



**SITO CONTAMINATO “ LOCALITA' CORNOCCHIO ”
COMUNE DI PARMA**

**PROGETTO OPERATIVO DI MESSA IN
SICUREZZA PERMANENTE E BONIFICA
(AI SENSI DEL D.Lgs. 152/06)**

**CANTIERE 2
"DIAFRAMMATURA PERIMETRALE"**

Parma, Ottobre 2013

Tav.	Descrizione RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA
file:	



Via Nubi di Magellano 30
42123 Reggio Emilia

Redatto:

Ing. Stefano Teneggi
Studio T.En.
via E. Petrolini, 14 - 42122 Reggio Emilia
tel. 0522 337096 fax 0522 337592
E-mail: info@studioten.it

Il progettista

INDICE

1. **PREMESSA**
2. **INTRODUZIONE**
3. **OGGETTO**
4. **CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELL'OPERA**
5. **ATTREZZATURE DI CANTIERE**
 - 5.1 **ATTREZZATURA DI SCAVO**
 - 5.1.1 **ASPETTO SICUREZZA**
 - 5.2 **ATTREZZATURA DI INIEZIONE MISCELE PLASTICHE**
 - 5.3 **LABORATORIO DI CANTIERE**
- 6 **IMPIANTI DI CANTIERE**
 - 6.1 **IMPIANTO DI PRODUZIONE DEL FANGO AUTOINDURENTE**
7. **MISCELA PLASTICA**
 - 7.1 **COMPOSIZIONE DELLA MISCELA PLASTICA**
 - 7.2 **CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DELLA MISCELA PLASTICA.**
8. **MODALITA' DI ESECUZIONE DEL DIAFRAMMA**
9. **CONTROLLI**

1. PREMESSA

Gli interventi di confinamento laterale sono rivolti a controllare e ad eliminare le possibili emissioni di contaminanti sotto forma liquida o gassosa nei terreni che formano il sottosuolo, e le interazioni di essi con le acque sotterranee.

Le tecniche di confinamento risultano conformi alle prescrizioni della recente normativa in materia di discariche e di bonifiche e sono spesso la soluzione definitiva praticabile, in termini di sostenibilità, tecnico economica per la messa in sicurezza dei siti .

Secondo le recenti normative e Linee Guida Europee, dette opere devono rispondere a precisi requisiti:

- Le opere di difesa idraulica obbligatoriamente devono garantire l'assenza di giunti di costruzione tra setto e setto, le tecnologie devono garantire la compenetrazione parziale degli stessi setti e non il semplice appoggio in adiacenza tra setto e setto;
- Resistenza meccanica ed alla deformazione;
- Resistere alle erosioni e soffusioni causate dalle escursioni delle falde acquifere;
- Stabile agli agenti inquinanti;
- Impermeabile ai liquidi ed ai gas;
- Le tecnologie esecutive devono garantire il risultato finale esente da contaminazioni.

Visto l'elevato grado di perizia esecutiva necessario per l'esecuzione di dette opere e la necessità delle elevate prestazioni delle stesse, si ritiene indispensabile proporre una tecnologia che sia in grado di garantire le sopra citate caratteristiche e monitorare contemporaneamente in fase di realizzazione il ciclo costruttivo.

Iniziare il monitoraggio già nella fase costruttiva, raccogliendo tutti i dati utili alla comprensione delle possibili anomalie di funzionamento dell'opera di impermeabilizzazione (esempio ammorsamento e verticalità dei pannelli), soddisfa completamente il pensiero del legislatore D.M. 471/99 che prescrive la necessità di progettare ed eseguire un adeguato monitoraggio d'efficienza di tutte le opere che riguardano la bonifica dei siti contaminati.

In particolare si sottolinea la necessità di verificare la qualità dell'opera in vera grandezza, nel tempo, nelle proprietà dei materiali e nell'efficienza costruttiva degli stessi.

In considerazione di questi aspetti, il recente regolamento italiano sulla bonifica dei siti contaminati "messa in sicurezza" richiede per le barriere verticali, controlli più restrittivi di quelli in uso per le altre tecnologie di bonifica.

Oggetto di tali azioni devono essere tutte le fasi temporali in cui può essere suddivisa la costruzione e la post-costruzione dell'opera:

- Monitoraggi a breve e a lungo termine.

In riferimento a quanto sopra esposto si è ritenuto idoneo adottare una tecnologia che garantisca non solo le azioni richieste dalla normativa ma che riesca a controllare le singole lavorazioni contemporaneamente all'esecuzione, registrando i diversi parametri che saranno messi a disposizione giornalmente della D.L.

2. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce parte integrante dell'offerta per l'esecuzione dei lavori di esecuzione del diaframma plastico autoindurente di cinturazione.

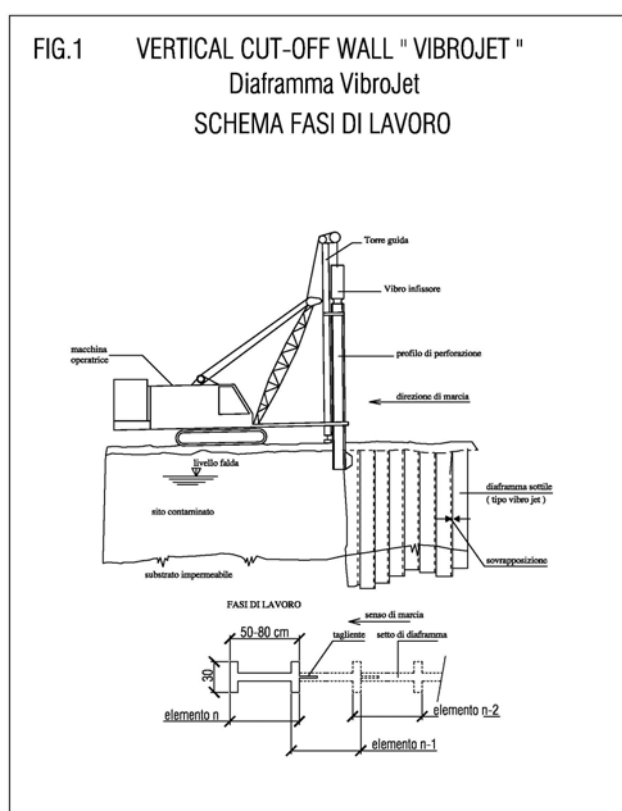
3. OGGETTO

La relazione definisce le modalità esecutive per la realizzazione di un diaframma plastico impermeabile.

Tecnologia A)

TECNOLOGIA Tipo VIBRO JET con premiscelato autoindurente Tipo TIWODUR o equivalente

Tale diaframma viene realizzato direttamente in opera, mediante vibroinfissione con tecnologia tipo Vibro Jet, senza asportazione di terreno e contemporaneo riempimento del foro con miscela plastica autoindurente a base di premiscelato tipo TIWODUR o equivalente



Tecnologia B)

MICRODIAFRAMMA plastico con premiscelato autoindurente Tipo TIWODUR o equivalente
(da realizzarsi nei settori nei quali non è possibile l' utilizzo del sistema vibro jet)

(Tipologia monofase: lo scavo del diaframma avviene in presenza della miscela autoindurente definitiva).

I fanghi autoindurenti realizzati con il sopraddetto premiscelato vengono immessi direttamente all'atto dello scavo, hanno inizialmente il ruolo di fluidi di perforazione, ed acquisiscono in seguito le caratteristiche di resistenza di impermeabilità e di deformabilità richieste all'opera.

Questa tecnologia comporta la successione alterna di 2 fasi operative:

- Scavo di una serie di pannelli primari opportunamente distanziati, in presenza di miscela plastica.
- Scavo di una serie di pannelli intermedi per realizzare la continuità dell'opera.

Detta modalità realizzativa garantisce l'ammorsamento degli elementi intermedi con quelli primari, in quanto si asporta parte dei pannelli già eseguiti ancora di consistenza molle-plastica.

Questa tecnologia garantisce una perfetta continuità del diaframma impermeabile per l'eliminazione dei giunti.

La realizzazione della cinturazione con diaframma plastico ammorsato in argilla, si prefigge i seguenti obiettivi:

- isolare il corpo di "discarica" dai terreni circostanti;
- evitare la fuoriuscita di acque contaminate dal perimetro dell'area oggetto di intervento.
- Isolare eventuali falde acquifere o corsi d'acqua mediante confinamento del sito sede della discarica.

4. CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DELL'OPERA

Tecnologia A)

La realizzazione del diaframma plastico prevede la messa in opera di pannelli con spessore medio reso di cm. 16 - 20 e lunghezze pari a 50 - 80 cm, per ogni singola infissione, la dimensione è variabile in funzione della litologia e resistenza meccanica dei terreni che formano il sito oggetto dell'intervento; la profondità dei pannelli è variabile da un minimo di 7,00 m. ad un max 22,00 m. dal p.c. medio.

Superficie del diaframma circa 3.900 mq.

Immorsamento come da elaborati grafici di progetto.

Tecnologia B)

La realizzazione del diaframma plastico prevede la messa in opera di pannelli con spessore medio reso di cm. 30 e lunghezze pari a 200 cm, per ogni singolo pannello, La profondità dei pannelli è variabile da un minimo di 7,00 m. ad un max 24,00 m. dal p.c. medio.

Superficie del diaframma circa 1.020 mq.

Immorsamento come da elaborati grafici di progetto.

5. ATTREZZATURE DI CANTIERE

Tecnologia A)

L'attrezzatura per la realizzazione del diaframma sarà commisurata all'entità e alle caratteristiche geologiche del sito oggetto dell'intervento in funzione delle esperienze acquisite e dei parametri storici

registrati dall'applicazione della medesima tecnologia, nello stesso luogo, avendo rilevato risultati positivi sia in fase esecutiva che fase di risultato finale.

Per la futura realizzazione si fissano alcune caratteristiche minime essenziali delle attrezzature da utilizzarsi a garanzia della riuscita e della sicurezza dell'intervento oggetto d'appalto, finalizzate ad evitare insuccessi esecutivi ed allungamenti dei tempi esecutivi con conseguenti costi e danni.

Tecnologia B)

L'attrezzatura per la realizzazione del microdiaframma sarà commisurata agli spazi operativi e ai risultati di portanza dell'area interessata dall'intervento.

Per la futura realizzazione si fissano alcune caratteristiche essenziali delle attrezzature da utilizzarsi a garanzia della riuscita e della sicurezza dell'intervento, finalizzate ad evitare insuccessi esecutivi ed allungamenti dei tempi operativi con conseguenti costi e danni.

5.1 ATTREZZATURA DI SCAVO

Tecnologia A)

L'attrezzatura di perforazione sarà costituita:

- da una macchina operatrice cingolata, dotato di torre guida formata da elementi a traliccio o scatolare, che avranno lo scopo di assicurare la rigidità del sistema in modo da mantenere la verticalità assoluta in entrambi i piani, longitudinale e trasversale.
- da un vibratore dimensionato in base ai terreni da attraversare e comunque con le caratteristiche minime sottodescritte.
- il profilo in acciaio di perforazione deve risultare debitamente rinforzato e dotato di allargatori con funzione di riduzione dell'attrito laterale, ed essere attrezzato con piede corazzato fornito di iniettore di fondo infissione.

La perforazione verrà realizzata con macchine operatrici dotate di sistemi di controllo della verticalità dell'utensile di perforazione (parametro indispensabile a garantire la buona esecuzione delle opere).

La garanzia di perfetta tenuta del diaframma è basata, oltre che sulle caratteristiche della miscela plastica, anche sulla qualità di esecuzione dei pannelli stessi.

L'opera verrà pertanto realizzata ricorrendo all'uso di strumenti elettronici in grado di garantire una precisione di 0,1° in entrambe le direttrici ortogonali.

CARATTERISTICHE MINIME DELLE ATTREZZATURE DA UTILIZZARSI PER LA REALIZZAZIONE DEL DIAFRAMMA VIBRO INFISSO TIPO VIBRO JET

- | | |
|--|----------|
| a) Torre guida altezza minima | 30,00 ml |
| b) Profilo di perforazione ed iniezione lunghezza minima | 10,00 ml |

Vibroinfissore deve garantire le seguenti caratteristiche tecniche di base "non inferiori":

c) Peso totale senza pinza	ton	14
d) Momento eccentrico	kgm	80
e) Forza centrifuga	ton	98
f) Peso dinamico senza pinza	ton	3.6
g) Ampiezza di vibrazione	mm	44,40

(Formula calcolo ampiezza di vibrazione)

$$A = \frac{2 \times M_{\text{eccentrico}}}{P_{\text{dinamico}}} = A = \frac{2 \times 80}{3,6} = 44,44 \text{ mm}$$

h) Forza Max di estrazione Pesi consentiti	limite elasticità ammortizzatore	kg	40.000
i) Infissione peso max		kg	20.000
j) Estrazione peso max		kg	20.000
k) Pinza idraulica universale peso		ton	2,2
l) Pinza idraulica universale forza di chiusura		ton	200

I seguenti parametri garantiscono:

a) b)

L'altezza di dette attrezzature è dimensionata considerando un margine di sicurezza atto a garantire possibili variazioni di profondità a seguito di eventuali imprevisti geologici che potrebbero insorgere in corso d'opera, allo scopo di assicurare la continuità delle lavorazioni ed evitare soste e costi ed oneri di difficile quantificazione, si considera quale margine di sicurezza almeno di ml. 2,00 oltre alla richiesta di progetto.

c)d)e)f)g)h)i)j)k)l)

Caratteristiche minime di base delle attrezzature da utilizzarsi per l'esecuzione dell'opera parametri rilevati dai dati storici dei precedenti interventi, elementi essenziali a garantire l'esecutività del sistema e della tecnologia.

n.b. Significativi per la realizzazione dell'opera sono i seguenti particolari tecnici g) Ampiezza di vibrazione ed h) Forza Max di estrazione requisiti fondamentali al fine di garantire la perforazione in funzione della natura geologico-geotecnica coesiva dei terreni che formano il sito oggetto dell'intervento.

h)i)j)k)l)

Elementi di base atti a garantire la sicurezza del cantiere ed evitare rischi ed incidenti durante le operazioni di costruzione del diaframma.



Attrezzatura di perforazione diaframma con metodologia a vibroinfissione



Attrezzatura di perforazione diaframma con metodologia a vibroinfissione

Tecnologia B)

L'attrezzatura di perforazione sarà costituita:

- da una macchina operatrice cingolata, dotata di braccio idraulico telescopico munita di speciale benna mordente bivalve, meccanica o idraulica, governata da sistema a fune in acciaio.

La garanzia di perfetta tenuta del diaframma è basata, oltre che sulle caratteristiche della miscela plastica, anche sulla qualità dimessa in opera dei pannelli stessi.

Pertanto l'esecuzione degli scavi è obbligatorio avvenga mediante controllo con idonei cordoli guida in c.a. aventi scopo di garantire la massima precisione sia nella verticalità dei pannelli che nel tracciamento planimetrico, con riferimenti fissi e amovibili

CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE DA UTILIZZARSI PER LA REALIZZAZIONE DEL MICRODIAFRAMMA

- | | |
|--|--------------|
| a) Macchina operatrice peso complessivo Max | ton 18,00 |
| b) Min Altezza di lavoro Macchina operatrice | mt. 3,50 |
| c) Benna mordente Dimensioni Max | cm. 200 x 30 |

I seguenti parametri garantiscono:

a) b)

L'operatività anche in superfici a bassa portanza e in aree limitate sia dal punto di vista piano che altimetrico, quali piste strette, zone sottostanti linee elettriche o ponti stradali, aree all'interno di corpi di fabbrica che consentano altezza operativa mt. 3,50.

c)

Caratteristiche minime commerciali al fine di garantire uno spessore di cm 30 sufficienti per le caratteristiche richieste dal progetto garantendo così minori costi di prodotto plastico autoindurente da impiegarsi e minori costi per lo smaltimento del materiale proveniente dalle operazioni di scavo di detti diaframmi, "che protrebbero essere contaminati".



Attrezzatura di perforazione Microdiaframma sp 300 mm

5.1.1 ASPETTO SICUREZZA

Tecnologia A)

La tecnologia proposta costituita da un vibroinfissore e lancia profilo I rinforzato, solidalmente applicato ad una torre guida, risponde appieno alle garanzia di sicurezza nei confronti della prevenzione infortuni ed incidenti oltre a garantire precisione delle fasi lavorative.

Tecnologia B)

La tecnologia proposta è nota per essere impiegata in aree fortemente urbanizzate grazie alla caratteristica di essere a basso impatto visivo, in assenza di vibrazioni e a volumi ridotti scavo.

5.2 ATTREZZATURA DI INIEZIONE MISCELE PLASTICHE

Tecnologia A)

Impianto di iniezione controllata delle miscele plastiche autoindurenti.

L'impianto deve essere attrezzato con serbatoio dotato di sistema di ricircolo od agitazione dei fanghi autoindurenti eliminando fenomeni di decantazione a danno delle caratteristiche finali delle miscele d'iniezione.

Tecnologia B)

Le miscele vengono inviate direttamente nello scavo a mezzo condotte ed impianti di pompaggio dal Impianto di mescolazione.

5.3 LABORATORIO DI CANTIERE

Tecnologia A)

Tecnologia B)

Per tutta la durata del lavoro è presente in cantiere un laboratorio attrezzato per effettuare i test a breve sulle miscele plastiche autoindurenti.

In particolare, le attrezzature generalmente previste nel laboratorio sono:

- Cronometro
- Cono di Marsh;
- Cilindro graduato;
- Bilancia Barroid;
- Stampi in acciaio inox riutilizzabili per provini cilindrici per il campionamento della miscela plastica da inviare a laboratorio;
- Vasca di stagionatura provini;

6 IMPIANTI DI CANTIERE

Vengono di seguito illustrate le funzioni degli impianti di cantiere.

6.1 IMPIANTO DI PRODUZIONE DEL FANGO AUTOINDURENTE

CARATTERISTICHE IMPIANTO DI MESCOLAZIONE:

- Produzione miscela: maggiore di mc/h 25 con rapporto acqua/polvere 1,00 (con peso specifico max circa 1,6 ton/mc).

IMPIANTO PER LA PREPARAZIONE DI MISCELE BINARIE O TERNARIE CON SISTEMA DI DOSAGGIO MANUALE - AUTOMATIZZATO.

L'impianto di confezionamento delle miscele plastiche sarà così composto:

Gruppo centralizzato munito di pesa e contaltri, per la dosatura e miscelazione dei componenti, da un mescolatore ad alta turbolenza;

- n.1 silos o più della capacità minima di ton 90 cad.
- vasche o serbatoi metallici quali contenitori di riserva acqua necessaria alla produzione giornaliera delle miscele plastiche.
- Pompe o Veicoli per il trasferimento delle miscele plastiche dall'impianto di mescolazione agli scavi dei diaframmi.



IMPIANTO DI PRODUZIONE DEL FANGO AUTOINDURENTE

7. MISCELA PLASTICA

7.1 COMPOSIZIONE DELLA MISCELA PLASTICA

Per la realizzazione delle paratie in miscela plastica autoindurente vengono impiegati:

- Acqua
- Premiscelato Tipo TIWODUR
- Filler
- Additivi se necessario

7.2 CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DELLA MISCELA PLASTICA.

Tecnologia A)

• Densità	t/m ³	≥1,50	
• Tempo Marsh	s	> 30	
• Decantazione dopo 2 ore	%	≤ 2	
• Permeabilità dopo 90 gg	m/sec	≤ 5E-11	

Tecnologia B)

• Densità	t/m ³	≥1,20	
• Tempo Marsh	s	> 30	
• Decantazione dopo 2 ore	%	≤ 2	
• Permeabilità dopo 90 gg	m/sec	≤ 5E-11	

8. MODALITA' DI ESECUZIONE DEL DIAFRAMMA

Tecnologia A)

La sequenza di scavo prevede l'infissione di profilo debitamente rinforzato attrezzato con piede corazzato e di iniettore di fondo.

La sequenza è continua e ogni pannello seguente si sovrapporrà all' antecedente per almeno 20 cm in modo da garantire la continuità dell'opera senza giunti "in assenza di soluzione di continuità" (come previsto dalle norme, linee guida e dalla buona regola del costruire nella realizzazione delle barriere idrauliche) e consentire il mantenimento della verticale di infissione.

Raggiunta la quota definita dal progetto si inizierà la risalita con l'estrazione vibrata dell'utensile di perforazione, procedendo nel contempo all'iniezione controllata nella cavità mediante ugello iniettore di fondo con pressione almeno non inferiore a quella atmosferica.

La profondità dei pannelli sarà tale da permettere un ammorsamento nello strato impermeabile di fondo come indicato dalle relazioni geologico geotecniche e di calcolo idraulico.

Tecnologia B)

Tale diaframma viene realizzato in opera, mediante scavo con speciale benna mordente idraulica o meccanica.

La perforazione deve essere eseguita in presenza della stessa miscela plastica.

La sequenza costruttiva di principio risulta evidenziata nello schema grafico di progetto "metodo di esecuzione".

Durante la perforazione il livello della miscela dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro ed in nessun caso dovrà scendere fino a ridurre il franco rispetto alla massima quota piezometrica di falda a valori inferiori a 1,00 m.

La sequenza di scavo da utilizzarsi sarà ad elementi alterni eseguiti in fasi successive (pannelli primari e secondari).

Lo scavo dei pannelli primari e secondari dovrà essere parzialmente sovrapposto, per assicurare la continuità e la tenuta idraulica del diaframma.

Sovrapposizione minima 25 cm.

Lo scavo dei pannelli secondari potrà essere eseguito quando la miscela autoindurente presente nei pannelli primari avrà fatto presa.

Al fine di garantire la massima precisione sia nella verticalità dei pannelli che nel tracciamento planimetrico con riferimenti fissi e amovibili si obbliga che gli scavi avvengano all'interno di idonei cordoli guida in c.a. costruiti in opera secondo progetto vedere allegati .

9. CONTROLLI

Tecnologia A)

Tecnologia B)

Preliminarmente saranno effettuate una serie di prove necessarie per caratterizzare l'ideale dosaggio e prestazioni delle miscele di utilizzo.

In particolare, quelle tendenti a precisare i valori di:

- densità
- viscosità
- permeabilità con riferimento alla norma DIN 18130, TI.1 (11/89)



IMMAGINE TEST TRIASSIALE PREMISCELATO TIWODUR O EQUIVALENTE

Definita la composizione della miscela da utilizzarsi in cantiere, oltre alle prove sopra richiamate, sono previsti adeguati controlli in sito, nel corso dei lavori, che serviranno a stabilire e determinare le caratteristiche iniziali o, a breve termine, della miscela.

Sul cantiere sarà sempre disponibile l'attrezzatura adeguata per i controlli di qualità a breve termine dei fanghi.

Per il controllo delle caratteristiche della miscela componente il diaframma messo in opera si dovrà prelevare 1 campione ogni 300 mq di diaframma realizzato e comunque almeno 1 campione per ogni giorno di lavorazione.

Sui campioni prelevati contestualmente alle fasi di lavorazione, e quindi giornalmente, si effettueranno le seguenti determinazioni:

- peso di volume
- viscosità Marsh

Tecnologia A)

Dai campioni prelevati, nella misura di 1 campione ogni 300 mq di diaframma messo in opera, dopo 28-56-90 giorni di maturazione, si eseguiranno test di laboratorio per la determinazione dei seguenti valori:

- permeabilità: Norma DIN 18130 TI.I (11/89) (1 ogni 300 mq)

Tecnologia B)

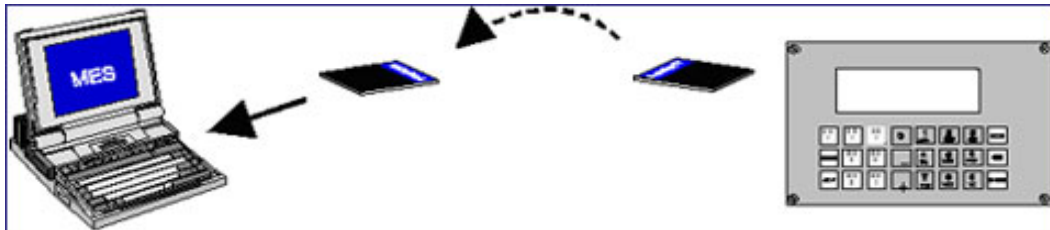
Dai campioni prelevati, nella misura di 1 campione ogni 40 mq di microdiaframma messo in opera, dopo 28-56-90 giorni di maturazione, si eseguiranno test di laboratorio per la determinazione dei seguenti valori:

- permeabilità: Norma DIN 18130 TI.I (11/89) (1 ogni 80 mq).

L'attrezzatura di perforazione è attrezzata con un sistema di misura dotato di visualizzatore - acquisitore dei parametri di perforazione ed iniezione che intervengono nella tecnologia del Vibro-Jet.

- numero progressivo
- ora-inizio perforazione - ora-fine perforazione
- Profondità di perforazione (m)
- Velocità di avanzamento utensile (cm/min)
- Portata istantanea del fluido di perforazione (l/min)

Al termine della giornata lavorativa i dati vengono trasferiti dalla macchina operatrice in un qualsiasi computer portatile, e successivamente si procederà alla stampa dei dati memorizzati durante le lavorazioni, utili ad garantire processi e controlli di qualità sulle produzioni eseguite e produrre i verbali con i relativi grafici caratteristici per ogni singolo setto di paratia eseguita giornalmente.



L'elemento essenziale di sicurezza e garanzia delle opere eseguite viene assicurato dai dati raccolti in cantiere durante le operazioni di perforazione mediante l'apparecchiature di memorizzazione e restituzione dei parametri di lavoro e dalle prove che si eseguono nel corso delle operazioni di campo, utilizzando le strumentazioni richiamate al cap.5 paragrafo 5.3 Laboratorio di cantiere.

Tecnologia B)

Schede di lavorazione giornaliera

Giornalmente saranno redatte schede di lavorazione nelle quali siano documentati i mq di diaframma realizzato e le lunghezze in sviluppo orizzontale giornaliera.

Sulle schede giornaliera saranno inoltre riportati N° dei campioni prelevati, ora e giorno del prelievo, note sull'andamento dei lavori, eventuali sospensioni dei lavori e relative motivazioni, determinazioni relative a: peso di volume, viscosità Marsch e quant'altro ritenuto opportuno.

Gli sviluppi orizzontali di diaframma realizzati giornalmente dovranno essere visualizzati in planimetria con adeguata scala e comunque non inferiore ad 1:500, nella quale siano identificati i m lineari di opera realizzata in funzione delle progressive del perimetro, riportanti anche le date di esecuzione dei tratti di diaframma, da identificarsi anche con sigle indicanti il giorno di lavorazione

