupolosa osservanza delle norme contenute nel presente Capitolato e di quanto altro prescritto nei documenti di progetto.

Nell'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore è inoltre obbligato ad osservare e a far osservare dal proprio personale tutte le norme antinfortunistiche e sulla sicurezza del lavoro vigenti all'epoca dell'appalto, nonché quelle specificatamente indicate nei piani di sicurezza o intervenute nel corso dei lavori.

L'Appaltatore è diretto ed unico responsabile di ogni conseguenza negativa, sia civile che penale, derivante dall' inosservanza o dall' imperfetta osservanza delle norme suddette.

2 NORME DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo con le seguenti norme e, dove applicabili, con tutte quelle indicate nel testo:

- “Raccomandazioni dell’Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione. Dic. 1984”.
- D.M. del Ministero dei lavori Pubblici del 11/3/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare LL PP n° 30483 del 24/09/1988 “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare LL.PP. n° 218/24/3 “Legge 02/02/74 n° 64 - Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 11/3/1988: “Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”.
- Norma UNI 7163 – 1979.
- Norma ASTM D1 143-81: “Standard test method for piles under static axial compressive loads”.
- Raccomandazione dell'Associazione geotecnica Italiana sui pali di fondazione del Dicembre 1984.
- Norma DIN n. 4150: parti I e II del 1975; parte IV del 1986.
- Norme tecniche per le costruzioni (2008).
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 02/ 02 2009, n. 617.

3 QUALITÀ, REQUISITI, PROVENIENZA E ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

3.1 Generalità

I materiali da impiegare per la realizzazione delle opere descritte nelle documentazioni di progetto e nel presente Capitolato Speciale d'Appalto devono corrispondere ai requisiti prescritti nei successivi Capitoli. Nel caso in cui non siano espressamente dichiarate le caratteristiche del materiale, l'Appaltatore deve fare riferimento a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia.

In assenza di particolari prescrizioni, si intende che i materiali impiegati siano delle migliori qualità esistenti in commercio.

L'Appaltatore deve sottoporre per approvazione alla Direzione Lavori ogni materiale in fase di approvvigionamento in cantiere e all'atto dell'impiego in opera.

Qualora la Direzione Lavori presuma la presenza di difetti nei materiali forniti, l'Appaltatore è tenuto ad eseguire al riguardo le necessarie verifiche.

Nel caso in cui la Direzione Lavori dovesse rifiutare una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore, a sua cura e spese, deve sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche richieste. I materiali rifiutati devono essere allontanati immediatamente dal cantiere, a cura e spese della stessa Appaltatore.

Anche nel caso che i materiali siano stati accettati da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore sarà il solo ed unico responsabile della riuscita delle opere, per quanto possa dipendere dai requisiti dei materiali stessi.

L'Appaltatore dovrà rifare, a sua cura e spese, i lavori in sostituzione di quelli eventualmente eseguiti senza la necessaria diligenza e/o con materiali per qualità, misura e peso differenti da quelli prescritti.

In merito all'eventuale opposizione o protesta, da esprimersi nelle forme prescritte dalla normativa vigente, le decisioni necessarie saranno prese in accordo con la procedura stabilita dalle norme stesse.

3.2 Accettazione, qualità ed impiego dei materiali

I controlli di qualificazione in fase di approvvigionamento devono essere realizzati a cura dell'Appaltatore.

Le prove di controllo in corso d'opera rimangono a carico dell'Appaltatore e devono essere eseguite da un laboratorio (ufficiale quando previsto dalla legge) di gradimento della Direzione Lavori.

In correlazione con quanto prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali, per la loro accettazione l'Appaltatore è obbligato ad apprestare in tempo l'esecuzione delle prove richieste sia sui materiali impiegati o da impiegarsi, sia su campioni di lavori eseguiti, eventualmente da prelevarsi in opera, avendo a carico tutte le spese per il prelievo, per la formazione dei campioni, per le analisi in sito e/o per l'invio dei campioni stessi a laboratori specializzati (ufficiali, quando previsto dalla legge e/o indicati specificamente dalla Direzione Lavori), nonché per le corrispondenti prove ed esami.

Il prelievo dei saggi e/o campioni per le prove prescritte deve avvenire in contraddittorio. Deve essere redatto apposito verbale, con tutte le indicazioni utili ad individuare univocamente i prelievi effettuati, la loro conservazione e la loro autenticità (che deve essere garantita, secondo i casi, da punzonature e/o sigilli e/o fotografie).

Le prove e gli esami sui campioni devono essere effettuati presso laboratori specializzati, secondo quanto previsto nel presente documento.

I risultati ottenuti in tali laboratori di fiducia della Committente sono i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

4 PREPARAZIONE DELL'AREA DI CANTIERE

Le lavorazioni previste saranno sviluppate quasi interamente su un'area in pendio che fino ad un recente passato, era sede di culture agrarie oggi abbandonate e che di recente è entrata in proprietà del Consorzio, concessionario del serbatoio e diga di Penne nonché Stazione Appaltante delle lavorazioni in oggetto.

Prima che abbia luogo la consegna dei lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere a sgombrare dalla vegetazione boschiva ed arbustiva esistente l'area dove i lavori stessi dovranno svolgersi, e dovrà procedere alla demolizione parziale o totale di quei manufatti che verranno indicati dalla Direzione Lavori.

Sono compresi nei prezzi di elenco gli oneri per la formazione del cantiere e per l'esecuzione di tutte le lavorazioni a tal fine occorrenti, compresi gli interventi necessari per l'accesso al cantiere stesso, per la sua recinzione e protezione e per il mantenimento della continuità delle comunicazioni, degli scoli, delle canalizzazioni e delle linee telefoniche ed elettriche eventualmente esistenti.

Sono a carico dell'Appaltatore gli eventuali oneri per il reperimento e per le indennità relativi ad aree di stoccaggio e deposito temporaneo e/o definitivo delle attrezzature di cantiere, dei materiali, delle apparecchiature di fornitura e dei materiali di risulta.

4.1 Pulizia preliminare dell'area di cantiere

Tutte le aree interessate da lavori (ad esempio piste di accesso, scavi, depositi di materiali, etc.) dovranno essere ripulite e sistemate adeguatamente a cura dell'Appaltatore.

La superficie di lavoro dovrà essere sgomberata da tutti gli oggetti estranei (quali ad esempio strutture varie, materiali di scarico e rifiuti provvisoriamente accumulati), rinvenuti alla consegna del cantiere.

L'allontanamento e lo smaltimento di tutto il materiale rinvenuto saranno fatti a cura e spese dell'Appaltatore salvo diversamente specificato dal Committente.

4.2 Allontanamento delle acque dall'area di lavoro

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'allontanamento e allo smaltimento delle acque di qualsiasi provenienza e quantità, eventualmente presentatesi in qualsiasi momento in corrispondenza dell'area di lavoro durante le attività successive. L'allontanamento delle acque dovrà avvenire senza intralciare le attività di cantiere.

I sistemi impiegati per l'allontanamento delle acque dovranno essere tali che non ne derivi alcun intralcio al normale svolgimento dei lavori nell'area di cantiere o nelle zone limitrofe, né alcun danno alle opere in costruzione, al personale di cantiere ed alla proprietà, nonché alla salubrità dell'ambiente.

4.3 Messa in sicurezza dell'imboccatura dei fori piezometrici esistenti nell'area

Nell'area di cantiere ricadono alcuni fori piezometri che potranno essere oggetto di misura nel periodo in cui si svolgeranno le attività di cantiere. Le imboccature dovranno essere protette adeguatamente secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori.

Dovranno altresì essere messi in sicurezza i piezometri che saranno realizzati in questa sede preliminarmente la realizzazione del diaframma per la realizzazione delle prove di assorbimento “ante-operam” e “post-operam”.

Dopo aver effettuato le prove di assorbimento post-operam, i piezometri, ad intervento ultimato ed in occasione del ripristino dello stato dei luoghi, saranno opportunamente prolungati fino al piano campagna.

Al riguardo si prescrive l'esecuzione dei tappi impermeabili (boiaccia di cemento e bentonite) per almeno 1 metro di altezza da bocca foro e la protezione con pozzetto.

5 PROGRAMMA DEI LAVORI

Prima di iniziare le attività sul terreno, l'Appaltatore dovrà eseguire un rilievo topografico dell'area oggetto dell'Appalto in scala che sarà precisata dalla Direzione Lavori. Il rilievo sarà fornito alla Direzione Lavori, che provvederà ad effettuare una verifica con i documenti di progetto, per tenere conto di eventuali variazioni planimetriche e/o altimetriche sopravvenute. In assenza del rilievo suddetto, resta inteso che l'Appaltatore accetti tacitamente il rilievo eseguito in fase di Progetto o comunque indicato dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà inoltre eseguire la picchettatura del perimetro esterno dell'area di lavoro, in modo che risultino chiaramente visibili i limiti da rispettare nelle operazioni di cantiere.

All'atto della consegna dei lavori l'Appaltatore procederà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, al tracciamento dei limiti delle opere previste in base agli elaborati di progetto.

L'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una relazione dettagliata nella quale indicherà i mezzi e le modalità di esecuzione dei lavori, nonché il "cronoprogramma" dettagliato relativo alle diverse lavorazioni, con i tempi di avanzamento e completamento previsti, in accordo con le richieste del Committente.

L'Appaltatore, tenuto conto del tempo concesso per l'esecuzione dei lavori, dovrà dare preventivamente dimostrazione che i predisposti mezzi d'opera in genere, compresi gli impianti ausiliari, siano adeguatamente proporzionati per la corretta esecuzione dei lavori stessi nei tempi previsti.

Resta in ogni caso stabilito che le modalità e la successione delle varie fasi di lavoro dovranno essere in accordo con le proposte presentate in sede di appalto e con le relative modalità di esecuzione per lavori del genere nonché coerenti con il tempo stabilito per il completamento delle opere connesse.

Nell'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore dovrà attenersi al programma che sarà stato approvato dalla Direzione Lavori. Sarà facoltà di questa disporre variazioni a tale programma, sia prima dell'inizio dei lavori sia nel corso di questi.

6 MOVIMENTAZIONE DEI TERRENI

6.1 Premessa

La movimentazione dei terreni qui considerata comprende le seguenti categorie di lavoro: diserbamento, scotico superficiale, scavi di sbancamento o a sezione obbligatoria.

Tutti gli scavi nell'area di lavoro debbono essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'area di lavoro è estesa quasi esclusivamente su un terreno in pendio che in un recente passato è stata sede di colture agricole oggi abbandonate.

Marginalmente, nell'area stessa ricade oggi un breve tratto di pista che dà accesso a casali situati più a valle (rispetto al corso del Tavo). Tale passaggio dovrà essere mantenuto (o eventualmente spostato) e in proposito saranno adottati gli opportuni provvedimenti per assicurarne le condizioni di sicurezza, nonché il definitivo ripristino a lavorazioni terminate.

Nell'ambito dei lavori qui considerati è compresa l'asportazione preliminare della pavimentazione stradale nell'area corrispondente alla spalla della diga e alla testata del realizzando diaframma, e il ripristino della pavimentazione stessa al termine dei lavori.

La demolizione e il successivo ripristino della pavimentazione riguarderanno anche il breve tratto (circa 1,5 m) di sede stradale all'estremità della diga, in corrispondenza dell'incasso dell'estremità del costruendo diaframma nella porzione terminale del nucleo.

I mezzi meccanici predisposti per la movimentazione dei terreni dovranno essere proporzionati alle lavorazioni da eseguire e comprendere una sufficiente riserva, atta a garantire la continuità e la regolarità del lavoro.

Al termine della movimentazione dei terreni e prima di procedere alle attività successive ed in particolare all'esecuzione del diaframma previsto, si dovrà aspettare l'approvazione, da parte della Direzione Lavori, relativa ai lavori già effettuati.

6.2 Classificazione dei terreni

I terreni vengono qualificati e classificati secondo quanto riportato nella norma CNR-UNI 10006:1963 "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre" ed il suo aggiornamento (limitatamente alle parti A, B e C) la cui denominazione è UNI 10006:2002 "Costruzione e manutenzione delle strade, tecniche di impiego delle terre".

In particolare si definiscono i seguenti termini:

- “*Materiali sciolti*”: il termine comprende i terreni sciolti, ghiaie, sabbie, limi e argille, nonché le rocce intensamente alterate, e/o diaclasate, fratturate e fessurate. Il loro scavo può essere effettuato con il normale impiego di escavatori senza richiedere l'uso sistematico di attrezzature di demolizione.
- “*Roccia*”: comprende in generale tutti i materiali litici, duri e compatti il cui scavo viene effettuato mediante l'utilizzo di attrezzature di demolizione o ricorrendo all'uso di esplosivi. Saranno pure considerati in questa categoria i trovanti di volume superiore a un m³ incontrati negli sbancamenti

Per la definizione della succitata classificazione, dovrà essere cura dell'Appaltatore avvisare la Direzione Lavori di ogni cambio di categoria, richiedendo che la stessa Direzione Lavori provveda a determinare i volumi dei materiali corrispondenti alle diverse categorie, quando questi materiali siano ancora in sito.

6.3 Scavi

6.3.1 Generalità

I lavori di scavo in superficie riguarderanno prevalentemente l'apprestamento della pista di lavoro in trincea destinata alla realizzazione del diaframma e, con l'eccezione della parte della pista che attraversa la strada in proseguimento del coronamento della diga, interesseranno solo i terreni sciolti (limi ed argille) riferiti alle “*alluvioni antiche*” del fiume Tavo.

In corrispondenza della sede stradale suddetta, lo scavo interesserà soltanto la relativa pavimentazione.

I caratteri geometrici della suddetta pista di lavoro con le relative scarpate laterali saranno in qualche misura condizionati dalle caratteristiche delle attrezzature impiegate per l'esecuzione del diaframma. A tale proposito, in sede di gara d'appalto i concorrenti, avendo preso visione del sito, specificheranno nei documenti presentati le relative esigenze.

Eventuali scavi, nel caso relativamente superficiali, potranno essere richiesti per lo spostamento del già citato tratto dell'attuale pista di accesso ai casali agricoli sulla sponda destra del Tavo a valle della diga.

I materiali scavati, se non diversamente indicato dalla Direzione Lavori, saranno accumulati in aree indicate dalla Direzione Lavori, per il successivo riutilizzo. In quest'ultimo caso, sarà onere dell'Appaltatore provvedere a rendere i materiali di scavo scevri da vegetali e da parti in genere inadatte all'utilizzo previsto.

Nel breve tratto di pista di lavoro nel quale sarà interessata l'attuale sede stradale in corrispondenza della spalla della diga, le operazioni di scavo avranno caratteristiche particolari per la presenza della

pavimentazione. Per la fase di scavo e per il successivo ripristino di tale situazione sono previsti compensi specifici.

6.3.2 Casi particolari e modalità esecutive

L'Appaltatore eseguirà tutti gli scavi necessari alla realizzazione delle opere previste, qualunque sia il tipo di materiale incontrato, tanto all'asciutto che in presenza d'acqua.

Gli scavi saranno eseguiti in larghezza, lunghezza e profondità secondo quanto indicato nei disegni esecutivi o quanto sarà specificamente disposto dalla Direzione Lavori, anche in relazione alle dimensioni delle attrezzature destinate ad operare nel sito.

Eventuali scavi eseguiti dall'Appaltatore, per comodità di lavoro od altri motivi, senza autorizzazione scritta dall'Ufficio di Direzione Lavori, non saranno contabilizzati agli effetti del pagamento e la Direzione Lavori potrà ordinare il ripristino integrale della pregressa situazione o un'altra soluzione finale, comunque a carico dell'Appaltatore.

All'inizio dei lavori di scavo, l'Appaltatore dovrà provvedere, ove necessario, alla rimozione della vegetazione e degli apparati radicali ed al loro trasporto a rifiuto.

L'Appaltatore prenderà inoltre tutte le precauzioni necessarie per evitare smottamenti delle pareti dello scavo, anche in previsione di eventi meteorologici avversi, e metterà in atto tutti gli accorgimenti necessari per evitare danni alle persone ed alle opere; provvederà comunque a suo carico a rimuovere l'eventuale materiale franato ed a ripristinare situazioni di stabilità. In ogni caso l'Appaltatore sarà l'unico responsabile per i danni alle persone ed alle opere che possano essere derivate da dissesti dei fronti di scavo.

La manutenzione degli scavi e lo sgombero dei materiali eventualmente caduti per qualsiasi causa entro l'area degli scavi stessi saranno a totale carico dell'Appaltatore, indipendentemente dal tempo che trascorrerà fra l'apertura degli scavi e la definitiva risistemazione dell'area. Tale risistemazione potrà essere effettuata solo dopo l'autorizzazione della Direzione Lavori e con le modalità da questa prescritte in aggiunta od in variante a quanto indicato in queste specifiche.

Le materie provenienti dagli scavi, ritenute inutilizzabili dalla Direzione Lavori, dovranno essere portate a rifiuto. Tali materie non dovranno in ogni caso riuscire di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero sfogo e corso delle acque. Contravvenendo a queste disposizioni, l'Appaltatore dovrà a sue spese rimuovere e asportare le materie in argomento.

Durante l'esecuzione dei lavori, gli scavi saranno mantenuti drenati con adatti provvedimenti.

I materiali provenienti dagli scavi in superficie e quelli di risulta dall'esecuzione del diaframma, che la Direzione Lavori riterrà non utilizzabili o comunque non collocabili in area di lavoro, dovranno essere trasportati, a cura e spese dell'Appaltatore, a discarica autorizzata.

7 DIAFRAMMA DI PALI SECANTI

7.1 Generalità e caratteristiche delle metodologie di esecuzione

La realizzazione del diaframma previsto consiste nell'esecuzione di una paratia continua di pali secanti aventi diametro pari a 80 cm ed interasse pari a 60 cm, che nel sottosuolo attraverseranno l'intero spessore dei depositi alluvionali (ghiaie, sabbie, limi e argille pertinenti all'orizzonte delle "alluvioni antiche" del fiume Tavo), più o meno permeabili, intestandosi per almeno due metri nei sottostanti terreni marnoso-arenacei del "substrato mio-pliocenico", generalmente dotati di consistenza semilitoide e di permeabilità molto bassa fino a praticamente nulla. Il riconoscimento del raggiungimento di quest'ultimo dovrà essere attestato dalla Direzione Lavori. In relazione ai risultati delle indagini la profondità dei pali è prevista compresa tra 10 e 16 m circa.

Qualora in corso di esecuzione dei pali non si dovesse incontrare il banco delle marne alla profondità ipotizzata nel presente progetto, si dovrà procedere con la perforazione fino a raggiungere il tetto di detto banco e superarla per almeno due metri. Tale variazione potrà essere effettuata solo dopo l'autorizzazione della Direzione Lavori e con le modalità da questa prescritte in aggiunta od in variante a quanto indicato in questo progetto.

I pali, corrispondenti alla tipologia contrassegnata generalmente con la sigla CSP, saranno realizzati mediante infissione contemporanea, per rotazione, di una trivella ad elica continua e di un tubo di rivestimento. Quest'ultimo sarà mantenuto per l'intera lunghezza del palo⁽¹⁾.

La sequenza operativa prevede in avanzamento l'infissione alternata dell'elica e del rivestimento. Quest'ultimo è opportunamente costituito alla base da una speciale "scarpa", munita di "denti" taglienti (eventualmente in Widia) in grado di "segare" anche terreni semilitoidi ed in particolare, nel caso dei "pali secondari", il calcestruzzo dei "pali primari" adiacenti, mentre è ancora "fresco".

Raggiunta la profondità prevista, l'elica carica di terreno viene estratta mentre contemporaneamente, attraverso l'asta centrale dell'elica stessa, viene pompato il "calcestruzzo" (nel caso la "miscela plastica" autoindurente prescelta) che va a sostituire in tal modo il volume di terreno scavato. L'operazione prosegue fino al raggiungimento della prevista quota di sommità del diaframma (prevista attualmente al piano campagna). Contemporaneamente o successivamente viene estratto il rivestimento.

Per quanto riguarda la pratica esecutiva, questi pali sono generalmente realizzati con una specifica sequenza. In un tratto di diaframma di una certa lunghezza, considerando una numerazione

⁽¹⁾ In particolare, eventualmente, una volta raggiunta la profondità massima prevista per l'infissione del rivestimento, è possibile proseguire la perforazione con la sola elica continua fino alla quota di progetto. L'impiego di tale procedura però non è prevista nel presente progetto.

progressiva da un capo all'altro del tratto, sono eseguiti prima i pali "primari" e successivamente i pali "secondari" con un ritmo temporale che consenta di realizzare i pali "secondari" quando la scarpa del loro rivestimento tubolare sia ancora in grado di tagliare il calcestruzzo pertinente ai corrispondenti pali "primari" adiacenti, mentre è ancora fresco.

Nel caso in esame si prescrive di seguire la seguente tempistica per la realizzazione dei pali secondari:

- in estate dal 7° al 12° giorno rispetto alla data di getto dei pali primari;
- in inverno dal 9° al 15° giorno rispetto alla data di getto dei pali primari.

Nelle attrezzature recenti, le successive fasi di esecuzione sono automatizzate e un dispositivo di monitoraggio permette di seguire e controllare l'esecuzione delle varie fasi della costruzione del singolo palo, il rispetto delle modalità previste, le eventuali anomalie e la registrazione automatica dell'intera operazione.

Al riguardo le caratteristiche operative delle attrezzature impiegate dovranno corrispondere a quelle esposte dai Concorrenti in sede di documenti di gara, e così pure le modalità di esecuzione previste per il complesso delle operazioni per la realizzazione dell'intero diaframma.

Nei prezzi di elenco relativi alle opere indicate sono compresi: l'apertura della trincea, lo spianamento del piano di lavoro, lo scavo, i tracciamenti, la formazione dei cordoli guida, il carico e il trasporto a rifiuto dei materiali di risulta, la fornitura della "miscela autocompattante" e la sua messa in opera e quanto altro necessario per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte, nonché le prove ed i controlli disposti dalla Direzione Lavori, ed inoltre la completa documentazione dei lavori eseguiti.

7.2 Esecuzione delle lavorazioni per la realizzazione del diaframma

7.2.1 Pista di lavoro

Le attrezzature per l'esecuzione del diaframma con le modalità esposte sommariamente nel precedente paragrafo richiedono generalmente severe limitazioni alla pendenza della pista di lavoro.

In relazione alle quote del tetto del substrato mio-pliocenico nel sottosuolo, è stata prevista perciò nel progetto l'esecuzione preliminare di una pista di lavoro in trincea lungo il tracciato del diaframma con pendenza nulla, per ridurre al massimo eventuali problemi di verticalità nel corso della perforazione e contenere la lunghezza dei pali nei limiti precedentemente indicati.

In progetto, la larghezza della pista suddetta è stata valutata in base ad una stima effettuata con riguardo a precedenti cantieri con analoghe attrezzature operative. Le eventuali diverse dimensioni richieste dall'attrezzatura dell'Impresa concorrente, dovranno essere segnalate in sede di partecipazione alla gara.

Resta inteso che sarà in ogni caso onere dell'Appaltatore la verifica preliminare delle pendenze e della larghezza dello scavo necessario per la realizzazione della pista di lavoro in funzione delle dimensioni delle attrezzature che l'Impresa intenderà adottare, per garantire la sicurezza delle scarpate di scavo.

7.2.2 Preparazione del piano di lavoro per l'esecuzione del diaframma

L'Appaltatore, dopo la realizzazione del piano di lavoro con scavi eseguiti, dovrà predisporre, lungo il tracciato planimetrico del diaframma, due muretti guida. Tali muretti (*“corree”*), generalmente in conglomerato cementizio debolmente armato, sono conformate in relazione alle specifiche attrezzature di perforazione delle quali si prevede l'impiego. (In questa sede sono state considerate a titolo orientativo le seguenti caratteristiche: dimensioni non inferiori a 25 cm di larghezza e 60÷80 cm di profondità dal piano di lavoro, distanza tra loro pari allo spessore del diaframma aumentato di 4÷6 cm).

7.2.3 Prove preliminari

Miscela

La scelta delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi proposti dovranno essere esposti nei documenti di partecipazione alla gara e, in sede esecutiva, dovranno essere comunicati preventivamente dall'Appaltatore alla Direzione Lavori.

Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera o soggezioni ambientali, l'idoneità di tali attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive proposte dall'Appaltatore dovranno essere verificate mediante l'esecuzione di prove preliminari su campo prova.

In particolare tali prove sono in ogni caso previste per la miscela plastica autoindurente destinate alla realizzazione del diaframma (vedi par. 7.2.7).

Prove di permeabilità

Dopo aver realizzato la pista di lavoro, dovranno essere installate n. 3 coppie di piezometri ai bordi della pista stessa nei punti indicati dalla Direzione dei Lavori, nei quali saranno effettuate, preliminarmente la realizzazione del diaframma, delle prove di permeabilità tipo Lefranc per avere indicazioni circa la permeabilità dei terreni nella situazione *“ante-operam”*.

Le prove saranno ad immissione per i piezometri realizzati a monte del tracciato del diaframma di progetto e ad emungimento per quelli ubicati a valle dello stesso.

I piezometri saranno installati in fori predisposti mediante carotaggio a distruzione di nucleo del diametro compreso tra 152,4 mm e 171,5 mm e con profondità tale da raggiungere quota pari a -1 m dal tetto del sub-strato marnoso.

In relazione alle caratteristiche del terreno, si prescrive l'utilizzo del tubo di rivestimento provvisorio per tutta la lunghezza di perforazione per evitare il rischio di franamento delle pareti del foro.

I piezometri saranno del tipo finestrati con diametro non inferiore a 4" e spessore 2 mm e nella fornitura dovranno essere compresi tutti i materiali occorrenti, oltre che la formazione del manto drenante.

Dopo aver effettuato le prove "ante-operam", i piezometri saranno opportunamente protetti mediante pozzetto di adeguate dimensioni e segnalati con materiale ad alta visibilità per evitare che vengano danneggiati nel corso delle lavorazioni.

Durante il getto della miscela dei pali del diaframma i piezometri adiacenti dovranno essere riempiti d'acqua per evitarne l'eventuale intasamento.

L'installazione dei piezometri e le prove di permeabilità saranno eseguite da personale specializzato ed in accordo con le Raccomandazioni AGI (1997).

7.2.4 Attrezzature

Per l'esecuzione dei pali secanti del diaframma del tipo CSP, si utilizzeranno perforatrici equipaggiate con due "teste rotary" (primaria per l'elica di perforazione e secondaria per l'avanzamento della tubazione di rivestimento) montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta, conformi con le caratteristiche dichiarate nei documenti di gara presentati. L'altezza della torre e le caratteristiche della "rotary" (coppia, spinta) dovranno ovviamente essere commisurate alla profondità da raggiungere prevista in progetto.

L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per le "miscele plastiche auto indurenti", che siano adeguate ai ritmi di esecuzione dei pali. L'attrezzatura comprenderà inoltre i dispositivi di controllo, eventualmente automatici, delle operazioni costruttive in corso d'opera e poi ad opera eseguita.

7.2.5 Tolleranze geometriche dei pali, cordoli guida e centratura dei singoli pali

La posizione planimetrica dei pali del diaframma sarà materializzata mediante una coppia di cordoli guida (*corree*), paralleli e contrapposti, conformati in modo da consentire la centratura corretta dei singoli pali. La posizione planimetrica dovrà essere mantenuta nelle tolleranze indicate nel progetto. La verticalità dovrà essere assicurata con una tolleranza massima pari a $0,7 \div 1,0\%$. Nel caso non fosse rispettata tale condizione il Direttore dei Lavori potrà richiedere l'esecuzione di adeguati interventi supplementari per garantire la tenuta dei giunti non rispettanti i requisiti stabiliti.

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per garantire la piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Appaltatore, prima di dare inizio ai lavori, dovrà mettere a punto a sua cura e spese, la metodologia esecutiva del diaframma, quale coerente con il progetto e la proposta dell'Appaltatore stesso, mediante l'esecuzione di alcuni campioni di diaframma di prova, posizionati in aree rappresentative dal punto di vista geologico, geotecnico e idrogeologico. I campioni di prova saranno di regola eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti il diaframma di progetto, o in alternativa come parti anticipate del diaframma stesso. Comunque i campioni di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori, alla quale spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi a regime per gli elementi di progetto.

In caso di discordanza rispetto alle previsioni fornite in sede di gara circa l'adeguatezza delle metodologie costruttive da lui proposte, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spesa, all'esecuzione di tutti quegli eventuali adattamenti necessari ed all'esecuzione delle ulteriori prove di controllo che saranno richieste della Direzione Lavori al fine di eliminare ogni dubbio sulla accettabilità delle modalità definitivamente proposte.

Nel caso l'Appaltatore proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso, a sua cura e spese, a nuove prove tecnologiche.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Appaltatore si farà carico di presentare documentazione scritta.

7.2.6 Esecuzione del diaframma

L'esecuzione del diaframma dovrà procedere senza soluzioni di continuità fino a dare l'opera ultimata. Nel caso fosse necessario sospendere la esecuzione, l'Appaltatore dovrà dare immediata comunicazione al Direttore dei Lavori che, sentite le motivazioni dell'arresto, prenderà le opportune decisioni.

L'esecuzione del diaframma comprenderà le seguenti operazioni:

- perforazione dei pali "primari";
- getto dei pali "primari" con "premiscelato" a base di bentonite, cemento, additivi specifici, (fornito direttamente in cantiere dalla cementeria di produzione, indicata dall'Appaltatore in sede di gara);
- perforazione dei pali "secondari";
- getto dei pali "secondari".

7.2.7 Composizione del "premiscelato" e della miscela plastica corrispondente

La miscela plastica autoindurente con la quale sarà realizzato il diaframma sarà costituita da un "premiscelato" pronto per l'impiego (composto da leganti minerali cementizi e componenti argillosi bentonitici, loppe d'alto forno oltre ad eventuali aggiunte speciali) che sarà fornito "a prestazione

garantita” da un fornitore qualificato, e sarà rispondente ai requisiti funzionali richiesti dal progetto, comprovati da documentazione che dovrà essere presentata in fase di gara.

La ricetta del “premiscelato” che l’Appaltatore proporrà di impiegare, tenendo conto del carattere e della finalità dell’opera da eseguire e delle attrezzature impiegate nell’esecuzione, dovrà essere collaudata e certificata dal produttore sotto il profilo delle caratteristiche idrauliche e meccaniche del prodotto, in particolare riguardo alle caratteristiche di “permeabilità” e di “resistenza a compressione uniassiale” in opera. In particolare, la documentazione dovrà comprovare risultati di prove di permeabilità (in triassiale, a 28 giorni, a 20°C) non superiori a $5 \text{ E}^{-10} \text{ m/s}$ e di prove di resistenza a compressione uniassiale a 28 giorni non inferiori a $1,2 \text{ N/mm}^2$ (Riferimento UNI EN 196-1), da prove eseguite in laboratori qualificati.

La composizione della miscela dovrà avere caratteristiche non inferiori a quelle indicate nella tabella seguente.

Tabella 1

Descrizione	U. M.	Tipo 1
Dosaggio premiscelato	kg/m ³	385
Acqua normale	kg/m ³	865
Densità della sospensione liquida	g/cm ³	1,25
Tempo Marsh	s/dm ³	45÷55
Decantazione dopo 2 ore	Vol. -%	≤ 2
Permeabilità dopo 28 gg	m/sec	≤ 5 ⁻¹⁰
Permeabilità dopo 90 gg	m/sec	≤ 5 ⁻¹¹
Resistenza a compressione dopo 28 gg	N/mm ²	~ 1,2

Resta inteso che sarà onere dell’Appaltatore in fase preliminare provvedere alla verifica delle caratteristiche della miscela da impiegare, con riferimento ai terreni nei quali si deve sviluppare l’intervento; verifica finalizzata a confermare o a mettere a punto la miscela più adatta alle caratteristiche geotecniche del sito e comunque rispondente alle specifiche tecniche del progetto.

La composizione della miscela dovrà essere autorizzata dalla Direzione dei Lavori preliminarmente l’avvio delle lavorazioni.

Sono previsti controlli sistematici e controlli saltuari in corso d’opera su campioni che saranno prelevati nell’impianto di preparazione della miscela plastica d’impiego in cantiere. I campioni per

controlli in corso d'opera della miscela plastica impiegata dovranno essere prelevati all'impianto di confezionamento e saranno affidati a un laboratorio di fiducia attrezzato, nel quale dopo 28 giorni di maturazione dalla data di prelievo dovranno essere eseguite prove di densità, di resa volumetrica, permeabilità e resistenza a compressione.

La Direzione Lavori potrà disporre che vengano effettuati prelievi sistematici o casuali di campioni del diaframma già costruito mediante carotaggio eseguito con sonda a rotazione.

7.2.8 Getto della miscela

La miscela verrà pompata pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di miscela pompata, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Il getto dovrà essere prolungato fino alla sommità della pista di lavoro.

7.2.9 Tolleranze geometriche

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà essere quella indicata nel progetto.

La profondità "L" conformemente ai criteri di progetto dovrà risultare tale da interessare per due metri i terreni del substrato mio-pliocenico, salvo diversa indicazione motivata dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

7.2.10 Documentazione e controlli

a) Documentazione

Per ogni palo eseguito l'Appaltatore dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria);
- profondità di perforazione;
- osservazioni sulla stratigrafia locale;
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla Direzione Lavori;
- grafico dei tempi di perforazione;
- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella;

- volume di miscela gettata.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefori, etc.) concordandoli con la Direzione Lavori.

b) Controlli sulla miscela

Durante l'esecuzione dei lavori, la qualità della miscela auto-indurente sarà controllata sistematicamente presso il laboratorio di cantiere ogni 200 m³ di quantitativo di miscela gettata.

Salvo diversa disposizione della Direzione Lavori i parametri soggetti a controlli saranno eseguiti sulla sospensione liquida e sul materiale indurito.

Sospensione liquida

- densità;
- tempo di Marsh;
- decantazione dopo 2 ore.

Materiale indurito

La maturazione dei provini dovrà avvenire a 20° sott'acqua.

- resistenza alla compressione dopo 28 giorni (UNI EN 196-1);
- permeabilità dopo 28 giorni e dopo 90 giorni effettuata in cella triassiale secondo norma DIN 18130 - parte 1, con inizio misurazione dopo almeno 3 giorni dal passaggio dell'acqua.

Il numero e le dimensioni dei prelievi saranno i seguenti:

- prova di compressione: n° 3 prelievi ogni 200 m³ su cilindri Ø 50 mm e h = 100 mm in fustella avente h = 150 mm;
- prove di permeabilità: n° 6 prelievi ogni 200 m³ su cilindri Ø 100 mm e h = 100 mm in fustella avente h = 150 mm.

c) Controlli vari in corso d'opera

Le verifiche da effettuare sono:

- preparazione di un piano di esecuzione dei lavori;
- controllo della posizione planimetrica di ogni singolo palo ed esecuzione in conformità al piano di esecuzione dei lavori;
- verifica della installazione delle punte a perdere, della velocità di avanzamento e registrazione dei tempi di perforazione;
- verifica del raggiungimento della quota di progetto;
- controllo delle certificazioni della miscela;

- controllo della pressione del getto della miscela;
- controllo della velocità di estrazione, dei volumi di scavo e di getto;
- controllo del raggiungimento della quota di campagna;
- redazione di una scheda in cui sono annotati:
 - ✓ dati identificativi del palo rispetto alle planimetrie citate
 - ✓ riferimenti alla qualifica dell'attrezzatura utilizzata
 - ✓ dati sulla stratigrafia del terreno d'infissione
 - ✓ profondità di perforazione
 - ✓ tempi di perforazione per tratte successive di 5 m e di 1 m nel tratto finale
 - ✓ grafico dei tempi di perforazione
 - ✓ spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella
 - ✓ volume di calcestruzzo gettato.

d) Controlli sul diaframma finito in opera

Alla fine delle attività di controllo l'Appaltatore dovrà approntare un elaborato che raccolga i documenti utilizzati nelle operazioni di controllo e certificazione, e più precisamente:

- planimetria con la posizione quotata dei pali numerati in modo da renderli chiaramente identificabili;
- documentazione sui materiali impiegati, sulle attrezzature utilizzate e sulle modalità di esecuzione;
- Piano Controllo Qualità delle operazioni di realizzazione dei pali, con tutta la documentazione certificativa allegata;
- schede dei parametri di esecuzione per ogni palo;
- Piano Controllo Qualità del controllo, per ogni palo, del rispetto delle tolleranze previste e quindi dell'accettabilità degli stessi.

e) Prove sul diaframma realizzato

Saranno effettuate delle prove di permeabilità di tipo Lefranc per verificare i risultati ottenuti in termini di riduzione della permeabilità dei terreni attraversati dal diaframma di progetto.

Si prevedono n. 6 prove su 3 coppie di piezometri da effettuare nella condizione "post operam" analoghe a quelle realizzate nella fase "ante-operam" (si veda al riguardo precedente par. 7.2.3).

Le prove saranno ad immissione per i piezometri realizzati a monte del tracciato del diaframma di progetto e ad emungimento per quelli ubicati a valle dello stesso e saranno eseguite da personale specializzato in accordo con le Raccomandazioni AGI (1997).

Prima dell'effettuazione delle prove di permeabilità dovranno essere eseguite apposite manovre di pulizia dei piezometri (spurgo).

Misure Cross-Hole

Sarà facoltà del Direttore dei Lavori richiedere all'Appaltatore un'ulteriore verifica post-operam tramite prove Cross-Hole (impulso su percorso orizzontale) sonico, che consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel conglomerato cementizio interposto tra due tubi di misura.

7.2.11 Carotaggio continuo meccanico

Su richiesta della Direzione Lavori, la continuità e l'omogeneità del diaframma potrà essere verificata tramite carotaggi in corrispondenza delle zone di sovrapposizione dei pali.

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato, del conglomerato e se richiesto del sedime di imposta. Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione ed il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento. Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà, a cura e spese dell'Appaltatore, in corrispondenza di quegli elementi di diaframma che la Direzione Lavori riterrà opportuno.

7.2.12 Rilievi celerimetrici

Il rilievo celerimetrico sarà utile a definire con esattezza le quote dell'asse del diaframma.

Prima di svolgere le operazioni di rilievo, dovrà essere presentata, per la necessaria approvazione, una corografia riportante la delimitazione delle superfici da rilevare, le relative aree e la posizione delle sezioni trasversali da generare.

Al termine dei lavori verranno consegnati i seguenti elaborati:

- a) disegno del piano quotato nella scala richiesta;
- b) grafico su supporto informatico leggibile da PC, in formato DWG per AUTOCAD, compresa simbologia e vestizione.

7.3 Oneri speciali a carico dell'Appaltatore

Oltre a quanto previsto in precedenza, sono a carico dell'Appaltatore e compresi nel prezzo dell'appalto tutti gli oneri necessari ad una corretta definizione delle caratteristiche della miscela e delle tecniche di realizzazione del diaframma per garantire il risultato di progetto, anche in relazione alle specifiche condizioni del sito caratterizzato da marcata eterogeneità dei materiali interessati dal diaframma.

Sono sempre a carico dell'Appaltatore e compresi nel prezzo dell'appalto tutte le attività di verifica e controllo (sondaggi, campionamenti, indagini geofisiche, indagini in sito e di laboratorio, studi e modelli) che la Direzione dei Lavori disporrà per verificare la qualità degli interventi.