

URS

**Progetto Operativo di
Messa In Sicurezza
Permanente di parte delle
aree esterne Syndial
Allegato 5**

Stabilimento di Brindisi

Ottobre 2013

Progetto 46318615

Preparato per: Syndial S.p.A.

ITALY



MIG srl
Monitoraggi Ingegneria Geotecnica
Via Goldoni 41, 20129 Milano
P.ta IVA 07984650965



TABLE OF CONTENTS

1.	INTRODUZIONE.....	1
1.1.	Documenti di riferimento	1
2.	SCELTA TECNOLOGICA PER LA REALIZZAZIONE DELLA BARRIERA FISICA	3
2.1.	Descrizione della soluzione individuata.....	4
3.	IDENTIFICAZIONE PLANIMETRICA	9
4.	PROPOSTA INDAGINI INTEGRATIVE	10
5.	GESTIONE DELLE INTERFERENZE.....	12
6.	RILIEVO TOPOGRAFICO E MATERIALIZZAZIONE DEL TRACCIATO DEL DIAFRAMMA	14
7.	ACCANTIERAMENTO	15
8.	PROVE DI QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI	17
8.1.	Telo HDPE.....	18
8.2.	Giunti a labirinto per HDPE.....	19
8.3.	Geometria del Diaframma	19
8.4.	Giunti di Intersezione	20
9.	RIUTILIZZO DEL MATERIALE SCAVATO	23
10.	RINFORZO DEL DIAFRAMMA LOCALIZZATO	24
11.	CRITERI DI COLLAUDO DELL'OPERA DI CONFINAMENTO.....	25
11.1.	Collaudi distruttivi nel Pannello di Prova.....	25
11.1.1.	<i>Modalità di realizzazione dei Pannelli di Prova</i>	<i>26</i>
11.1.2.	<i>Predisposizione della tasca di prova.....</i>	<i>27</i>
11.2.	Test con traccianti	27
11.2.1.	<i>Esecuzione della prova con tracciante.....</i>	<i>29</i>
11.2.2.	<i>Immissione del tracciante.....</i>	<i>30</i>
11.2.3.	<i>Prelievi e misure manuali.....</i>	<i>30</i>
11.2.4.	<i>Monitoraggio condizioni climatiche.....</i>	<i>31</i>
11.2.5.	<i>Interpretazione dei dati.....</i>	<i>31</i>
12.	PIANO DI MONITORAGGIO – CONTROLLO.....	32
12.1.	Installazione dei piezometri per i controlli	32
13.	CRITERI DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI	34
13.1.	Normativa di riferimento	34
13.2.	Linee guida per la redazione dei documenti di sicurezza	

..... 36

Tavole

- Tavola 1** – Planimetria generale intervento di MISIP coordinato syndial/comune di Brindisi;
Tavola 2 – Ubicazione indagini esistenti di interesse per la realizzazione del diaframma;
Tavola 3 – Proposta di indagini integrative propedeutiche alla progettazione esecutiva;
Tavola 4 – Sezioni stratigrafiche interpretative C-B-A/G-F-E-D/G-H-I-J;
Tavola 5 – Prospetto tipologico tratto diaframma E-D;
Tavola 6 – Proposta di campi prova, collaudi e monitoraggi;
Tavola 7 – Dettagli costruttivi (muretti guida, giunto HDPE, interconnessioni tipologico giunti A-I-H, E, F, C-D, particolare rinforzo protezione antierosione).

Allegati

- Allegato 1** – Stratigrafie relative ai sondaggi di interesse per la realizzazione del diaframma.

1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce l'**Allegato 5** del Progetto Operativo di Messa in Sicurezza Permanente (MISP) delle Aree Esterne allo Stabilimento di Brindisi, di proprietà Syndial (di seguito *Aree Syndial*) ed approfondisce gli aspetti relativi alla progettazione e realizzazione degli interventi di confinamento fisico.

1.1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] F. Mattalia, R. Granata, D.Cazzuffi, 2002, "Confinamento di terreni contaminati per la messa in sicurezza di due aree ubicate entro lo stabilimento petrolchimico di Brindisi", XXI Convegno dell'Associazione Geotecnica Italiana, L'Aquila, 11-14 Settembre;
- [2] DePaoli B., Granata R., Hautmann G., Tacconi P., 1993, "Confinement of hazardous waste by composite vertical cutoff walls", Colloque International organisé par l'Ecole National des Ponts et Chaussées : Environnement et géotechnique: de la décontamination à la protection du sous-sol. Paris, France, 6, 7 et 8 Avril;
- [3] Granata R., 2001, "Confinamento e messa in sicurezza dei siti contaminati", Corso di aggiornamento: Problemi di natura ambientale in Ingegneria Geotecnica, Politecnico di Milano, Centro per la formazione permanente, Milano, 21-23 Febbraio;
- [4] EcoAppraisal, Dicembre 2004, "Realizzazione della barriera idraulica (Area B) per la messa in sicurezza in emergenza dello stabilimento di Brindisi. Relazione tecnica descrittiva";
- [5] Consorzio BASI, Giugno 2002 "Piano della caratterizzazione qualitativa di terreni e acque sotterranee. Relazione descrittiva conclusiva";
- [6] CH2M HILL, Settembre 2009, "Indagini integrative di caratterizzazione Oasi Protetta. Relazione descrittiva ai sensi del D.Lgs. 156/06";
- [7] Università degli Studi di Milano, Dipartimento della Terra "A. Desio", Novembre 2003, "Linee Guida per la verifica ed il collaudo delle barriere impermeabili per la messa in sicurezza di siti contaminati";
- [8] Enichem, aprile 2003, "Lavori di messa in sicurezza delle aree sud e sud-est stabilimento di Brindisi";
- [9] Environ Italy, marzo 2004, "Messa in sicurezza di emergenza della falda acquifera mediante barriera idraulica. Stabilimento multisocietario di Brindisi";

[10] Prof. Vincenzo Francani, Ottobre 2010 “Indagini di caratterizzazione delle aree esterne Syndial”;

[11] Tecno in - ERM, dicembre 2010, “Relazione tecnica descrittiva delle indagini di caratterizzazione: Aree Esterne al sito Multisocietario di Brindisi”;

[12] Tecno in – Erm, 2010, Integrazione alla caratterizzazione;

[13] Prof. Vincenzo Francani, Novembre 2012, “Indagini di approfondimento per la caratterizzazione delle aree esterne syndial E, G e H”.

.

2. SCELTA TECNOLOGICA PER LA REALIZZAZIONE DELLA BARRIERA FISICA

Le barriere fisiche sono costituite da elementi impermeabili realizzati nel terreno, ortogonalmente al deflusso delle acque di falda, al fine di impedire la migrazione delle acque contaminate e limitare la contaminazione del terreno.

I diaframmi ad escavazione risultano fra le soluzioni che danno maggiore garanzia alla tenuta idraulica della barriera, e definizione certa della geometria realizzativa.

Fra questi, sono state individuate tre alternative:

- Soluzione A – Diaframma plastico composito (con telo in HDPE) di spessore 80 cm;
- Soluzione B – Diaframma plastico di spessore 100 cm senza telo;
- Soluzione C – Diaframma con CSM (cutter soil mixer) di spessore 100 cm (ovviamente senza telo).

Le caratteristiche intrinseche dei tre tipologici sono di seguito individuate:

- A. il diaframma plastico di 80 cm con interposizione del telo, garantisce impermeabilità elevata e consente un buon controllo in corso d'opera di verticalità, sovrapposizioni, ecc.;
- B. il diaframma plastico di 100 cm senza interposizione del telo, non consente di ottenere, in termini di permeabilità, le stesse garanzie del precedente ed il rispetto, con margini di sicurezza nella resa operativa, di quanto previsto dal D.Lgs. 36/2003 per le discariche;
- C. il diaframma con CSM presenta le seguenti problematiche:
 - difficoltà di raggiungimento dei valori di permeabilità richiesti in quanto costituito da miscela di terreno in posto con malte cementizie;
 - difficoltà di raggiungimento delle profondità richieste;
 - difficoltà sulla verticalità e sulla verifica/collaudo della stessa (sono necessari più sondaggi in asse al diaframma).

Inoltre, preso atto che il comune di Brindisi ha appaltato a SOGESID S.p.A. (di seguito SOGESID) la progettazione definitiva della MISP dell'area Micorosa, e che su quest'area sono previsti capping e diaframmatatura a mare (Tavola 1 in allegato), la soluzione tecnica più idonea alle caratteristiche di sito e agli obiettivi finali, risulta la realizzazione di un diaframma plastico composito (con telo in HDPE di spessore 2 mm) di spessore pari a 80 cm, con valori di permeabilità inferiori a $k = 10^{-10}$ m/s.

Il diaframma sarà immerso di almeno 2 m nello strato di argille grigio-azzurre il cui tetto si trova a profondità variabili tra 21 e 28 m da p.c..

La tecnologia esecutiva di scavo prevede l'impiego di benna mordente su fune o kelly con l'uso di fango autoindurente costituito da miscela ternaria acqua/cemento/bentonite ed additivi (ritardanti di presa/ fluidificanti).

Tuttavia, la presenza di strati cementati calcarenitici che possano eventualmente essere riscontrati in alcuni tratti della cinturazione, da circa 2 m a circa 15 m dal p.c., richiede particolari attrezzature integrative di scavo atte a superare tali litotipi (uso complementare di attrezzature di demolizione come idrofresa, fori di alleggerimento, ovvero CSM).

In base alle informazioni reperite dalla consultazione del "Progetto As-Built delle aree diaframmate Est e Sud-Est" – Aprile 2003, e da un articolo presentato al XXI° Convegno AGI, L'Aquila – 2002, si evidenzia che in tali aree è già stato realizzato un diaframma plastico composito con telo utilizzando metodologie di soccorso allo scavo con benna mordente, e ciò è stato determinato dalla presenza di tale strato calcarenitico.

Dalle informazioni stratigrafiche attualmente disponibili, è plausibile ipotizzare che alcuni tratti del tracciato presentino stratificazioni di materiali più teneri, per i quali può essere sufficiente l'uso di benna mordente. Tuttavia, solo a valle dei risultati delle indagini integrative, la progettazione esecutiva potrà determinare le zone e le percentuali di tracciato con o senza demolizione dello strato competente.

2.1. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE INDIVIDUATA

La cinturazione sarà costituita, quindi, da un diaframma plastico di 80 cm di spessore in continuità fisico – strutturale con gli interventi già esistenti e con quelli ulteriormente previsti, spinto fino alla profondità di intestazione del livello impermeabile.

Sulla base dei dati stratigrafici a oggi disponibili, si può ipotizzare una profondità di intestazione variabile tra i 23 e i 30 m da p.c.. Solo a seguito dell'esecuzione delle indagini geognostiche integrative, propedeutiche alla redazione del Progetto Esecutivo, potrà essere definita la profondità del diaframma per ogni singola area.

Lo spessore di 80 cm consentirà la continuità longitudinale del diaframma attraverso la sovrapposizione dei pannelli in profondità.

Lo sviluppo longitudinale complessivo del tracciato di progetto, in base ai riferimenti cartografici disponibili, risulta di 2236 m. La progettazione dell'intero tracciato è a cura di syndial. La realizzazione sarà a carico di syndial per 1836 m, a carico del Comune di Brindisi per i restanti 400 m.

La Tavola 1 in allegato mostra gli interventi di MISP previsti.

Il diaframma sarà realizzato con una miscela ternaria acqua/cemento/bentonite ed eventuali additivi, con la posa di una geomembrana in HDPE in corrispondenza dell'asse mediano.

Di seguito si descrivono nel dettaglio le fasi esecutive per la realizzazione dell'opera di confinamento.

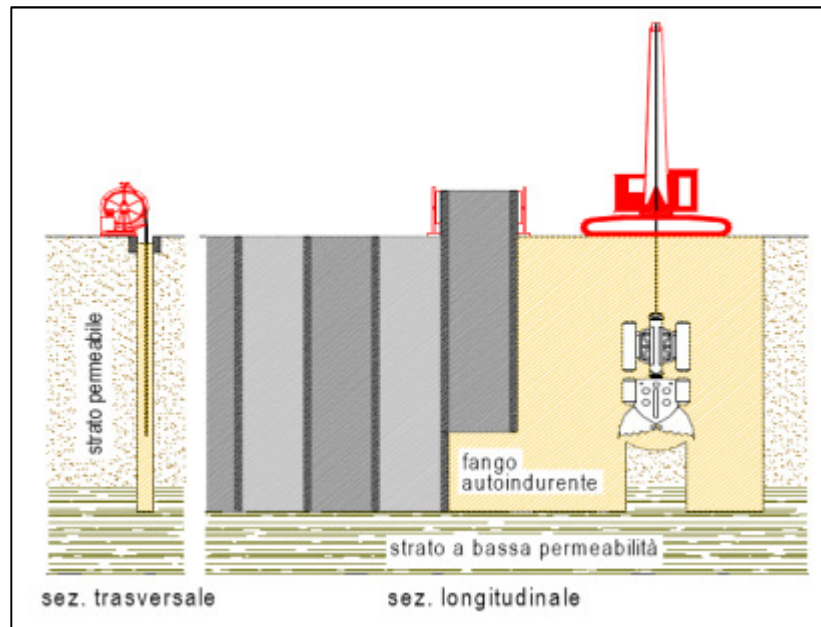


Figura 1 – Schema di esecuzione del diaframma composito [1].

La costruzione del diaframma plastico composito prevede le seguenti fasi operative:

1. realizzazione con scavo a sezione obbligata tramite escavatore a benna rovescia, di una coppia di corree di guida in cls ("muretti guida"), di spessore pari a 30 cm, distanziate di una quantità pari allo spessore del diaframma (80 cm) aumentato di 10 cm, per una profondità di almeno 100 – 120 cm;
2. scavo del diaframma mediante idonea attrezzatura (benna idraulica mordente negli strati più teneri, idrofresa/CSM/scalpelli/fori di alleggerimento in eventuali strati lapidei), con fango bentonitico a sostegno delle pareti di scavo;
3. al raggiungimento del fondo scavo, sostituzione della miscela bentonitica con miscela plastica autoindurente costituita da acqua/cemento/bentonite ed eventuali additivi; la miscela autoindurente, una volta maturata, dovrà garantire una permeabilità inferiore a 1×10^{-10} m/s;
4. posa in opera all'interno della trincea di fango autoindurente, tramite telaio o rullo, dei teli impermeabili in HDPE dello spessore di 2 mm e provvisti di giunti a tenuta;
5. sospensione del telo a circa 50 cm al di sopra del p.c.;
6. ripetizione delle operazioni dalla 2. alla 5. con sovrapposizione del telo tramite giunti labirintici;

7. protezione della testa del diaframma plastico mediante un tappo in cls dello spessore di almeno 30 cm (tale fase è prevista solo quando la miscela ha raggiunto il giusto tempo di maturazione).

Di seguito sono inserite alcune immagini relative alle varie fasi operative di cui sopra.



Figura 2 – Coppia di corree di guida in calcestruzzo.



Figura 3 – Scavo con benna mordente.



Figura 4 – Scavo con idrofresa.



Figura 5 – Messa in opera del telo HDPE [1].

3. IDENTIFICAZIONE PLANIMETRICA

Gli interventi di confinamento relativi alla Messa in Sicurezza Permanente, costituiscono un unicum geometrico in relazione allo scopo ultimo di cinturare lungo un perimetro definito, l'area in oggetto, ma, possono essere divisi (al fine di semplificarne l'identificazione zonale e delle caratteristiche peculiari) nelle 6 tratte descritte brevemente di seguito e rappresentate nella Tavola 1 in allegato con l'utilizzo delle lettere da A ... a J, per la materializzazione in planimetria dei punti salienti.

Le lunghezze nel seguito inserite sono tratte da riferimenti cartografici e non sono da considerarsi attendibili in senso assoluto. In fase di progettazione esecutiva, sarà necessario effettuare gli opportuni riscontri in campo.

- Tratta 1, segmenti AB e BC (affaccio mare lato Nord-Est e tratto interno Nord, sino a raccordo con la cinturazione della capsula preesistente nella zona Sud-Est dello stabilimento multisocietario di Brindisi), lunghezza circa 514 m, zona di pertinenza syndial;
- Tratta 2, segmento CD, già realizzato e coincidente con la porzione di cinturazione preesistente della capsula Sud-Est (denominazione in riferimento allo stabilimento multisocietario di Brindisi), afferente l'Area H di pertinenza syndial;
- Tratta 3, segmento DE, raccordo tra le barriere esistenti costituite a confinamento delle capsule Sud-Est e Sud (denominazione in riferimento allo stabilimento multisocietario di Brindisi), lunghezza circa 360 m, zona di pertinenza sul confine syndial/Area ex Micorosa;
- Tratta 4, segmento EF, già realizzato e coincidente con la porzione di cinturazione preesistente della capsula Sud (denominazione in riferimento allo stabilimento multisocietario di Brindisi), afferente l'Area ex-Micorosa di pertinenza del comune di Brindisi;
- Tratta 5, segmenti FG, GH, HI, raccordo a Sud-Est tra la cinturazione della capsula Sud esistente e la futura diaframmatrice in corso di progettazione a cura del comune di Brindisi, lunghezza circa 1362 m, zona pertinenza syndial (il tratto HI, di lunghezza pari a 400 m, è a cura di syndial in relazione alla sola progettazione. La realizzazione resta in carico al comune di Brindisi);
- Tratta 6, segmenti IJ e JA, diaframmatrice lati Sud e Est in corso di progettazione a cura del comune di Brindisi (chiusura cinturazione area di MISP), lunghezza circa 1065 m, zona di pertinenza comune di Brindisi.

Il presente documento prende in considerazione la progettazione della barriera fisica nelle tratte 1, 3, 5, e le modalità di raccordo con le opere esistenti e da eseguire (connessioni punti C, D, E, F, H, I, A).

4. PROPOSTA INDAGINI INTEGRATIVE

La Tavola 2 in allegato mostra l'ubicazione dei sondaggi esistenti più vicini al tracciato della cinturazione fisica. Le stratigrafie relative a tali sondaggi sono raccolte in Allegato 1 al presente documento.

La Tavola 4 in allegato, mostra le sezioni stratigrafiche interpretative lungo i tratti C-B-A, G-F-E-D e G-H-I-J di diaframma plastico in progettazione. La Tavola 5, il prospetto tipologico in corrispondenza del tratto di diaframma ED.

Preliminarmente alla progettazione esecutiva del diaframma, sarà necessario eseguire indagini di approfondimento in asse al tracciato previsto, in merito alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni direttamente interessati dalla realizzazione dell'opera.

A tale scopo è prevista l'esecuzione di:

- sondaggi a carotaggio continuo (minimo N. 12), spinti fino alla profondità di almeno 30 m da p.c., al fine di verificare localmente quota e potenza del possibile strato litoide e quota del tetto delle argille grigie-azzurre;
- prove penetrometriche dinamiche SPT, per la verifica di resistenza degli strati attraversati, eseguite nel corso delle perforazioni di cui sopra;
- profili sismici con metodologia MASW per la valutazione delle V_{S30} ;
- perforazioni attrezzate con DACTEST (N. 12) per diagrafie continue dell'energia specifica di perforazione.

L'ubicazione indicativa delle indagini integrative previste è mostrata nella Tavola 3 in allegato.

I sondaggi sono stati opportunamente distribuiti lungo l'intero tracciato del diaframma, in modo da ricavare le necessarie informazioni estrapolabili a tutta l'area di intervento.

La perforazione sarà eseguita con carotiere semplice di diametro pari a 101 mm e rivestimento per il sostegno delle pareti del foro di diametro pari a 127 mm, in terreni senza ciottoli e non in roccia. In corrispondenza di eventuali strati di calcarenite, sarà utilizzato un carotiere doppio a corona diamantata.

Il materiale prelevato durante la perforazione sarà riposto in apposite cassette catalogatrici in PVC per consentire la ricostruzione stratigrafica dei terreni attraversati.

I campioni prelevati (indicativamente 24 indisturbati e 24 rimaneggiati) saranno sottoposti a prove di laboratorio (analisi granulometrica, determinazione limiti di Atterberg, prove di permeabilità).

Nel corso della perforazione saranno eseguite prove SPT in corrispondenza degli strati coesivi e/o granulari con passo di 3 m.

Ai fini di una corretta progettazione antisismica dell'opera, la caratterizzazione sismica delle aree di intervento sarà realizzata per mezzo di una serie di prove MASW in asse al tracciato di diaframma, allo scopo di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Vs-z).

Gli stendimenti sismici saranno eseguiti lungo i tratti ED, FG-GH-HI e AB-BC, in corrispondenza del tracciato di diaframma plastico in progettazione. I tracciati sono inseriti nella Tavola 3 in allegato.

Al fine di infittire le informazioni lungo il profilo di progetto, si propone la realizzazione di perforazioni a distruzione di nucleo con registrazione dei parametri di perforazione.

Le diagrafie (DACTEST) sono prove speditive a distruzione di nucleo che, mediante la registrazione dei parametri di perforazione ed il calcolo dell'energia specifica di perforazione, permettono di individuare la composizione stratigrafica del terreno attraversato durante l'indagine.

Nelle fasi preliminari di indagine, i Dactest devono essere tarati, correlando l'energia misurata alla stratigrafia di un sondaggio eseguito nelle immediate vicinanze; successivamente, confrontando tra loro i valori delle energie registrate dai differenti Dactest eseguiti, è possibile correlare questi valori con una ben determinata stratigrafia.

Nell'ambito di questa fase di indagine, si propone dunque di eseguire almeno 12 Dactest fino alla profondità di almeno 30 m, di cui 2 prossimi a sondaggi integrativi per taratura.

In aggiunta ai sondaggi ed alle prove di cui sopra, all'interno delle aree confinate, saranno eseguiti 4 pozzi di regimazione della falda (vedi Tavola 3 in allegato). Ad opera ultimata, tali pozzi saranno impiegati per l'emungimento delle acque di falda, allo scopo di produrre un gradiente idraulico positivo tra l'esterno e l'interno del confinamento fisico.

La realizzazione di tali pozzi, consentirà di disporre di informazioni aggiuntive in relazione alla stratigrafia dei luoghi nelle aree interne alla cinturazione.

5. GESTIONE DELLE INTERFERENZE

Sebbene da risolvere ad un livello progettuale successivo (progettazione esecutiva), fin da ora si può affermare che la presa in carico delle problematiche legate alla gestione delle interferenze ed il conseguente intervento progettuale avverrà dopo una dettagliata identificazione delle caratteristiche e secondo un approccio che privilegi la riduzione al minimo degli inconvenienti arrecati a privati cittadini, pubbliche utilità ovvero attività produttive.

Di seguito vengono enumerate, in via preliminare e non esaustiva, alcune tipologie di interferenze (visibili fuori terra) e la loro posizione.

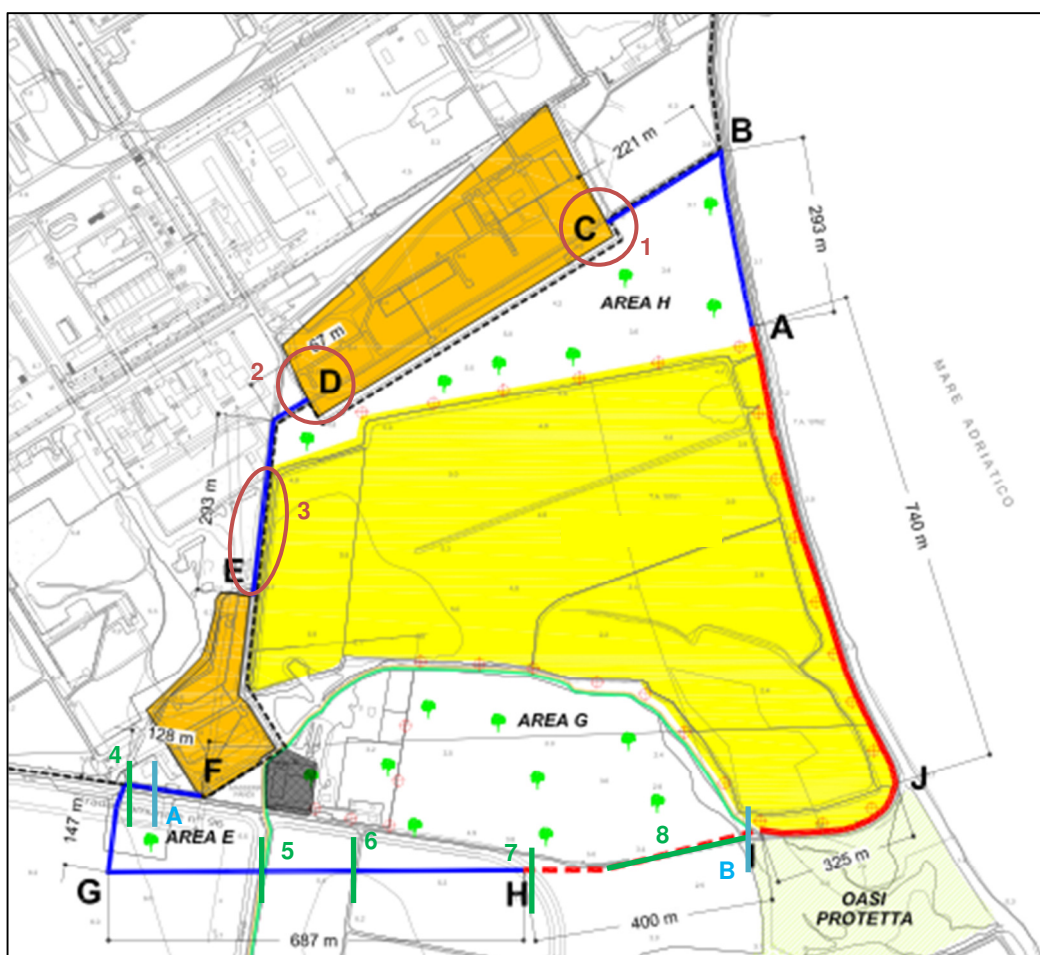


Figura 6 – Individuazione grafica preliminare delle interferenze fuori terra.

Interferenze con strade di servizio

- *strada perimetrale capsula Sud-Est (stabilimento di Brindisi):*
 - in prossimità del giunto C per l'innesto del tratto CB con il diaframma esistente **(1)**;
 - in prossimità del giunto D per l'innesto del tratto ED con il diaframma esistente **(2)**.

In corrispondenza di tali interferenze sarà necessario smontare il muro di recinzione dell'area Sud-Est per entrambi gli attraversamenti.

- *strada di ingresso allo stabilimento di Brindisi:*
 - eventuale, dipende dalla operatività esecutiva, in corrispondenza del tratto ED **(3)**.

Interferenze con viabilità pubblica

- *strada comunale N. 96 o strada per Pandi:*
 - intersezione con il tratto FG in corrispondenza dell'accesso allo stabilimento petrolchimico **(4)**;
 - lungo il tratto GH, in corrispondenza dei rami di deviazione verso Sud **(5, 6, 7)**;
 - in corrispondenza del tratto HI, prima dell'innesto con il diaframma previsto lungo il confine sud dell'area Micorosa **(8)**.

Interferenze con cavi medio/alta tensione

- intersezione/sovrapposizione lungo il tratto FG, in corrispondenza dell'accesso allo stabilimento petrolchimico **(A)**. I cavi di alta tensione corrono paralleli alla strada per Pandi. Il nodo F si trova in prossimità di un traliccio AV. Da verificare con sopralluogo in sito;
- in prossimità del nodo I, i tralicci sono allineati in direzione perpendicolare alla strada per Pandi, al di fuori dell'area Micorosa **(B)**.

Oltre alle interferenze di cui sopra (interferenze 8 e B), nel tratto HI, laddove la strada per Pandi devia leggermente verso nord in direzione mare, sono presenti alcuni casolari (Masseria Pandi). Si segnala inoltre che il presente progetto di MISP prevede che la ritombatura del Canale Pandi avvenga prima dell'inizio delle attività di realizzazione del presente diaframma.

Per quanto riguarda la gestione delle interferenze costituite dalla presenza eventuale di sottoservizi, questa sarà preventivamente ricercata tramite l'analisi documentale, un'accurata ispezione in sito lungo il tracciato delle opere previste ed, ulteriormente approfondita, laddove necessario, tramite l'utilizzo di georadar o tecnica analoga.

6. RILIEVO TOPOGRAFICO E MATERIALIZZAZIONE DEL TRACCIATO DEL DIAFRAMMA

Una serie di sopralluoghi e rilievi verranno condotti per reperire tutte le informazioni necessarie all'individuazione preventiva delle peculiarità relative ai tratti in corrispondenza dei quali è previsto il diaframma di progetto. Nello specifico, preliminarmente all'avvio della realizzazione del diaframma, per ogni tratto di competenza, si provvederà alla materializzazione del tracciato mediante infissione nel terreno di appositi picchetti. Tale operazione sarà eseguita mediante stazione totale integrata con ricevitore GPS (ovvero con sistema stazione + rover).

Anche le aree destinate alle pertinenze di cantiere ed agli impianti tecnologici e di stoccaggio previsti, verranno opportunamente individuate e delimitate.

Terminata la fase di tracciamento, si potrà passare alla successiva fase di installazione del cantiere previsto per i lavori di costruzione del diaframma. Quest'ultima fase prevede il trasporto di tutte le attrezzature le cui specifiche tecniche sono riportate nei paragrafi seguenti.

7. ACCANTIERAMENTO

Le attività di realizzazione del diaframma previsto dal progetto di MISP, prevedono fasi ed operatività legate alla costituzione del cantiere, tra di loro distinte, e la cui perfetta definizione dettagliata è da riservare ad un livello ulteriore di progettazione esecutiva.

Di seguito verranno elencate le funzionalità così come sufficiente ed attualmente prevedibile, ma alcune di queste (per esempio la produzione ed il pompaggio della miscela plastica), potrebbero essere opportunamente risolte tramite zone dislocate rispetto all'area di cantiere principale.

In ogni caso la zona di cantiere dovrà necessariamente prevedere la divisione tra le aree operative (aree nelle tratte via via interessate dai lavori di MISP) e l'Area Logistica (area tecnica e area uffici).

In particolare l'esecutore dovrà provvedere a quanto segue:

1. sistemazione generale dell'area di lavoro mediante diserbo e, qualora necessario, scotico superficiale;
2. predisposizione di recinzione metallica nell'intorno dell'intera area di lavoro e predisposizione di cancelli di accesso lucchettati;
3. allestimento all'interno dell'area di lavoro di un'Area Logistica (di seguito AL) comprendente le seguenti installazioni:
 - box uffici avente locali per l'Appaltatore e un locale per la Direzione Lavori;
 - parcheggio autoveicoli;
 - servizi igienici;
 - area per il deposito delle attrezzature e materiali;
4. allestimento di un'Area Operativa (di seguito AO) comprendente le seguenti installazioni:
 - parcheggio mezzi operativi;
 - impianti di confezionamento fango e miscela plastica;
5. tratta via via interessata dai lavori di costruzione della barriera sotterranea di MISP, individuata per mezzo di picchetti saldamenti infissi nel terreno in corrispondenza dell'asse del diaframma e via via recintata in modo opportuno ad evitare l'accesso ai non addetti ed autorizzati;
6. predisposizione delle piste di accesso e di allontanamento dalle aree. Il materiale utilizzato per la formazione di piste e piazzali dovrà essere costituito da terre naturali certificate provenienti da cave di prestito. I materiali dovranno avere le caratteristiche per garantire il transito e la sosta dei mezzi di cantiere necessari per l'espletamento delle attività;
7. realizzazione delle piste di servizio lungo le tratte di realizzazione del diaframma plastico, per consentire il transito delle macchine operatrici e degli automezzi. Il piano di

- lavoro in adiacenza al tracciato dei diaframmi da costruire, dovrà essere reso sufficientemente stabile e largo da consentire il movimento dei mezzi d'opera;
8. predisposizione degli allacci di quadri elettrici e dei necessari collegamenti da eseguire a norma di legge e nel rispetto delle prescrizioni antinfortunistiche;
 9. predisposizione della rete di terra eseguita a norma di legge;
 10. collegamento alla rete idrica per l'approvvigionamento di acqua da utilizzarsi per la realizzazione delle opere e per il lavaggio degli automezzi;
 11. collegamento alla rete idrica per l'approvvigionamento di acqua da utilizzarsi per uso sanitario;
 12. realizzazione di uno spogliatoio per il personale, a norma delle vigenti disposizioni in materia di igiene. L'accesso del personale all'area operativa AO avverrà solo dopo che il personale si sarà opportunamente rivestito (in spogliatoi dedicati) degli indumenti protettivi necessari allo svolgimento delle operazioni. La struttura consisterà di una cabina prefabbricata da cantiere con le seguenti dotazioni:
 - spogliatoio "inquinato" per l'abbigliamento da lavoro (stivali, tute protettive, elmetti, guanti, ecc.);
 - servizi igienici;
 - spogliatoio "pulito" per gli indumenti personali degli operatori.
 13. predisposizione di un sistema per il lavaggio dei veicoli con sistema di raccolta dei liquami. Al limite tra area AL e area AO, l'Appaltatore installerà una vasca per il lavaggio dei mezzi prima che questi lascino l'Area Operativa. La vasca sarà costruita in calcestruzzo o in lamiera e sarà dotata di un pozzetto per il pompaggio delle acque di lavaggio contaminate;
 14. predisposizione di idropulitrice con getto di vapore (disponibile presso la piattaforma di lavaggio automezzi);
 15. predisposizione di serbatoi fuori terra per lo stoccaggio provvisorio delle acque del sistema di lavaggio automezzi. Tutti i serbatoi fuori terra saranno corredati di vasca secondaria di contenimento in acciaio di volume pari a quello del serbatoio.

8. PROVE DI QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

Prima dell'inizio dei lavori, saranno eseguite in laboratorio prove di qualificazione per la determinazione della composizione e delle caratteristiche delle miscele ternarie (acqua-bentonite-cemento); l'aggiunta di qualsiasi additivo in fase di preparazione della miscela sarà motivata e validata da prove sperimentali.

L'acqua di impasto durante le prove, dovrà essere quella che si intende utilizzare per la creazione delle malte durante l'esecuzione dei lavori e quindi, reperita in sito secondo le indicazioni della DL; dovranno altresì essere valutate le varie caratteristiche chimiche dei terreni attraversati (per tratti omogenei), in modo da analizzare preventivamente le interazioni con la miscela prevista.

Nell'ambito della progettazione esecutiva, saranno ulteriormente definite prove da eseguire e quindi, al termine delle suddette prove e prima dell'inizio dei lavori, sarà redatta una relazione tecnica sulla composizione ed il confezionamento della malta con indicati i tempi di miscelazione in cantiere e di attesa per la maturazione del latte di bentonite.

Tutti i prodotti e gli eventuali additivi dovranno ricondursi a norme ed essere corredati (per confezione merceologica omogenea) della documentazione rilasciata da un laboratorio certificato.

La miscela impiegata dovrà avere caratteristiche tali da consentire di subentrare ai fanghi che saranno utilizzati per sostenere le pareti di scavo.

Lo studio della composizione della miscela, risultato dai test di laboratorio di cui sopra, sarà orientato al raggiungimento degli obiettivi in fase di scavo, alle tempistiche di posa della geomembrana, agli standard prestazionali richiesti e alla compatibilità chimica anche degli eventuali contaminanti presenti.

Di seguito si riportano le prove minime previste per la qualifica dei materiali.

- Prove su miscela fresca:
 - peso specifico;
 - resa volumetrica;
 - viscosità.
- Prove a maturazione:
 - prove di permeabilità (14, 28, 90 gg) su provini maturati in acqua industriale e su provini maturati in acqua di falda;
 - ritiro volumetrico su provini maturati in acqua industriale e su provini maturati in acqua di falda;
 - porosità efficace;

- compressione non confinata.

Le prove eseguite permetteranno di selezionare la composizione più adatta in relazione a:

- la compatibilità chimica con le acque presenti in sito prelevate nel corso delle indagini geognostiche preliminari;
- le tempistiche di scavo e di posa della geomembrana;
- le caratteristiche della geomembrana;
- le caratteristiche desiderate in fase di getto (tempo di presa);
- il raggiungimento degli standard prestazionali richiesti.

8.1. TELO HDPE

Per le geomembrane, le operazioni di controllo sono finalizzate alla verifica della rispondenza del materiale alle specifiche tecniche fornite dal produttore.

Le caratteristiche tecniche delle membrane in polietilene ad alta densità (HDPE), l'impermeabilità e la compatibilità chimica, sono fissate dalla norma UNI 8898-6, la quale stabilisce i requisiti minimi da considerare per le geomembrane utilizzate nei sistemi barriera.

Tali specifiche tecniche sono inserite nella Tabella 1 che segue:

Tabella 1 – Specifiche tecniche geomembrane HDPE.

Caratteristiche tecniche	Unità di misura	Valore	Metodologia
Spessore	mm	2	UNI EN 1849-2; ASTM D 5199
Massa volumica	g/cm ³	> 0.94	UNI 7092
Contenuto in nerofumo	%	> 2	UNI 9556
Resistenza a rottura	Mpa	> 26	UNI EN 12311; ASTM D 638
Allungamento a rottura	%	> 700	
Resistenza allo snervamento	Mpa	> 15	
Allungamento a snervamento	%	> 9	
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	N	> 5000	UNI EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico	Classe	PD4	UNI EN 12691
Resistenza a lacerazione	N/mm	> 130	ASTM D751; UNI EN 12310
Stress cracking	Ore	> 1000	ASTM D 1693

Stabilità dimensionale a caldo	%	< 2	UNI EN 1107
Permeabilità al vapor d'acqua	g/m ³ 24h	< 723.6	UNI 8202/23; ASTM E 96

La geomembrana in HDPE dovrà essere accompagnata, per ogni singola fornitura, dalla scheda tecnica e dalla dichiarazione di conformità del produttore in relazione alla specifica fornitura.

8.2. GIUNTI A LABIRINTO PER HDPE

Ogni fornitura di giunti pervenuta in cantiere, sarà individuata da un codice identificativo e da un certificato di controllo di qualità, nonché da una scheda tecnica riportante le caratteristiche tecniche del prodotto fornito.

Al momento dell'arrivo e prima della saldatura, si eseguiranno ispezioni per verificare l'integrità dei giunti impiegati. I rotoli/spezzoni di giunto saranno stoccati in aree adeguatamente protette dal rischio di danneggiamento accidentale.

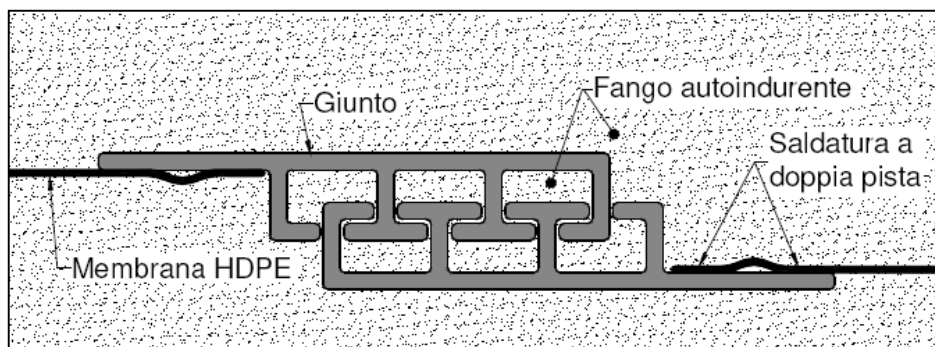


Figura 7 – Tipologico giunto a labirinto per la connessione dei teli HDPE.

8.3. GEOMETRIA DEL DIAFRAMMA

I controlli sulla geometria del diaframma saranno finalizzati alla verifica che lo stesso sia effettivamente costruito secondo il progetto ed, in particolare, che sia immerso nello strato impermeabile per la profondità prevista e che risulti verticale.

A tale fine si propone di effettuare, approssimativamente ogni 50 m, le seguenti verifiche:

- posizione planimetrica dell'asse dello scavo;
- quota del piano di campagna;
- profondità del tetto dello strato impermeabile;
- profondità del fondo scavo;

- verticalità dell'escavazione (con diagrafie continue);
- larghezza dello scavo.

I controlli sulla geometria del diaframma saranno effettuati da personale qualificato, sotto il controllo della direzione lavori.

La Figura 8 mostra il particolare relativo alla fase di misura della verticalità.



Figura 8 – Misura della verticalità [1].

8.4. GIUNTI DI INTERSEZIONE

Lo scavo sarà eseguito con sequenze che prevedono pannelli “primari” e “secondari” di dimensioni standard (orientativamente di 3 m).

La posa del telo HDPE, in genere per campi di 5 m, richiede di avere almeno 11 m di scavo aperto, con presenza di fango autoindurente lavorabile.

Lungo tutto il perimetro della cinturazione in progetto, sono presenti alcuni nodi per i quali occorre prevedere una particolare progettazione per garantire la continuità fisico – strutturale dell'intera opera di MISP.

I tipologici di connessione sono suddivisi come di seguito:

- a) connessioni tra il nuovo diaframma da realizzare e il diaframma già presente a confinamento della capsula Sud-Est (C, D) – connessioni perpendicolari;
- b) connessioni tra il nuovo diaframma da realizzare e il diaframma già presente a confinamento della capsula Sud (E, F) – connessioni su geometrie angolari;

- c) connessioni tra il futuro diaframma di pertinenza del Comune di Brindisi con il nuovo diaframma syndial, qualora non contemporaneo (nodi A, I, H) – connessioni in allineamento.

I dettagli costruttivi relativi ai tipologici di cui sopra, sono riprodotti nella Tavola 7 in allegato.

Per garantire la tenuta idraulica della cinturazione, le connessioni tra i diaframmi esistenti ed il nuovo diaframma, dovranno necessariamente creare una continuità fisica in relazione all'unicum geometrico della MISP. Per ottemperare a tale necessità senza compromettere l'integrità del diaframma già in opera, viene qui proposta una metodologia, da implementare nella progettazione esecutiva, che prevede:

FASE 1 – In corrispondenza del punto di intersezione geometrica, vengono realizzate alcune perforazioni verticali profonde 27 m (quota media di immorsamento del diaframma da confermare con dati specifici per ogni intersezione) e con diametro minimo 101 mm, atte all'inserimento di tubi valvolati per l'iniezione di miscele cementizie nel terreno (altrimenti chiamati canne a manchettes). Tali tubi sono in PVC, hanno diametro di circa 54 mm e saranno dotati di 3 valvole per ogni metro.

Per ciascun giunto, sono previste n. 12 verticali attrezzate con canne a manchettes, che saranno iniettate valvola per valvola con miscele cementizie ternarie per costituire elementi a permeabilità ridotta in fregio alla parete del diaframma esistente. In corrispondenza degli strati a coesione maggiore (da circa 20 m fino a fondo foro), per la loro intrinseca resistenza all'iniezione, si potrà prevedere nel corso della perforazione l'esecuzione di "compaction grouting" direttamente dalle batterie di aste di perforazione.



Figura 9 – Dettaglio del tubo valvolato e del doppio packer (o pistoncino doppio) di iniezione.

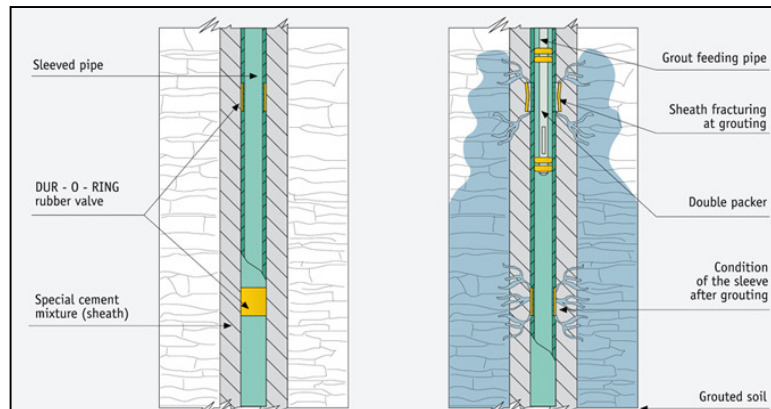


Figura 10 – Schema esecuzione iniezione.

FASE 2 – esecuzione di tre pannelli di diaframma con fango autoindurente con parziale rimozione del materiale iniettato, e fresatura corticale del diaframma esistente, senza intaccarne la geometria. I pannelli andranno eseguiti secondo la sequenza primario-secondario come riportato nella tavola dei dettagli (Tavola 7 in allegato).

FASE 3 – inserimento all'interno del fango autoindurente di un telo in HDPE pre-saldato a T così da conferire un percorso idraulico di lunghezza maggiore, equivalente al percorso di un giunto labirintico in HDPE.

Per quanto riguarda, invece, la connessione dei nodi A, I e H, equiparabili a tutti gli effetti a riprese di getto su pannelli di diaframma eseguiti a distanza temporale probabilmente anche superiore ad 1 mese, si prevede la realizzazione di una struttura d'attesa collegata al bordo del TELO, costituita da una palancola pre-sagomata che contenga il giunto labirintico al suo interno (elemento spalla), e non consenta l'entrata del fango autoindurente, in modo che il giunto stesso risulti perfettamente efficiente una volta sfilato l'elemento spalla e "lavato" tramite acqua in pressione, prima di procedere con l'esecuzione del tratto di nuova formazione del diaframma.

In ogni caso, è da prevedere un campo prova specifico per la realizzazione in scala reale di un giunto di connessione e l'esecuzione di prove e test (anche distruttive) che ne attestino la perfetta funzionalità (tale priorità verrà dettagliata dal progetto esecutivo).

9. RIUTILIZZO DEL MATERIALE SCAVATO

I materiali prodotti dallo scavo del diaframma, saranno abbancati di volta in volta con il procedere dei lavori all'interno dell'area ex Micorosa. Tali materiali contribuiranno a costituire i volumi necessari per la risagomatura dell'area Micorosa, già prevista dal Progetto SOGESID, per una quantità stimata di circa 50000 m³.

All'atto dello scavo, il materiale verrà deposto in aree preventivamente predisposte e suddiviso in base alle varie pezzature, così da poter essere movimentato definitivamente secondo un piano programmatico di deposizione e riutilizzo. Tale piano sarà sviluppato in dettaglio, secondo le necessità riscontrate, nella progettazione esecutiva.

Anche il materiale proveniente dal dissabbiatore dell'impianto di produzione fanghi, una volta disidratato nei depositi temporanei, sarà riutilizzato all'interno dell'area cinturata.

La classificazione granulometrica e i controlli chimici sulla qualità del materiale verranno predisposti sui cumuli depositati, con opportune verifiche.

10. RINFORZO DEL DIAFRAMMA LOCALIZZATO

In adiacenza al tratto di diaframma AB, a partire dal giunto A e per circa 100 m in direzione Nord, la linea di costa presenta zone potenzialmente soggette ad azione erosiva del litorale.

In tale tratto, il tracciato di diaframma è previsto a circa 18 – 20 m dall'attuale linea di costa, per cui si ritiene opportuno e cautelativo (data l'importanza dell'opera) prevedere un intervento di rinforzo e protezione della parte sommitale del diaframma, al fine di evitare eventuali danneggiamenti nel caso ipotetico in cui l'erosione si spingesse maggiormente verso l'interno (moto ondoso, dilavamento, maree, ecc.).

Pertanto, si prevede di realizzare lungo i 100 m di cui sopra, in affiancamento al diaframma stesso, lato costa, un tratto di palancolatura di circa 6 m di profondità da p.c.; allo stato attuale il piano campagna lato mare ha una quota mediamente pari a 2 m s.l.m.

Le palancole da utilizzare (tipo Larssen 603 o equivalente) saranno sospese con un fissaggio permanente sulle corree guida e successivamente conglobate nel getto di chiusura sulla testa del diaframma.

L'intervento di cui sopra non risulta come una vera e propria difesa spondale, ma contribuisce a garantire, per il tratto individuato, una protezione efficace contro l'eventuale danneggiamento del diaframma.

I particolari costruttivi sono inseriti nella Tavola 7 in allegato.

11. CRITERI DI COLLAUDO DELL'OPERA DI CONFINAMENTO

Le indagini di collaudo qui proposte, finalizzate alla verifica della corretta esecuzione dell'opera di confinamento, si pongono l'obiettivo di individuare eventuali difetti costruttivi o anomalie prestazionali del diaframma plastico composito; nella pratica comune ciò si realizza attraverso le seguenti prove:

- **Test distruttivi nei Pannelli di Prova:** al fine di confermare le modalità di scavo per le tratte previste e verificare le caratteristiche di permeabilità della miscela plastica e della zona di contatto tra la miscela plastica e la formazione argillosa di immersione, sarà realizzata una linea di diaframma fuori opera (pannelli di prova) in corrispondenza di due sezioni rappresentative dell'opera di confinamento.
- **Test con traccianti:** allo scopo di verificare l'assenza di connessione idraulica tra le acque interne all'area confinata e le acque esterne, in corrispondenza di quattro sezioni critiche, saranno allestiti appositi campi prova costituiti da un piezometro di immissione, ubicato all'interno dell'area confinata, e da alcuni piezometri di controllo, localizzati sia all'interno sia all'esterno.

11.1. COLLAUDI DISTRUTTIVI NEL PANNELLO DI PROVA

Per la verifica delle caratteristiche di permeabilità del diaframma plastico, si propone la realizzazione di due pannelli, in corrispondenza dei tratti BC e HI, in prossimità della cinturazione, internamente all'area confinata. Le aree di collaudo non dovranno essere soggette al passaggio di mezzi di cantiere, allo scopo precipuo di evitare compromissioni di tipo funzionale durante le fasi operative, a causa di urti accidentali e/o vibrazioni.

La Tavola 6 in allegato, mostra la posizione dei due pannelli di prova.

La scelta di pannelli fuori asse è dettata dalla necessità di eseguire quei controlli che, se realizzati in asse al diaframma in opera, ne comprometterebbero la funzionalità (controlli distruttivi).

Tale scelta tuttavia non è vincolante: in fase di progettazione esecutiva si potrà optare per prove differenti o in numero e posizione diversa da quanto in questa sede proposto.

Si propongono, quindi, in ciascuno dei due pannelli, n. 2 prove di permeabilità (tipo Lefranc):

- 1 prova per la determinazione della permeabilità della miscela plastica del diaframma;
- 1 prova per la determinazione della permeabilità nella zona di contatto tra il diaframma e il substrato impermeabile.

11.1.1. MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEI PANNELLI DI PROVA

I due pannelli di prova (PP1, PP2) saranno realizzati, sia nella fase di scavo che in quella di getto della miscela plastica, con le stesse modalità del diaframma plastico (ad esclusione del telo HDPE). La miscela plastica sarà gettata contemporaneamente al tratto di diaframma di pertinenza.

La metodologia esecutiva del pannello di prova non prevede l'introduzione del telo HDPE, elemento migliorativo delle caratteristiche di impermeabilizzazione del diaframma plastico. Tale scelta permette una maggiore versatilità operativa nell'esecuzione della prova di collaudo e, allo stesso tempo, consente di verificare caratteristiche di permeabilità che, se confermate, risulteranno migliorate con la messa in opera della geomembrana in fase esecutiva.

Ciascun pannello di prova avrà lunghezza di almeno 3 m.

Prima di procedere al getto della miscela, nel pannello saranno annegati 2 tubi in acciaio (DN 138 mm) dotati di un fondello di chiusura per evitare che si riempiano di miscela plastica durante il getto.

I tubi avranno lunghezza diversa:

- l'estremità inferiore del tubo più profondo (tubo P) dovrà posizionarsi a 25 cm dal fondo del pannello;
- l'estremità inferiore del tubo più superficiale (tubo S) dovrà posizionarsi a metà dell'acquifero.

Prima di procedere con il getto della miscela plastica e con l'installazione dei tubi, si dovrà verificare che siano disponibili a bordo pannello spezzoni di tubo filettati di lunghezza idonea per raggiungere le profondità richieste. Nel calcolo della lunghezza finale della tubazione, si deve considerare che la testa tubo dovrà sporgere di 20-25 cm rispetto al piano della correa. In fase d'inserimento della tubazione si dovrà avere cura che i vari spezzoni siano ben serrati e che i filetti siano ingrassati. Per consentire di "annegare" le tubazioni nella miscela, queste saranno via via riempite di acqua pulita e immerse sino a sporgere di 20 cm rispetto al piano delle corree. Per poterle mantenere in posizione sino all'avvenuta presa e indurimento della miscela plastica, le teste delle tubazioni saranno rese solidali a staffe che poggeranno sulle corree di guida.

Al termine dell'installazione delle tubazioni e del getto della miscela plastica definitiva, l'area del pannello prova sarà recintata e l'accesso interdetto, onde evitare gli urti accidentali alle tubazioni che potrebbero compromettere l'aderenza della miscela plastica con le tubazioni stesse.

Le verifiche di permeabilità del diaframma plastico saranno realizzate mediante prove di permeabilità in tasche realizzate all'interno della miscela e al contatto tra la miscela e il substrato, in un periodo compreso tra 30 e 45 giorni dal getto della miscela.

Tale intervallo di tempo potrà variare sulla base dei risultati ottenuti nel corso delle prove di qualificazione della miscela.

11.1.2. PREDISPOSIZIONE DELLA TASCA DI PROVA

In corrispondenza di ciascuno dei due pannelli di prova, si procederà con la realizzazione di due tasche di prova:

- una tasca realizzata interamente nella miscela plastica utilizzando il tubo S;
- una tasca realizzata nella zona di contatto tra diaframma e substrato argilloso, utilizzando il tubo P.

Di seguito sono definite le fasi della procedura:

- Fase 1 – Inserimento nel tubo S di un carotiere semplice da 101 mm e asportazione del tappo di fondo. Perforazione di una tasca da 101 mm di diametro e profonda 1 m dal fondo del tubo. Si dovrà evitare di toccare il tubo immerso nella miscela per non comprometterne la tenuta. Riempimento della tasca e del tubo con acqua pulita e attesa di almeno 48 ore per garantire la saturazione del tratto di prova. La carota estratta sarà sigillata e inviata in laboratorio per essere sottoposta a prove di permeabilità.
- Fase 2 – Inserimento nel tubo P di un carotiere semplice da 101 mm e asportazione del tappo di fondo. Perforazione di una tasca da 101 mm di diametro sino a intestarsi per almeno 50 cm nel terreno naturale in cui è immersa l'opera. La carota estratta sarà fotografata e conservata in cassetta catalogatrice.
- Fase 3 – Esecuzione delle prove Lefranc secondo le modalità descritte nelle Raccomandazioni AGI.

11.2. TEST CON TRACCIANTI

Obiettivo del test di collaudo tramite traccianti è di verificare l'assenza di infiltrazioni attraverso il diaframma perimetrale di contenimento.

Il contesto idrogeologico è rappresentato dalla presenza di un acquifero superficiale di spessore variabile tra 2 e 18 m. Al di sotto, sono presenti depositi argillosi basali, costituiti da argille grigio – azzurre di buona consistenza e scarsa plasticità, caratterizzati da valori di permeabilità non

superiori a 1×10^{-8} m/s. Si tratta dello strato su cui verrà immerso per circa 2 m il diaframma plastico in progetto.

L'eventuale presenza di condizioni di discontinuità all'interno del diaframma plastico, produrrebbe flussi di filtrazione perpendicolari allo stesso, vanificandone, almeno localmente, la funzione di setto separatore.

Sono state quindi identificate in via preliminare come sezioni potenzialmente più critiche del diaframma:

- a) le sezioni in cui il tracciato del diaframma cambia direzione;
- b) le sezioni di intersezione tra il diaframma in progetto e le opere di confinamento già esistenti (cinturazione delle aree Sud-Est e Sud dello Stabilimento Petrolchimico) ovvero previste (diaframma lungo il confine Sud-Est dell'Area Micorosa);
- c) la base del diaframma, nella zona di contatto tra la miscela plastica ed il substrato impermeabile.

In sede di progettazione esecutiva, la definizione del tracciato e/o la realizzazione delle intersezioni di cui punti a) e b) in elenco, potrebbero subire modifiche per ragioni operative e tecniche; per tale motivo, i test qui proposti non devono essere considerati vincolanti alla stessa progettazione, ancorché vengano condivisi principi e finalità qui esposte.

Sono stati previsti quattro campi prova, in corrispondenza di altrettanti punti significativi, ciascuno costituito da 4 piezometri allineati in direzione perpendicolare al tracciato del diaframma (2 interni all'area cinturata (PZ-I1 e PZ-I2), e 2 esterni alla stessa (PZ-E1 e PZ-E2). La Tavola 6 in allegato, indica l'ubicazione dei campi prova nelle aree di intervento; la stessa identifica la sezione tipologica e lo schema dettagliato del campo prova.

Il tracciante, che dovrà essere opportunamente selezionato tenendo conto del contesto idrogeologico ed idrochimico, sarà immesso nel piezometro più interno PZ-I1, mentre gli altri tre piezometri saranno sottoposti a monitoraggio continuo per evidenziare eventuali arrivi della sostanza.

Per realizzare il test, dovrà essere messo in pompaggio il piezometro più esterno (PZ-E2), al fine di favorire l'eventuale moto di filtrazione attraverso il diaframma, massimizzando in tal modo le azioni di richiamo del tracciante.

I 2 piezometri intermedi (PZ-I2 e PZ-E1) saranno utilizzati per monitorare l'eventuale attraversamento del diaframma da parte del tracciante.

Il test è stato progettato considerando le ipotesi di cui sotto, in relazione al comportamento delle acque di falda:

- in assenza di diaframma impermeabile, il tracciante immesso nel piezometro più interno (PZ-I1) verrebbe richiamato dai moti di filtrazione indotti dal pompaggio (PZ-E2) e transiterebbe quindi attraverso i due piezometri intermedi (PZ-I2 e PZ-E1);
- in presenza di un diaframma con discontinuità, il tracciante verrebbe richiamato dai moti di filtrazione indotti dal pompaggio e, almeno in parte, transiterebbe attraverso i due piezometri intermedi. Sicuramente ne risulterebbe traccia all'esterno dell'opera di confinamento;
- in presenza di diaframma integro, il tracciante, non subendo il richiamo del piezometro in pompaggio, si disperderebbe lentamente intorno al punto di immissione, seguendo la geometria della superficie freatica della falda. Il tracciante non dovrebbe essere rilevato nei 2 piezometri esterni (PZ-E1 e PZ-E2).

Tabella 2 – Schema logico del test di tracciamento.

Geometria	Piezometro	Localizzazione	Funzione	Strumentazione installata	Tipo di controllo
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; text-align: center;"> interno area </div>	PZ-I1	Interno al diaframma	punto d'immissione	diver	livello falda automatico, concentrazione tracciante in manuale
	PZ-I2	Interno al diaframma	recettore intermedio	N/A	livello falda e concentrazione tracciante in manuale
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; text-align: center;"> diaframma </div>	PZE1	Esterno al diaframma	recettore intermedio	diver/spettrofiorimetro	livello falda e concentrazione tracciante in automatico
	PZE2	Esterno al diaframma	recapito finale	diver /spettrofiorimetro/ pompa di emungimento	livello falda e concentrazione tracciante in automatico

In riferimento allo schema logico della tabella di cui sopra, il punto d'immissione è individuato nel piezometro interno PZ-I1, il punto di recapito finale nel piezometro esterno PZE2, quest'ultimo in emungimento per creare una direzione di flusso all'esterno del diaframma ed evitare la dispersione di un eventuale tracciante che dovesse attraversare il diaframma. I piezometri sono distanti circa 3-5 m l'uno dall'altro.

Se il test darà gli esiti attesi, una volta immesso il tracciante, non se ne osserverà traccia né nel piezometro intermedio esterno né nel piezometro identificato come il recapito finale.

Il test prevede inoltre la verifica delle condizioni chimiche e idrauliche su tutti i piezometri e il monitoraggio delle condizioni meteorologiche locali, utilizzando i dati raccolti e storicizzati da una centralina meteorologica più prossima all'area di lavoro.

11.2.1. ESECUZIONE DELLA PROVA CON TRACCIANTE

Il test sarà eseguito in condizioni di flusso forzato, ovvero con piezometro PZE2 in pompaggio con portata costante. La portata da utilizzare durante il test (si stima <0,4 l/s) sarà definita preliminarmente con una prova speditiva di pompaggio a gradini (4 gradini della durata di 30 minuti ciascuno).

Le acque emunte, saranno gestite secondo i dettami della Committente (stoccaggio in idonee cisterne o autocisterne fornite dalla Committente e trasporto in un luogo indicato dalla Committente stessa).

Il piezometro PZE1 (recettore esterno) verrà attrezzato con spettrofluorimetro da pozzo, impostato per eseguire misure in automatico ogni 4 minuti; analoga strumentazione verrà installata nel piezometro PZ-I2 (recettore interno).

Le apparecchiature utilizzate dovranno essere in grado di rilevare la presenza di tracciante disciolto nelle acque di falda sino alla concentrazione di 0,01 µg/l (microgrammi/litro).

Gli spettrofluorimetri saranno accesi almeno un'ora prima dell'immissione, al fine di verificare le concentrazioni di fondo naturale.

11.2.2. IMMISSIONE DEL TRACCIANTE

Il piezometro di iniezione PZ-I1 verrà spurgato estraendo un quantitativo d'acqua pari a 3 volte il volume della tubazione piezometrica installata.

Successivamente sarà immesso il tracciante a circa 0,5 metri dal fondo del piezometro e si immetterà acqua pulita dalla testa del piezometro per facilitare l'allontanamento del tracciante.

Il test dovrà avere una durata massima di 30 gg, a meno che si verifichi, prima di tale termine, l'arrivo del tracciante al recapito finale con il conseguente completamento della curva di restituzione.

Non si esclude che richieste degli Enti o il sopraggiungere di evidenze in fase di prova possano richiedere una maggior durata della prova.

11.2.3. PRELIEVI E MISURE MANUALI

Durante il test dovranno essere monitorate le condizioni al contorno tramite campionamenti e misure da eseguirsi su PZ-I1 e PZ-E2.

I campioni saranno prelevati tramite campionatore statico (bailer) in volume adeguato per le determinazioni spettrofluorimetriche di laboratorio; durante la fase di campionamento saranno misurate anche la conducibilità elettrica, la temperatura e il pH delle acque.

I campioni raccolti su base giornaliera per l'intera durata del test, saranno conservati in contenitori opachi. I campioni saranno inviati quotidianamente al laboratorio approvato dalla Committente ed analizzati per la determinazione delle eventuali concentrazioni di tracciante presenti.

Negli stessi punti si provvederà alla registrazione dei dati freaticometrici tramite sonda di livello manuale, due volte al giorno (la prima in fase di campionamento e la seconda lettura almeno a 4 ore di distanza).

11.2.4. MONITORAGGIO CONDIZIONI CLIMATICHE

Sarà necessario raccogliere, durante tutto il periodo di esecuzione del test, dati meteorologici locali, al fine di poter interpretare eventuali anomalie nello svolgimento delle prove indotte da precipitazioni atmosferiche.

11.2.5. INTERPRETAZIONE DEI DATI

I dati relativi al controllo delle condizioni di sviluppo del test verranno organizzati in tabelle e diagrammi riassuntivi; essi verranno utilizzati per la verifica del mantenimento delle condizioni al contorno o per identificare eventuali anomalie.

In particolare:

- le misure di soggiacenza permetteranno di descrivere il campo di moto delle acque sotterranee, rappresentato mediante linee isofreatiche;
- i dati ricavati dagli spettrofluorimetri saranno rappresentati mediante diagrammi tempo/concentrazioni. Verranno evidenziati eventuali malfunzionamenti o intervalli di tempo con risultati anomali.

I risultati relativi alla presenza di tracciante nei due piezometri esterni, potranno dare:

- esito negativo: saranno semplicemente verificate le condizioni al contorno e conclusa l'interpretazione. Si riterrà confermata la tenuta del diaframma;
- esito positivo: saranno calcolati i tempi di arrivo, di massima concentrazione, di concentrazione media ponderata per consentire la definizione delle velocità di transito.

12. PIANO DI MONITORAGGIO – CONTROLLO

I controlli da effettuare si configurano sostanzialmente come un monitoraggio finalizzato a verificare il raggiungimento, a medio e a lungo termine, degli obiettivi progettuali, cioè il confinamento della contaminazione e la messa in sicurezza del sito.

E' prevista l'installazione di coppie di piezometri (uno interno, l'altro esterno al confinamento) che consentano, attraverso la misura dei livelli piezometrici, la verifica della disconnessione idraulica operata dal confinamento.

Nello specifico, la rete di monitoraggio sarà costituita da 6 coppie di piezometri, 4 coppie formate dai piezometri realizzati in posizione intermedia (PZ-I2 e PZ-E1) per l'esecuzione dei test di collaudo tramite tracciante, 2 coppie da realizzarsi ex-novo a cavallo dei tratti AB e GH. La Tavola 6 in allegato, dà indicazioni in tal senso.

12.1. INSTALLAZIONE DEI PIEZOMETRI PER I CONTROLLI

Le coppie di piezometri di cui sopra consentiranno di rilevare i livelli piezometrici e controllare l'esistenza di un gradiente idraulico positivo (i livelli all'interno della barriera devono essere inferiori a quelli misurati esternamente), il cui mantenimento costituisce un elemento di sicurezza in relazione ad un'eventuale propagazione della contaminazione in direzione laterale rispetto alla barriera.

I piezometri saranno intestati di circa 0,5 metri nel livello impermeabile delle argille di base. Ciascun piezometro sarà realizzato a carotaggio continuo, diametro minimo 159 mm. Una volta eseguita a quota la pulizia del foro, si inserirà la tubazione in HDPE da 4" fino a fondo foro; quindi si procederà all'immissione, nell'intercapedine colonna - tubazione, di materiale granulare siliceo in modo da realizzare un filtro poroso attorno al tratto di colonna fenestrato. Tale operazione va eseguita ritirando la tubazione provvisoria mano a mano che si procede con l'immissione dall'alto del materiale filtrante, curando di controllare la quota di questo con idonei sistemi di misura (cordelle metriche, etc.). Il bordo inferiore della tubazione dovrà sempre trovarsi al di sotto della quota raggiunta dal materiale di riempimento.

Al termine della formazione del filtro si procederà alla sigillatura del tratto cieco con miscela ternaria acqua-cemento-bentonite iniettata nell'intercapedine tra il tubo di rivestimento e il tubo HDPE mediante tubi getto. I tubi di rivestimento verranno sfilati solo quando verrà spazzata tutta l'acqua e verrà a giorno la miscela ternaria. Il livello di miscela ternaria verrà rabboccato fino alla sua completa stabilizzazione in corrispondenza del piano campagna. Per evitare fenomeni di riflusso della miscela ternaria all'interno del piezometro verrà posto un livello di almeno 50 cm di bentonite in pellets al tetto del dreno.

In corrispondenza di ciascun piezometro sarà posizionata una palina di segnalazione per facilitarne e renderne immediata l'ubicazione.

Tutti i dati registrati saranno raccolti in una relazione tecnica corredata di stratigrafie di dettaglio e report fotografico per ogni sondaggio eseguito e sezioni stratigrafiche.

Per ogni piezometro dovrà essere fornita la seguente documentazione:

- caratteristiche geometriche e quote dei tratti filtranti e ciechi e dei relativi tratti drenanti o sigillati;
- coordinate piano – altimetriche e quote assolute riferite ad un caposaldo;
- stratigrafie dei terreni espresse in profondità e in quote assolute;
- documentazione fotografica delle cassette catalogatrici.

13. CRITERI DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI

13.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'ambito dei lavori di messa in sicurezza permanente dell'area Micorosa e delle *Aree Esterne*, dovrà essere adeguatamente affrontato il tema della sicurezza per i lavoratori e per i fruitori delle aree influenzate dal cantiere, come previsto nel D.Lgs. 81/08 e s.m.i.

Il D.Lgs. 81/08 e s.m.i. definisce all'art. 89 come cantiere temporaneo o mobile, quindi ricadente nel cosiddetto Titolo IV, qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile di cui all'elenco riportato nell'Allegato X allo stesso decreto ovvero:

- i lavori di costruzione, manutenzione, riparazione, demolizione, conservazione, risanamento, ristrutturazione o equipaggiamento, la trasformazione, il rinnovamento o lo smantellamento di opere fisse, permanenti o temporanee, in muratura, in cemento armato, in metallo, in legno o in altri materiali, comprese le parti strutturali delle linee elettriche e quelle degli impianti elettrici, le opere stradali, ferroviarie, idrauliche, marittime, idroelettriche e, solo per la parte che comporta lavori edili o di ingegneria civile, le opere di bonifica, di sistemazione forestale e di sterro;
- gli scavi, il montaggio e lo smontaggio di elementi prefabbricati utilizzati per la realizzazione di lavori edili o di ingegneria civili.

Le attività descritte nel presente progetto implicano lavori di ingegneria civile. Pertanto, tali attività rientrano in Titolo IV e sono da considerarsi attività di cantiere come definito dall'art. 89. In tal caso il Committente è soggetto, ai sensi del D.lgs. 81/08 e s.m.i. ad una serie di obblighi. In particolare:

Articolo 90

- Nella fase di progettazione dell'opera, il committente deve:
 1. attenersi alle misure generali di tutela (art. 15) al momento delle scelte architettoniche, tecniche ed organizzative e all'atto della previsione della durata di realizzazione dei lavori o delle fasi di lavori;
 2. nominare, per i cantieri dove è prevista la presenza anche non contemporanea di più imprese esecutrici, il Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione;
 3. prendere in considerazione i documenti di cui all'art. 91 commi a) e b) ovvero il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC), i cui contenuti devono essere quelli previsti dall'Allegato XV al D.Lgs. 81/08 e s.m.i., e il Fascicolo i cui contenuti devono essere quelli previsti dall'Allegato XVI allo stesso Decreto. Sia PSC che

fascicolo sono redatti dal Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione (art. 91).

Pertanto, in fase di progettazione esecutiva sarà necessario nominare un coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e preparare un piano di coordinamento.

- Nella fase di affidamento dei lavori il committente deve:
 1. nominare, per i cantieri dove è prevista la presenza anche non contemporanea di più imprese esecutrici, il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione (art.92);
 2. comunicare alle imprese affidatarie e ai lavoratori autonomi i nominativi del Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione ed Esecuzione da indicare nel cartello di cantiere;
 3. verificare l'idoneità tecnico – professionale delle imprese affidatarie, di quelle esecutrici e dei lavoratori autonomi in relazione alle funzioni o ai lavori da affidare. La verifica deve essere condotta richiedendo i documenti previsti dall'Allegato XVII del decreto;
 4. chiedere alle imprese esecutrici una dichiarazione dell'organico medio annuo, distinto per qualifica, corredata degli estremi INPS ed INAIL, una dichiarazione del contratto collettivo applicato.
- Prima dell'inizio dei lavori il committente deve:
 1. trasmettere all'ASL e alla Direzione Provinciale del Lavoro territorialmente competenti, la notifica preliminare elaborata conformemente all'Allegato XII del decreto nonché i suoi aggiornamenti (art. 99);
 4. in caso di lavori oggetto di DIA o di permesso a costruire, trasmettere all'Amministrazione concedente copia della notifica preliminare di cui al punto precedente, il documento unico di regolarità contributiva (DURC) delle imprese e dei lavoratori autonomi, la dichiarazione di avvenuta verifica dei documenti di cui ai punti 3 e 4 del precedente elenco.

Inoltre, gli obblighi del coordinatore per la progettazione sono descritti all'articolo 91 come segue:

Articolo 91 - Obblighi del coordinatore per la progettazione

1. Durante la progettazione dell'opera e comunque prima della richiesta di presentazione delle offerte, il coordinatore per la progettazione:

- redige il piano di sicurezza e di coordinamento di cui all'articolo 100, comma 1, i cui contenuti sono dettagliatamente specificati nell' [ALLEGATO XV](#) della norma.
- predispone un fascicolo, i cui contenuti sono definiti all' [ALLEGATO XVI](#), contenente le informazioni utili ai fini della prevenzione e della protezione dai rischi cui sono esposti i lavoratori, tenendo conto delle specifiche norme di buona tecnica e dell'allegato II al documento UE 26 maggio 1993. Il fascicolo non è predisposto nel caso di lavori di manutenzione ordinaria di cui all'articolo 3, comma 1, lettera a) del testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia, di cui al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380.

13.2. LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI DOCUMENTI DI SICUREZZA

Durante l'esecuzione delle attività previste nel presente progetto, dovranno essere adottate tutte le disposizioni per la salute e la sicurezza dei lavoratori. Tutto il personale dovrà ottemperare alle disposizioni di sicurezza previste in sito, comprese quelle più restrittive relative ai rischi specifici di cantiere, nel rispetto di quanto previsto dal Piano di Sicurezza e Coordinamento e dai POS redatti dalle imprese esecutrici dei lavori.

Tutto il personale che prenderà parte direttamente o indirettamente ai lavori, dovrà essere informato sui seguenti argomenti:

- tipo di inquinanti che si potrebbero trovare e relativi effetti sulla salute;
- dotazioni di sicurezza personali (DPI);
- misure di immediata assistenza in caso di incidente e procedure di pronto soccorso;
- personale responsabile dei vari aspetti della sicurezza;
- misure di emergenza in caso di incendio;
- normativa riguardante la sicurezza.

Le norme di legge e le disposizioni aziendali di syndial in materia di sicurezza, salute e tutela ambientale richiedono:

- la preventiva individuazione e valutazione delle condizioni di pericolo e dei rischi;
- l'attuazione di misure di sicurezza di tipo tecnico e procedurale, idonee a prevenire e a proteggere la salute dei lavoratori e la sicurezza degli impianti;

- il coordinamento delle attività e l'informazione reciproca tra il Responsabile di Reparto, il Responsabile Aziendale del lavoro, il Preposto ai lavori di Impresa e gli esecutori dei lavori per gli interventi di prevenzione e protezione;
- che l'esecuzione di lavori diversi dalle normali attività lavorative, non procedurali nella documentazione aziendale (istruzioni operative, procedure di sicurezza, ecc.), sia autorizzata su "Permessi di lavoro" o documenti similari.



Progetto Operativo di Messa In Sicurezza Permanente di
parte delle aree esterne Syndial
Allegato 5

Stabilimento di Brindisi

TAVOLE



Progetto Operativo di Messa In Sicurezza Permanente di
parte delle aree esterne Syndial
Allegato 5

Stabilimento di Brindisi

ALLEGATI