

**RELAZIONE TECNICA PER L'OTTEMPERANZA  
DELLE PRESCRIZIONI A.8 E A.9**

**Sommario**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ADEGUAMENTO PLANIMETRICO DEL TRACCIATO DEL DIAFRAMMA</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PRESCRIZIONE A.8 – TECNOLOGIA, IMMORSAMENTO E IMPERMEABILITÀ DELLA BARRIERA</b>	<b>7</b>
	Tecnologia impiegata	7
	Immorsamento	8
	Requisito di impermeabilità	9
<b>4</b>	<b>PRESCRIZIONE A.9 – GARANZIA DEI REQUISITI DI IMPERMEABILITÀ</b>	<b>10</b>
	Campo prove	11
	Piezometri di controllo e collaudo	13
	Controlli sul diaframma eseguito	14
	Indagini geofisiche	14
	Indagini dirette e prove di laboratorio	15

## 1 PREMESSA

La presente relazione è redatta a corredo dell'istanza di verifica dell'ottemperanza alle prescrizioni A.8 e A.9 di cui al Decreto MATTM n. 167 del 6/8/2015.

Le prescrizioni cui la presente relazione si riferisce riguardano gli aspetti legati alla realizzazione e al collaudo della barriera di impermeabilizzazione degli argini perimetrali della colmata. Il testo delle prescrizioni è riportato di seguito.

### PRESCRIZIONE n. A.8

*“Il progetto esecutivo della tecnica di realizzazione della barriera di impermeabilizzazione degli argini perimetrali della colmata. Lasciata dal capitolato d'appalto alla scelta dell'impresa vincitrice dell'appalto in relazione alla tecnologia di cui dispone, diaframma plastico, jet grouting, deep mixing, dovrà essere presentato e valutato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, prima dell'inizio dei lavori; in ogni caso l'immorsamento della barriera perimetrale impermeabile nell'orizzonte argilloso impermeabile deve essere di almeno 2 m e devono in ogni caso essere assicurati sul fondo e sulle pareti i requisiti di impermeabilità previsti dall'art. 5-bis della legge 84/1994 e s.m.i. per le colmate destinate a ricevere sedimenti da dragaggi eseguiti in aree SIN, equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale dello spessore di 1 m con  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s.”.*

### PRESCRIZIONE n. A.9

*“Ad opere finite dovranno essere eseguite prove di permeabilità in situ in prossimità dei diaframmi per garantire i requisiti di impermeabilità equivalenti a  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s per uno spessore  $\geq 1$  m; gli esiti dovranno essere sottoposti al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare”.*

Nel successivo paragrafo 2 è riportata anche una breve sintesi delle modifiche introdotte, come risultato dell'approfondimento progettuale e dell'ottemperanza alle prescrizioni, al tracciato planimetrico ed alle profondità del diaframma. Successivamente, per ciascuna prescrizione, sono descritte le soluzioni adottate e la metodologia proposta per la verifica di ottemperanza.

Si riporta di seguito una breve sintesi delle modalità con le quali si è inteso ottemperare alle prescrizioni di cui sopra.

#### **Prescrizione A.8:**

*Il progetto esecutivo della tecnica di realizzazione della barriera di impermeabilizzazione degli argini perimetrali della colmata prevede l'impiego della tecnologia del cosiddetto jet grouting “lamellare” o “monodirezionale”.*

*Sulla base delle risultanze delle indagini geotecniche integrative eseguite, la profondità del diaframma è stata localmente adeguata (rispetto al progetto definitivo) alle diverse*

*condizioni geologiche in modo da garantire l'immorsamento del diaframma nell'orizzonte argilloso impermeabile per almeno 2 m.*

*La tecnologia impiegata e le caratteristiche della miscela utilizzata saranno tali da assicurare al terreno iniettato (per uno spessore minimo previsto di 0.30 m) requisiti di permeabilità almeno equivalenti ad uno strato minerale con K (coefficiente di permeabilità) minore o uguale a  $1.0 \times 10^{-9}$  m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m. In altri termini, a parità di tempi di attraversamento, si richiede alla massa di terreno iniettato di avere una permeabilità inferiore a  $0.9 \times 10^{-10}$  m/s.*

**Prescrizione A.9:**

*I requisiti di impermeabilità equivalenti a  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s per uno spessore  $\geq 1$  m saranno garantiti mediante test preliminari, un campo prove e misure effettuate in sito finalizzate alla verifica della corretta realizzazione ed efficacia della barriera idraulica.*

*I requisiti particolarmente rigorosi in termini di permeabilità rendono la misura diretta in sito particolarmente complessa, quindi la strategia di verifica verrà basata sul monitoraggio del comportamento globale della barriera ed in verifiche puntuali dell'integrità e delle prestazioni dei pannelli impermeabili realizzati.*

*Gli esiti delle verifiche saranno sottoposti al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.*

## 2 ADEGUAMENTO PLANIMETRICO DEL TRACCIATO DEL DIAFRAMMA

Si fa presente che Il tracciato del diaframma proposto nel progetto esecutivo è conforme a quanto previsto dal progetto definitivo revisionato del Novembre 2015, nel quale l'area a Nord contenente matrici antropiche contaminate era già stata esclusa esclusa (area rossa in Fig. 2.1). Rispetto a tale versione, il progetto esecutivo prevede lo spostamento del diaframma nella zona della piarda, dal contorno bagnato all'asse dell'argine (Fig. 2.2 e Fig. 2.3). Questo spostamento ha lo scopo di contenere le acque immesse in colmata, impedendo loro di filtrare attraverso il terreno ghiaioso nell'area della piarda e da questa in mare. La realizzazione del perimetro del diaframma attorno alla piarda avrebbe infatti presentato una quota di coronamento pari al massimo a quella del piano campagna (circa +1.0 m s.m.m.), mentre la quota delle acque in colmata potrà raggiungere i +5.5 m s.m.m.. Lo spostamento consente anche di evitare l'impaludamento delle acque della piarda da parte delle acque di infiltrazione provenienti dalla colmata.

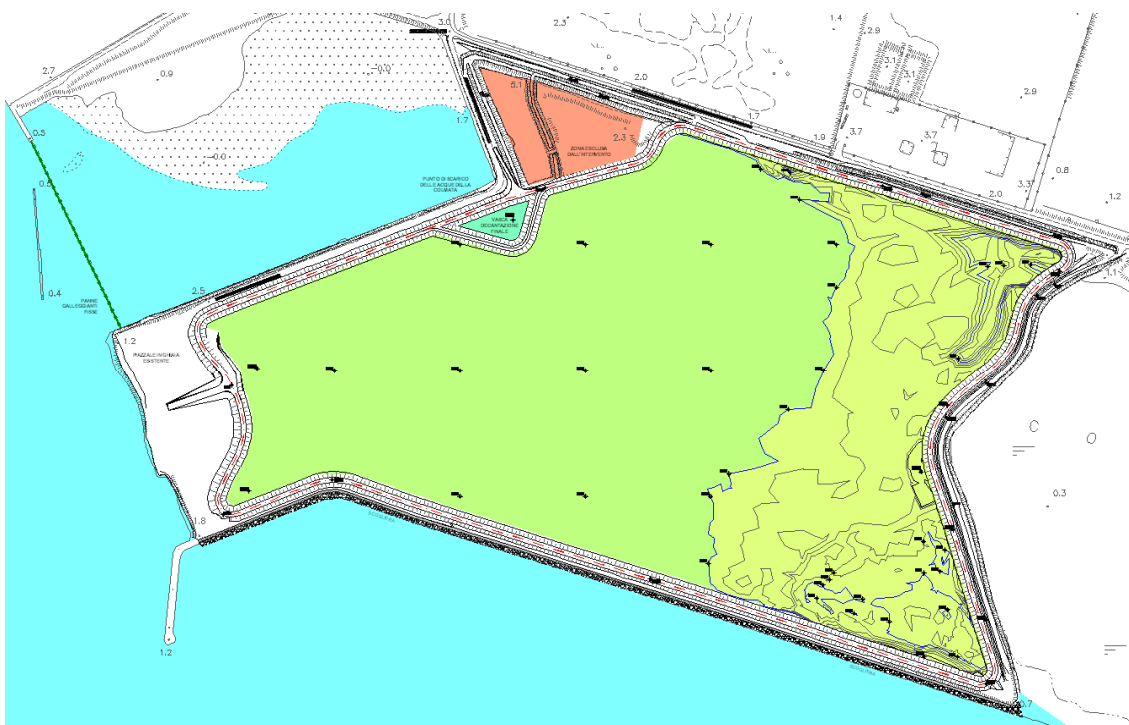


Fig. 2.1 – Planimetria della colmata

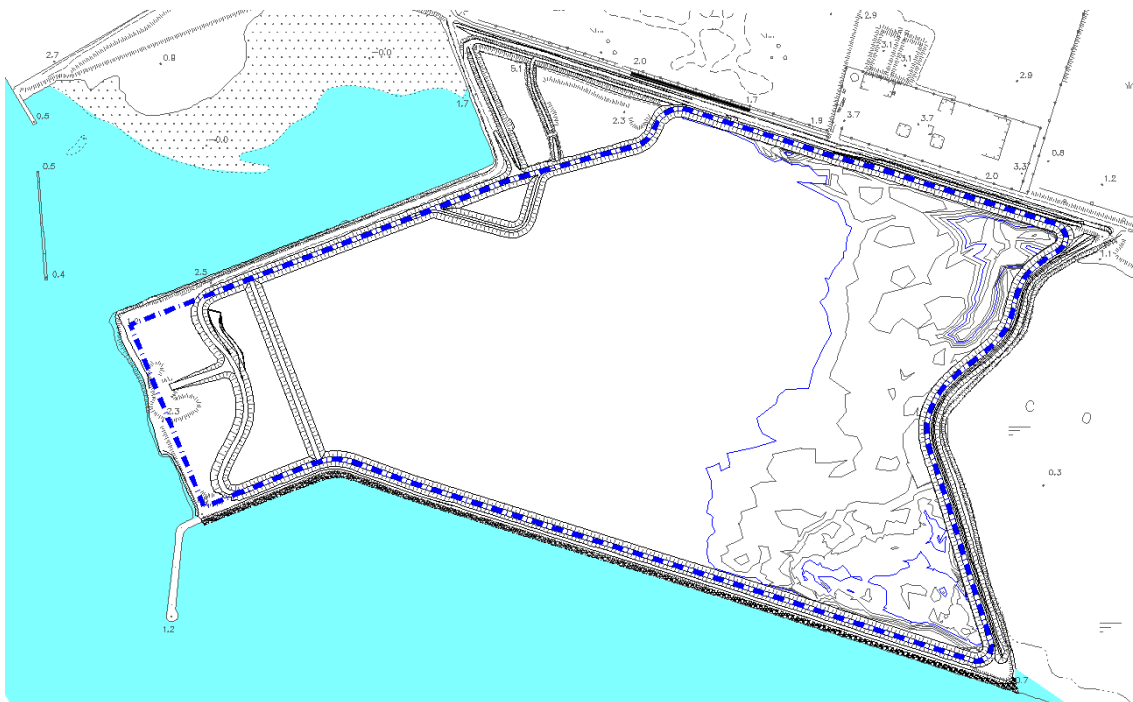


Fig. 2.2 – Tracciato del diaframma nel progetto definitivo (Novembre 2015)

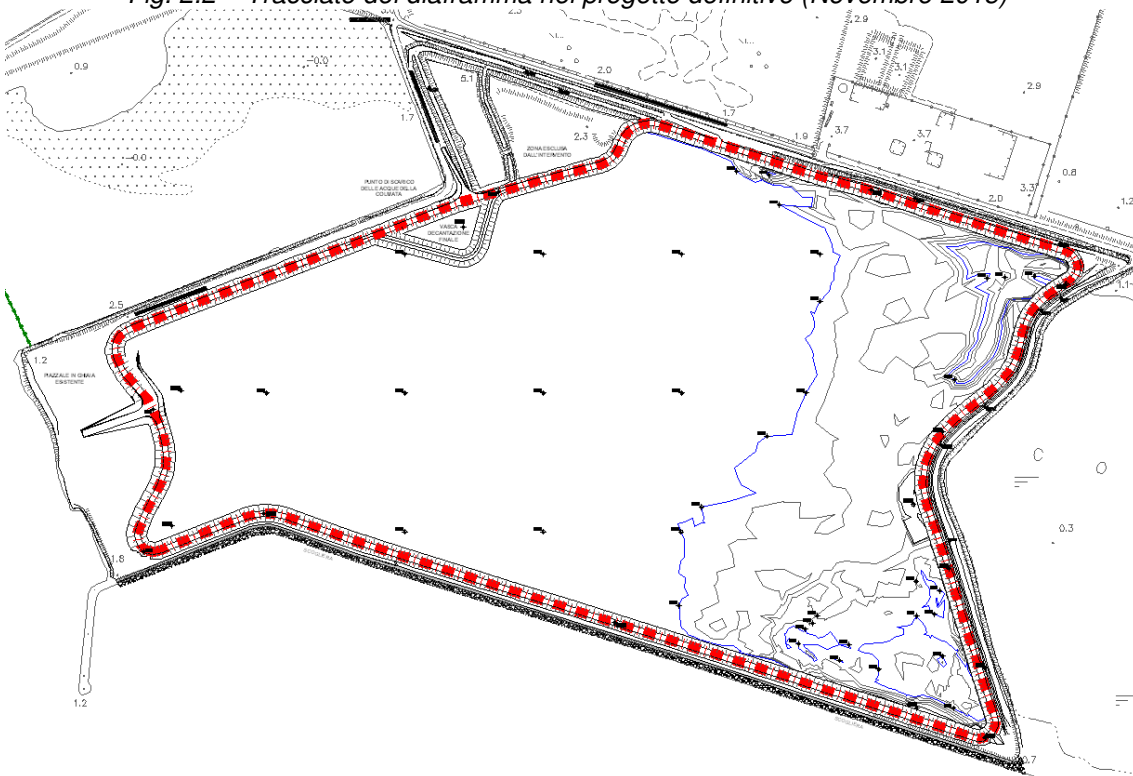


Fig. 2.3 – Tracciato del diaframma previsto nel progetto esecutivo (in rosso)

Un altro aspetto rilevante nella definizione di dimensioni e caratteristiche della barriera idraulica perimetrale è il rapporto tra le prestazioni richieste (prescrizione MATTM A:8 e A.9) e la natura del materiale disponibile per la realizzazione dei nuovi corpi arginali. L'esecuzione delle nuove indagini, ed il riesame della documentazione complessiva disponibile (in particolare le caratterizzazioni del terreno all'interno della cassa di colmata esistente), hanno infatti permesso di accertare che i volumi di terreno interessati da sbancamento per la formazione dei nuovi corpi arginali sono in massima parte di natura incoerente e quindi permeabili, certamente ben oltre i limiti di cui alla prescrizione MATTM, anche tenendo presente il rilevante spessore trasversale del corpo arginale. Come conseguenza di ciò, si è ritenuto di non poter affidare al corpo arginale alcuna funzione di tenuta idraulica e di prolungare verso la sommità dell'argine il diaframma perimetrale, fino alla quota di +5.0 m s.m.m. (Fig. 2.4). Il completamento della barriera impermeabile, oltre la quota di massimo riempimento (+5.5 m s.m.m.), avverrà con la saturazione della trincea sommitale in fase di iniezione del diaframma; la trincea si riempirà infatti con il materiale di esubero dell'iniezione, costituito da una miscela di terreno e miscela plastica impermeabile.

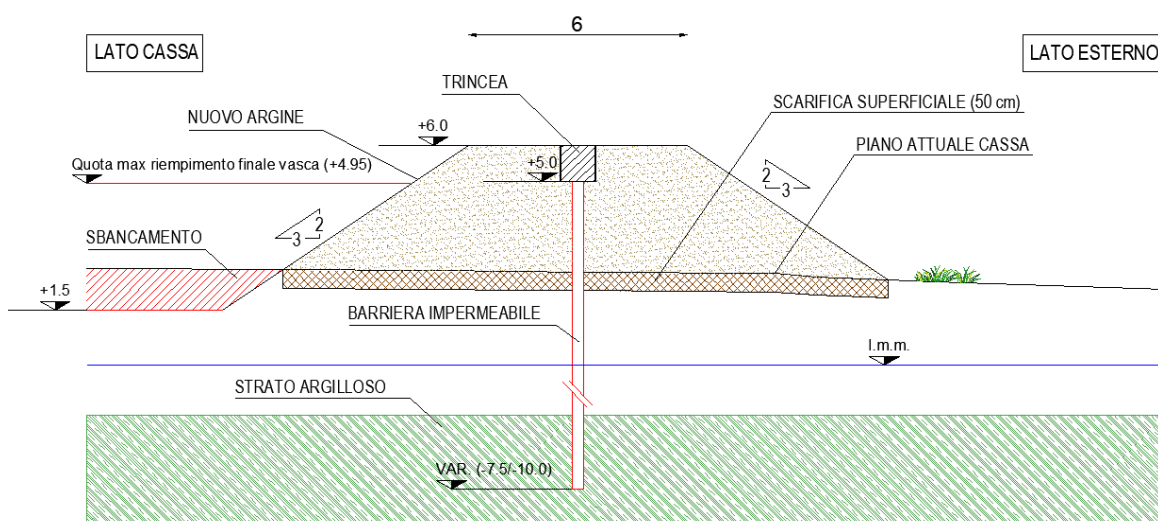


Fig. 2.4 – Sezione tipologica argine cassa di colmata (sezione corrente)

### 3 PRESCRIZIONE A.8 – TECNOLOGIA, IMMORSAMENTO E IMPERMEABILITÀ DELLA BARRIERA

#### Tecnologia impiegata

La tecnologia che si intende impiegare è quella del cosiddetto jet grouting “lamellare” o “monodirezionale”: la paratia viene realizzata mediante successive iniezioni ad alta pressione (Fig. 3.1) durante le quali le aste non vengono ruotate in fase di estrazione, realizzando di conseguenza pannelli spiccatamente bidimensionali. La scelta della tecnologia jet, rispetto alle alternative proposte nel progetto definitivo (diaframma plastico, jet grouting e deep mixing) è motivata dal fatto che il terreno attraversato è rimaneggiato e le operazioni si svolgono in presenza di falda e lenti di materiale granulare. La tecnologia prescelta, inoltre, minimizza il volume di materiale di esubero che, nel caso specifico, verrà contenuto all'interno della trincea sommitale realizzata in fase di cantiere. Eventuale materiale di esubero verrà gestito secondo la normativa vigente e, se idoneo, riutilizzato nell'area di cantiere.

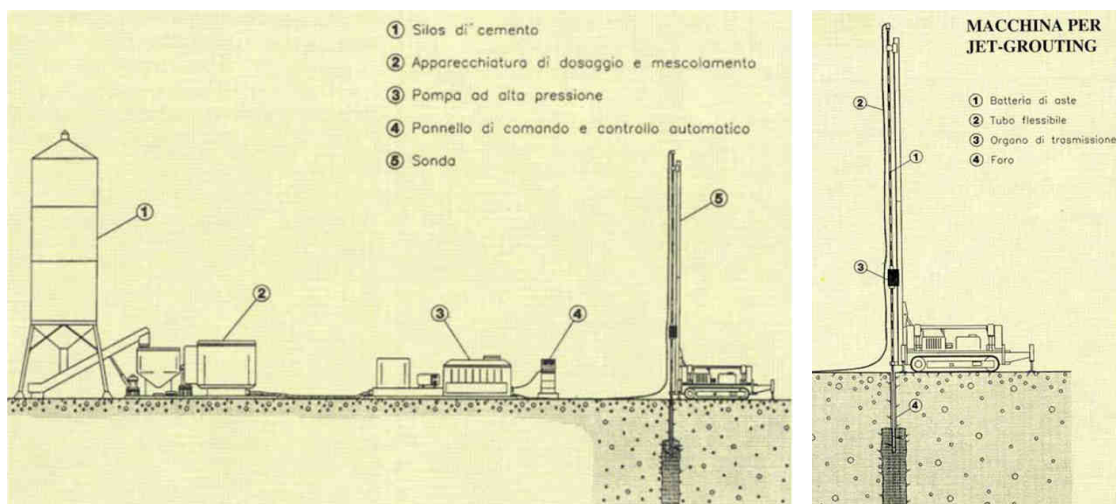


Fig. 3.1 – Cantiere e macchina per jet grouting

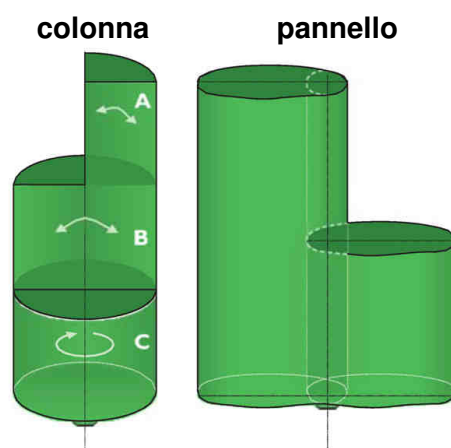
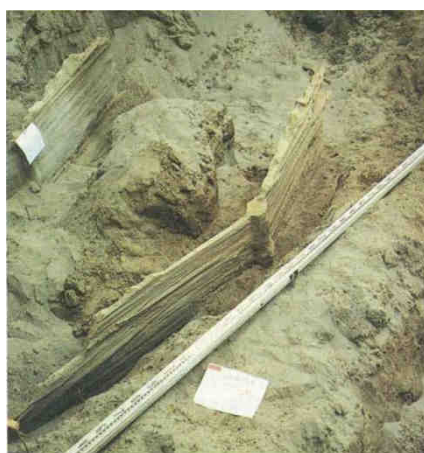


Fig. 3.2 – Realizzazione di paratia con tecnologia jet grouting monodirezionale

## Immorsamento

L'analisi delle indagini pregresse e del modello geologico-stratigrafico ricostruito nell'ambito del progetto definitivo (cfr. elaborato del Progetto Definitivo: EG\_12 – “Diaframma cassa di colmata – stato di progetto”) ha fatto emergere alcune singolarità, legate principalmente alla verifica della posizione altimetrica e allo spessore dello strato argilloso all'interno del quale deve immorsarsi il diaframma perimetrale.

In fase di redazione del progetto esecutivo sono state quindi effettuate una serie di indagini integrative sui terreni di fondazione della cassa di colmata (sia lungo il tracciato dell'argine perimetrale che all'interno della cassa stessa). Le indagini in sito, unitamente alle prove di laboratorio, hanno consentito di risolvere le criticità emerse in fase di riesame del progetto definitivo. L'integrazione tra le indagini pregresse e le nuove indagini ha infatti permesso di costruire un dettagliato modello geologico-stratigrafico e geotecnico dei terreni, che risulta pienamente esaustivo in relazione alle finalità progettuali. È stato così possibile definire compiutamente la geometria dell'opera (diaframma), in modo tale da garantire l'immorsamento della stessa per almeno 2 m all'interno dell'orizzonte argilloso impermeabile.

A titolo di esempio, in Fig. 3.3 si riporta un dettaglio delle sezioni stratigrafiche lato piarda (a sinistra) e lato darsena (a destra), con indicazione della quota prevista per la base del diaframma.

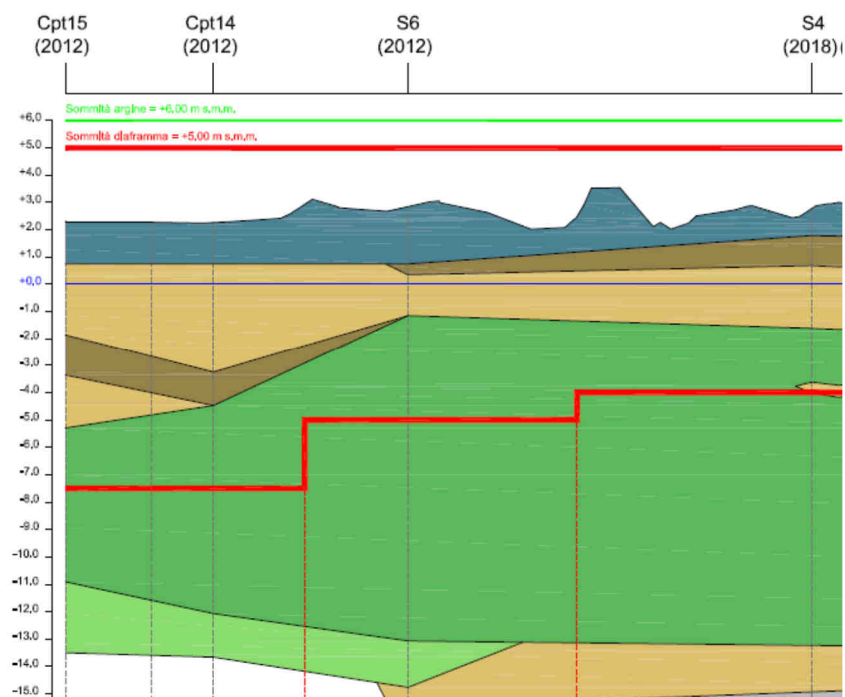


Fig. 3.3 – Dettaglio sezione stratigrafica lato piarda:  
in verde è rappresentato il banco argilloso, in rosso la quota prevista per la base del diaframma



## Requisito di impermeabilità

Secondo quanto indicato nella prescrizione A.9, devono essere assicurati sul fondo della cassa e sulle pareti del diaframma i requisiti di impermeabilità previsti dall'art. 5-bis della legge 84/1994 e s.m.i. per le colmate destinate a ricevere sedimenti provenienti da dragaggi, equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale dello spessore di 1 m con  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s.

Lo spessore e le caratteristiche del diaframma sono stati quindi adeguati a quanto indicato nella prescrizione, mantenendo lo spessore minimo previsto nel progetto definitivo (pari a 0.30 m) e portando la permeabilità (massima) al valore  $K = 0.9 \cdot 10^{-10}$  m/s, che dovrà essere garantito in opera. I requisiti di permeabilità equivalenti sono stati ottenuti imponendo l'equivalenza dei tempi di attraversamento della barriera impermeabile, a parità di differenza di carico idraulico.

La possibilità e capacità di raggiungere il requisito dovrà essere opportunamente documentata in fase di gara. In fase di esecuzione dei lavori, sono previste:

- a) verifiche ante operam in fase di gara (prequalificazione delle miscele);
- b) campo prove, da realizzarsi all'interno della cassa di colmata su litologie analoghe a quelle presenti lungo il tracciato del diaframma;
- c) verifiche in corso d'opera (controllo di qualità delle miscele e delle lavorazioni);
- d) verifiche post operam propedeutiche al collaudo ed al successivo riempimento della colmata (monitoraggi, prove di pompaggio, prove geofisiche, carotaggi).

#### **4 PRESCRIZIONE A.9 – GARANZIA DEI REQUISITI DI IMPERMEABILITÀ**

Secondo quanto prescritto, ad opere finite dovranno essere eseguite prove di permeabilità in situ in prossimità dei diaframmi per garantire i requisiti di impermeabilità equivalenti a  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s per uno spessore  $\geq 1$  m; gli esiti dovranno essere sottoposti al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

In primo luogo, si fa presente che la verifica del rispetto dei requisiti prestazionali indicati nella prescrizione A.9 del Decreto MATTM costituisce un passaggio fondamentale nella realizzazione dei lavori, in quanto gli esiti delle verifiche della barriera impermeabile devono essere trasmessi al MATTM, come specificato nella medesima prescrizione, e l'esito positivo delle verifiche è a sua volta propedeutico all'inizio delle operazioni di dragaggio e refluento, come da specifica indicazione posteriore del MATTM (cfr. parere n. 2738 del 25/05/2018 emesso dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – V.I.A. e V.A.S. del MATTM).

Le misure da effettuare in situ sono finalizzate alla verifica della corretta realizzazione ed efficacia della barriera idraulica, che deve risultare conforme ai requisiti di progetto, alle prescrizioni del MATTM ed alla normativa vigente: i requisiti sono sostanzialmente riconducibili al rispetto delle prestazioni di cui al comma 4 dell'Art. 5-bis della legge 28 gennaio 1994, n. 84 e nell'immorsamento di almeno 2 m nell'orizzonte argilloso impermeabile presente al di sotto della colmata.

Di conseguenza, le verifiche che andranno condotte per il controllo della rispondenza della barriera idraulica ai requisiti di cui sopra, dovranno accertare:

- 1) profondità e spessore minimo del diaframma;
- 2) continuità della barriera idraulica;
- 3) prestazioni della barriera idraulica.

I requisiti particolarmente rigorosi in termini di permeabilità rendono la misura diretta in situ particolarmente complessa, quindi la strategia di verifica verrà basata sul monitoraggio del comportamento globale della barriera ed in verifiche puntuali dell'integrità e delle prestazioni dei pannelli impermeabili realizzati. La correttezza delle verifiche effettuate e la loro significatività saranno supportate dalla documentazione relativa ai controlli ante operam (prequalificazione delle miscele per iniezioni ed esaustività del quadro dei dati di base), agli esiti del campo prove, ai controlli di qualità in corso d'opera ed alla congruenza dei parametri di funzionamento delle attrezzature rispetto a quanto testato nel campo prove.

Il monitoraggio idrogeologico sarà associato alla contestuale misura dei principali parametri atmosferici, attraverso il posizionamento, all'interno dell'area di cantiere, di una stazione meteorologica in grado di misurare temperatura, intensità e direzione del vento, altezza di precipitazione e irraggiamento solare.

Di seguito si riportano le specifiche relative al campo prove in quanto propedeutiche alle verifiche post operam.

### Campo prove

Al fine di verificare la corretta scelta dei parametri di iniezione e della geometria dei fori di iniezione, dovrà essere realizzato, all'interno della colmata ed in adiacenza al tracciato della barriera impermeabile (in area idrogeologicamente affine; cfr. Fig. 4.1), un campo prove preliminare con due specifiche finalità:

- 1) verificare l'efficienza della metodologia proposta;
- 2) calibrare il sistema di verifica e controllo che sarà utilizzato sui diaframmi in opera.

Il campo prove sarà costituito da una barriera dello sviluppo lineare complessivo di 40 m, disposta a formare un perimetro chiuso. La profondità del diaframma sarà di 10 m rispetto al piano campagna, così da intercettare lo strato impermeabile in maniera analoga alla barriera impermeabile di progetto.

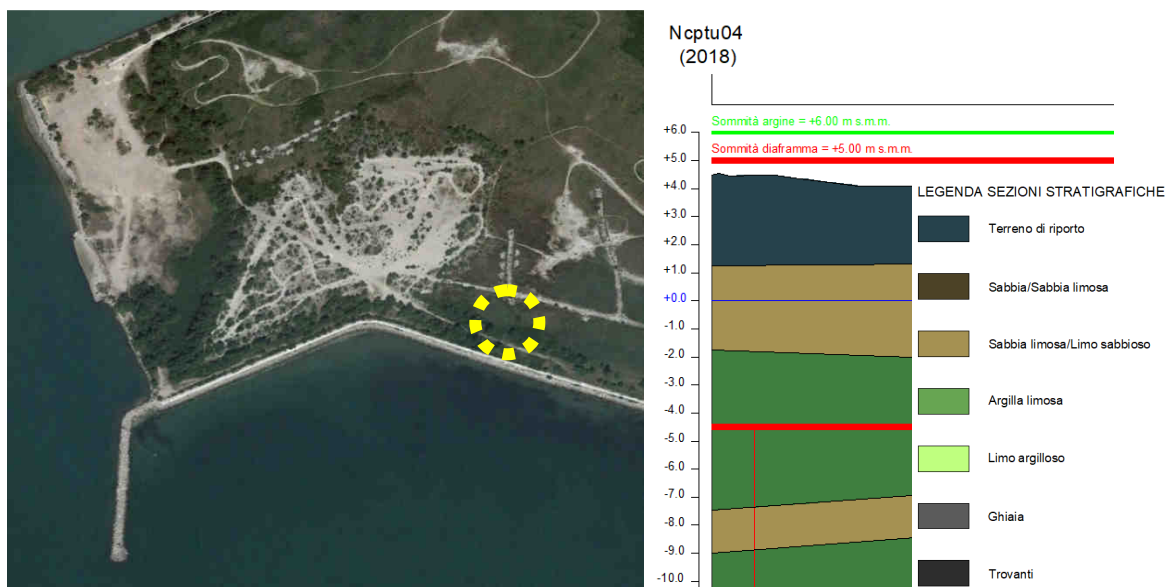


Fig. 4.1 – Area suggerita per il campo prove e sezione geologica di riferimento

Durante la fase di iniezione saranno registrati i seguenti parametri di perforazione/iniezione, relativi a ciascun pannello:

- 1) data e ora di inizio e fine lavoro, durata;
- 2) profondità del foro (m);
- 3) lunghezza della parte iniettata;
- 4) velocità di rotazione/estrazione delle aste;
- 5) quota e deviazione dell'asse di perforazione;
- 6) velocità di risalita delle aste;
- 7) pressione dei fluidi di iniezione;
- 8) portata dei fluidi di iniezione;

Tutti i valori dovranno essere registrati in funzione della profondità misurata, riferita allo zero (l.m.m.) dei caposaldi di progetto (cfr. Elaborato C2).

Il perimetro conterminato sarà monitorato attraverso due coppie di piezometri posti a cavallo della barriera impermeabile, sui quali verranno effettuate successive prove di pompaggio per verificare la tenuta e la continuità del diaframma. Le prove saranno eseguite non prima di 7 gg dal completamento delle iniezioni. Le variazioni dei livelli saranno monitorate attraverso trasduttori di pressione posizionati in ciascun piezometro, con misurazione continua ad intervalli temporali non superiori ai 10'. I piezometri, del diametro interno non inferiore a 4", saranno fessurati dalla quota di -2.0 m rispetto al piano campagna al tetto dello strato argilloso impermeabile. L'esecuzione dei piezometri dovrà prevedere un sondaggio iniziale di verifica della stratigrafia (all'esterno del perimetro della barriera di prova); successivamente verranno realizzati i 4 piezometri, con la certezza di arrestare la perforazione alla base dell'acquifero da monitorare.

Una volta accertata tenuta e continuità, si passerà all'esecuzione di verifiche puntuali (distruttive) della continuità e dell'effettiva prestazione idraulica richiesta alla barriera. Si procederà quindi all'esecuzione di non meno di 3 sondaggi a carotaggio continuo in asse al diaframma, prelevando almeno 2 campioni indisturbati da ciascun sondaggio, entro profondità comprese tra -2.0 m dal piano campagna e la base dell'acquifero. Qualora il terreno trattato non rendesse possibile il campionamento indisturbato con campionatore tipo Osterberg, il campionamento dovrà avvenire mediante carotaggio minimizzando il disturbo del campione.

Una volta completati i sondaggi, si procederà allo scavo di trincee esplorative per verificare spessore e continuità della barriera impermeabile; le trincee si dovranno spingere, per scavi successivi, fino a profondità di almeno 4 m dal piano campagna.

TEST	Requisito	Norma di riferimento
Resistenza a compressione	> 100 kPa	UNI CEN ISO/TS 17892-8
Deformazione verticale a rottura	> 5%	
Permeabilità (a 28 gg dall'iniezione)	$\leq 0.9 \cdot 10^{-10}$ m/s	DIN 18130 parte I; Geotechnics of Landfill Design and Remedial Works-Technical Recommendations GLR, 1994

NOTA 1: I provini dovranno essere conservati in apposite fustelle di dimensioni idonee ai successivi test, immersi in acqua a temperatura di  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ .

NOTA 2: Le prove di permeabilità e resistenza dovranno essere eseguite dopo almeno 72 h di saturazione in contropressione all'interno della cella triassiale.

*Tab. 4.1 – Prove di verifica del terreno trattato*

### **Piezometri di controllo e collaudo**

Il comportamento globale della barriera impermeabile sarà verificato attraverso il monitoraggio, condotto per almeno 30 gg, di 3 coppie di piezometri realizzati a cavallo del diaframma.

Il piezometro di ciascuna coppia interno alla colmata andrà realizzato sul filo interno del coronamento dell'argine di colmata, secondo le medesime specifiche di cui al precedente paragrafo (campo prove); il piezometro esterno sarà invece posizionato sul filo esterno del coronamento.

Le coppie di piezometri andranno collocate in corrispondenza dei caposaldi per il monitoraggio dei cedimenti dei corpi arginali (una coppia ogni 4 caposaldi).

Ciascun piezometro dovrà essere dotato di un sensore di pressione autoregistrante in grado di misurare il livello piezometrico con continuità (intervallo di misura non superiore a 1 ora). Le caratteristiche minime dei sensori sono riportate in Tab. 4.2; la quota di riferimento di ciascun sensore e la quota piezometrica (rilevata con freatimetro) dovranno essere cautelativamente rilevate all'inizio ed alla fine di ogni periodo di misura, al fine di effettuare eventuali correzioni dovute all'eventuale deriva del segnale misurato dallo strumento.

Il monitoraggio finalizzato al collaudo consisterà nella misura oraria (sincrona) dei livelli piezometrici all'interno ed all'esterno del diaframma; il collaudo avrà esito positivo qualora non si ravvisi una dipendenza del regime idrogeologico interno da quello esterno. In questa fase dei lavori, per la sola durata dei 30 giorni impiegati per il monitoraggio finalizzato al collaudo, il drenaggio profondo dovrà essere mantenuto inattivo.

Al termine del monitoraggio verranno effettuate prove di pompaggio mediante emungimento dal piezometro esterno di ciascuna coppia, mantenendo un

abbassamento di falda di almeno 1 m per almeno 48 ore e verificando le eventuali perturbazioni sul piezometro interno corrispondente.

La rete di monitoraggio resterà comunque attiva fino al collaudo finale dei lavori (inclusa la fase di dragaggio e refluento), mantenendo la frequenza di campionamento oraria. I dati verranno messi a disposizione della Direzione Lavori e della Stazione Appaltante per finalità prevalentemente geotecniche in relazione alla prevedibile destinazione d'uso finale dell'area, che peraltro risulta subordinata all'approvazione del nuovo P.R.P. ed a specifica Valutazione di Impatto Ambientale da parte del MATTM.

<b>Caratteristiche tecniche</b>	
Misure:	sezione inferiore a 30 mm
Memoria:	> 10.000 misure (non volatile)
Frequenza di campionamento:	da 10 sec a 24 ore
Materiale:	acciaio inox AISI 316L
Sensore:	ceramico
Temperatura:	da -20 a 80 °C
Accuratezza:	±0.1 °C
Risoluzione (temperatura):	< 0.1 °C
Risoluzione (pressione):	<50 Pa
Compensato:	da 0 a 40 °C

*Tab. 4.2 – Caratteristiche minime dei sensori autoregistranti*

### **Controlli sul diaframma eseguito**

Sul diaframma verranno eseguiti anche controlli geofisici, attraverso la realizzazione di stendimenti ortogonali al diaframma, e controlli basati su misura diretta della permeabilità su campioni prelevati da sondaggi.

#### Indagini geofisiche

Per valutare la continuità dell'impermeabilizzazione, si prevede l'utilizzo della tomografia elettrica in corrente continua tridimensionale.

Il metodo geoelettrico consiste in una determinazione sperimentale della distribuzione di resistività nel sottosuolo effettuando delle misure dalla superficie. Le misure di resistività vengono effettuate inducendo una corrente elettrica nel terreno mediante una coppia di elettrodi e sulla misura dei potenziali elettrici attraverso una seconda coppia di elettrodi.

Sulla base delle resistività misurata è possibile ottenere un'informazione indiretta sulla composizione fisica del sottosuolo. Questa metodologia permette quindi di individuare cavità e vuoti, geometria e caratteristiche delle iniezioni eseguite ed eventuali perdite e flussi d'acqua. La barriera impermeabile realizzata con materiale a bassa conducibilità, dovrebbe inoltre dare una risposta evidente rispetto alla matrice circostante permeata di acque con elevato contenuto di cloruri.

Il numero di stendimenti previsto è di 6, da realizzarsi alternativamente rispetto alle coppie di piezometri di monitoraggio.

### Indagini dirette e prove di laboratorio

Una volta accertata tenuta e continuità con le prove di cui ai paragrafi precedenti, si passerà all'esecuzione di verifiche puntuali della continuità e dell'effettiva prestazione idraulica richiesta.

Si procederà quindi all'esecuzione di non meno di 3 sondaggi a carotaggio continuo in asse al diaframma, prelevando almeno 2 campioni indisturbati da ciascun sondaggio, entro profondità comprese tra -2.0 m dal piano campagna e la base dell'acquifero. Qualora il terreno trattato non rendesse possibile il campionamento indisturbato con campionatore tipo Osterberg, il campionamento dovrà avvenire mediante carotaggio minimizzando il disturbo del campione.

Si rimanda alla Tab. 4.1 per le specifiche sulle prove da eseguire ed i valori che attestano la conformità rispetto alle previsioni progettuali ed alle prescrizioni.

I sondaggi dovranno essere sigillati accuratamente con una miscela di acqua, cemento e bentonite sodica, riempiendo il foro, con apposita tramoggia e partendo dalla base del foro. Il tubo di immissione della miscela dovrà essere mantenuto alla distanza massima di 50 cm dal fondo foro e ivi mantenuto fino al refluento della miscela stessa oltre il piano campagna. Eventuali abbassamenti del livello della miscela in fase di estrazione dei rivestimenti dovranno essere immediatamente compensati con miscela (già pronta a piè d'opera) di analoghe caratteristiche. La miscela dovrà contenere non meno di 250 kg di cemento e 60 kg di bentonite sodica per metro cubo.