



Via di Servola, 1 - Trieste

**PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA
AI SENSI DEL D.LGS 152/06 DEI TERRENI
PRESENTI NELL'AREA C.E.T. DI SERVOLA
RICOMPRESA NEL S.I.N. "TRIESTE"**

Relazione Tecnica

settembre 2009

1.0) PREMESSA

A seguito dell'incarico conferitoci da Elettra Produzione srl, sulla base delle indagini eseguite per quanto al Piano di caratterizzazione ambientale redatto ai sensi del D.Lgs 152/06 e delle evidenze così acquisite e meglio illustrate nella Relazione di sintesi dei risultati, sulla base delle prescrizioni impartite dalla Conferenza dei Servizi istruttoria del Ministero Ambiente dd. 01.08.2008, si è proceduto alla redazione del presente progetto definitivo di bonifica per i terreni risultati contaminati in corrispondenza dell'area del sondaggio S7, compendiato nella presente relazione di progetto e nei relativi elaborati allegati.

2.0) RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE ESEGUITA

Come da Piano approvato, nell'area in esame sono stati eseguiti n° 10 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo secondo una maglia 50 x 50 m, unitamente all'installazione di n° 4 piezometri utilizzati per il prelievo di campioni di acqua di falda. Le attività di campionamento sono state condotte alla presenza di Funzionari A.R.P.A., con raccolta di complessivi n° 31 campioni di terreno, di n° 8 campioni di terreno superficiale con metodologia "Top-Soil" e di n° 4 campioni di acqua di falda. Nel periodo successivo, con cadenza mensile, sono state svolte ulteriori n° 3 campagne di campionamento ed analisi delle acque di falda con il prelievo di complessivi n° 12 campioni per monitorarne la qualità. Inoltre, sulla base delle indagini così eseguite, è stato identificato l'assetto geolitologico e litostratigrafico di riferimento per l'area in esame, con il riconoscimento di n° 3 diverse principali litologie, ad andamento pressoché regolare, di seguito descritte:

- *materiali antropici di riporto eterogenei*, caratterizzati da limi sabbioso-argillosi con ciottoli, ghiaie, laterizi e detriti di demolizione in percentuale tra loro variabile, con talora presenza di loppe. Si tratta di depositi disomogenei con caratteristiche difformi da luogo a luogo, che talora presentano una predominanza dei termini coesivi, talora della fase grossolana con presenza anche di blocchi e clasti;
- *limo argilloso talora sabbioso*, di colore da grigio a grigio scuro, spesso con presenza di resti conchigliari. Sono sedimenti di origine marina che costituivano l'originale fondale e spesso la parte superficiale di questi sedimenti è compenetrata dai materiali antropici di riporto che, in considerazione della loro natura clastica e del loro peso proprio, all'inizio delle opere di imbonimento sono penetrati nei soggiacenti sedimenti marini, scarsamente addensati;
- *Flysch alterato marnoso-arenaceo* costituisce il basamento roccioso dell'area in esame; inoltre, a seguito dei naturali processi di disgregazione chimico-fisica, il Flysch presenta, talora, uno strato superficiale di alterazione caratterizzato da elementi marnosi ed arenacei, di dimensioni centimetriche, disarticolati, immersi in matrice terroso-limoso-argillosa, in cui si riconosce l'originaria struttura flyschoide.

I materiali antropici di riporto si rilevano a profondità variabile in base alla morfologia originaria dell'area, mentre appare evidente la risalita del Flysch nella parte più settentrionale

dell'area in esame e prossima al Colle di Servola, dove è stato rilevato ad una profondità di circa - 4.0÷5.0 m da p.c., fino a raggiungere profondità maggiori in corrispondenza della linea di costa. Anche i sovrastanti sedimenti limoso-argillosi seguono tale andamento, con approfondimento pressoché costante dal piede del Colle di Servola verso la linea di costa, dove sono stati individuati a profondità superiori a - 10 m dal p.c..

Inoltre, le attività di monitoraggio della falda eseguite in corrispondenza dei piezometri posti in opera, hanno consentito la definizione schematica dell'assetto idrogeologico dell'area, confermando la presenza di una circolazione idrica nei materiali antropici di riporto superficiali ben permeabili, che raggiunge il suo equilibrio piezometrico entrando a contatto con le acque marine. Il deflusso idrico della falda superficiale è condizionato dalla variabilità stagionale e la sua ricarica è direttamente correlata sia agli apporti meteorici che alle escursioni di marea che ne condizionano il deflusso verso mare.

2.1) Risultati analitici di caratterizzazione delle acque di falda

Come da Piano di caratterizzazione approvato in sede di Conferenza dei Servizi decisoria del Ministero Ambiente dd. 14.02.2007, è stata condotta una campagna di monitoraggio ambientale della falda, articolata in n° 4 distinti prelievi a cadenza mensile con inizio nel mese di aprile e sino a luglio 2008. Per identificare le aree su cui intervenire con le attività di bonifica, sono stati confrontati i valori analitici ottenuti dalla caratterizzazione ambientale con i limiti tabellari. I campioni di acqua di falda prelevati in corrispondenza dei piezometri PZ1, PZ2 e PZ4 sono risultati *non conformi* rispetto ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (C.S.C.) indicati nell'Allegato 5 - Tabella 2 - Parte IV - Titolo V del D.Lgs 152/06 per quanto agli analiti *manganese* e *solfati*; inoltre, nelle ultime 2 campagne di monitoraggio i campioni prelevati da PZ1 sono risultati *non conformi* anche rispetto all'analita *idrocarburi totali*, mentre per le prime 3 campagne di monitoraggio i campioni prelevati in corrispondenza del piezometro PZ3 sono risultati *non conformi* relativamente all'analita *cloroformio*. Nello stesso piezometro e solo nel terzo monitoraggio sono risultati *non conformi* anche gli analiti *nitriti*, *benzo(b)fluorantene*, *benzo(k)fluorantene*, *indeno(1,2,3-cd)pirene*, *benzo(g,h,i)perilene*, *benzo(a)pirene* e *benzo(a)antracene*.

L'elevata concentrazione rilevata nelle acque di falda in tutte le 4 campagne dell'analita *solfati*, in considerazione anche dell'elevata concentrazione di cloruri, è identificata come

propria dell'ingressione di acqua marina, mentre la *non conformità* rilevata per l'analisi *manganese* può essere posta in relazione con il valore di fondo naturale, in accordo con i risultati di cui allo “*Studio sui livelli naturali di As, B, Fe e Mn nel suolo, sottosuolo ed acque sotterranee nelle zone comprese e limitrofe al Sito Inquinato di Interesse Nazionale di Trieste*” redatto dall'A.R.P.A. ed approvato dalla Conferenza dei Servizi decisoria dd. 26.07.2007 del Ministero Ambiente.

Si evidenzia, inoltre, che Elettra Produzione srl ha già valutato l'adesione alla soluzione unitaria di attuazione degli interventi di Messa In Sicurezza d'Emergenza delle acque di falda per il Sito Inquinato di Interesse Nazionale “Trieste”, delegando ad un soggetto unico la progettazione e l'esecuzione degli interventi di bonifica della falda, così come approvato dalla Conferenza dei Servizi decisoria dd. 13.03.2006.

2.1) *Risultati analitici di caratterizzazione dei terreni*

Analogamente sono stati confrontati anche i valori analitici ottenuti dalla caratterizzazione ambientale con i limiti tabellari di cui all'Allegato 5 - Tabella 1 - Colonna B - Parte IV - Titolo V del D.Lgs 152/06. Tutti i campioni di terreno prelevati sono risultati *conformi* rispetto i valori di concentrazione soglia di contaminazione (C.S.C.) indicati nell'allegato sopra indicato, ad eccezione dei campioni riportati nella tabella riassuntiva sottostante, in cui sono individuate le profondità di campionamento e le evidenze analitiche risultate *non conformi*.

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)	ANALITA	VALORI RILEVATI (mg/kg)	LIMITE D.Lgs 152/06 (mg/kg)
S7	T2	2.40÷2.90	Idrocarburi C>12	4.650	750
	T3	5.10÷5.80	Idrocarburi C>12	1.570	750
S3	T1	0.10÷0.60	Idrocarburi C>12	3.950	750

I risultati ottenuti evidenziano la presenza di contaminazione, definibile come “*hot-spot*”, in presenza del sondaggio S3 e del sondaggio S7, dove l'inquinamento appare stratificato.

Pertanto, alla luce di tali risultati, si è proceduto all'esecuzione di opere di Messa In Sicurezza d'Emergenza dei terreni in corrispondenza del **sondaggio S3**, mediante la rimozione dei primi 1.0 m di terreno contaminato e successivo loro asporto e conferimento a discarica autorizzata.

Nel mese di aprile del 2009, al fine di verificare la completa rimozione della contaminazione e l'efficacia delle opere di M.I.S.E. eseguite, si è proceduto alla formazione di n° 5 campioni di terreno, di cui n° 1 campione prelevato a fondo scavo e n° 4 dalle pareti dello scavo, in accordo con quanto definito dall'APAT con Nota Prot. n° 31613 dd. 07.11.2006 -“*Proposta di integrazione del Protocollo Operativo per il campionamento e l'analisi dei siti contaminati Fondo scavo e Pareti*” - **SCENARIO 1 - CASO 1**, per la verifica della concentrazione di tutti gli analiti ricercati nel Piano di caratterizzazione approvato, in riferimento ai limiti di cui all'Allegato 5 - Tabella 1 - Colonna B - Parte IV - Titolo V del D.Lgs 152/06. La disamina dei risultati delle analisi di laboratorio così eseguite, ha consentito di affermare che tutti i campioni di terreno prelevati sono risultati *conformi* rispetto i limiti normativi. Ciò premesso, in considerazione dell'eventuale adesione della Committente alla soluzione unitaria di attuazione degli interventi di Messa In Sicurezza d'Emergenza delle acque di falda per il Sito Inquinato di Interesse Nazionale “Trieste”, tenuto conto che:

- nelle more dell'esecuzione di tali opere di cui alla soluzione unitaria la Committente ha già avviato le attività di emungimento, della falda risultata contaminata, dai tubi piezometrici posti in opera mediante l'utilizzo di motopompe ad immersione, con stoccaggio delle acque prelevate in serbatoi e smaltimento delle stesse presso idoneo impianto di trattamento mediante asporto con autobotte da parte di Ditta specializzata ed autorizzata;
- dell'efficacia delle opere di M.I.S.E. terreni realizzate

è stata richiesta la **restituzione dell'area agli usi legittimi per quanto afferente l'ambito di stabilimento della CET (area sondaggio S3)**.

Per quanto concerne l'area relativa al **sondaggio S7**, si è proceduto all'identificazione ed alla definizione degli interventi, oggetto del presente progetto definitivo, finalizzati alla sua bonifica in relazione ai valori analitici rilevati in corrispondenza del sondaggio S7. In particolare, in considerazione della profondità dei terreni risultati contaminati rispetto il piano campagna, è stata adottata la soluzione di intervento di bonifica mediante **tecniche di bioremediation**, di seguito meglio illustrata e dettagliata.

3.0) RIFERIMENTI NORMATIVI PER LE ATTIVITA' DI BONIFICA

Le problematiche connesse con le bonifiche dei terreni inquinati sono state oggetto, negli ultimi dieci anni, di una continua evoluzione normativa dal primo strumento legislativo, il D.M. 471 del 1999, passando attraverso il Testo Unico per l'Ambiente, il D.Lgs 152/06, fino all'ultimo correttivo, il D.Lgs 04/08 del 16 gennaio 2008. I riferimenti legislativi citati attendono a filosofie di intervento molto diverse, ma sempre più indirizzate verso soluzioni maggiormente compatibili sia con i costi di intervento, sia con l'effettiva possibilità di riutilizzo delle aree bonificate.

E' proprio in quest'ottica che vanno lette le più recenti modifiche al D.Lgs 152/06. Semplificando, il D.M. 471/99 prevedeva un approccio alla problematica delle bonifiche molto rigido, in quanto individuava i terreni su cui intervenire esclusivamente sulla base di un superamento di valori individuati "ex-lege" e validi su tutto il territorio nazionale. Tali valori limite, diversificati tra terreni ad uso civile o industriale, imponevano di intervenire quasi sempre. Infatti, nel caso di una inattuabilità di intervento con tecniche di recupero dell'area a costi competitivi, il concetto di Analisi di Rischio, ancorché presente nel testo del D.M. 471/99, si limitava alla definizione di messa in riserva definitiva (messa in sicurezza permanente) del sito stesso che, tuttavia, a fronte di costi significativi per il suo approntamento, ne impedivano di fatto il suo reimpiego ai fini produttivi.

Il D.Lgs 152/06 ha introdotto in modo organico lo strumento dell'Analisi di Rischio sito-specifica come ulteriore mezzo specifico per determinare gli obiettivi di bonifica (anche diversi rispetto ai valori tabellari del D.M. 471/99, mantenuti comunque validi) e le diverse modalità di intervento. Pertanto, le principali novità del D.Lgs 152/06 consistono nell'introduzione delle C.S.C., C.S.R. e, in un'ulteriore e maggiore peso, dell'Analisi di Rischio sanitaria sito-specifica, abbinata a significative modifiche nelle modalità di esecuzione della caratterizzazione e delle analisi dei campioni. In particolare, nell'Articolo 240 vengono introdotte due nuove definizioni, non presenti nel D.M. 471/1999 e più precisamente:

“b) concentrazioni soglia di contaminazione(C.S.C.): i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del

sito e l'analisi di rischio specifica, come individuati dall'allegato 5 alla parte IV del presente decreto. Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati;”

“c) concentrazioni soglia di rischio (C.S.R.): i livelli di contaminazione delle matrici ambientali, da determinare caso per caso con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sito specifica secondo i principi illustrati nell'allegato 1 alla parte IV del presente decreto e sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, il cui superamento richiede la messa in sicurezza e la bonifica. I livelli di concentrazione così definiti costituiscono i livelli di accettabilità per il sito”.

Quindi, i valori tabellari diventano “concentrazioni soglia di contaminazione”, il cui superamento richiede la caratterizzazione del sito e, conseguentemente, la possibilità di applicazione dell'Analisi di Rischio. I livelli di concentrazione accettabili per il sito (C.S.R.) vengono stabiliti in base all'applicazione della procedura di Analisi di Rischio sito-specifica; il superamento di detti livelli di accettabilità comporta la necessità di intervenire con misure di messa in sicurezza del sito e, conseguentemente, con la bonifica. Tali valori di C.S.R. costituiranno ovviamente, anche l'obiettivo di bonifica. Quindi, il valore di intervento ed il valore obiettivo coincidono, essendo entrambi costituiti dalla C.S.R.; quest'ultima però non è di natura tabellare, bensì ricavata tramite l'Analisi di Rischio sito-specifica.

Per quanto concerne la definizione di sito potenzialmente contaminato, il D.Lgs 152/06 riporta:

d) sito potenzialmente contaminato: un sito nel quale uno o più valori di concentrazione, delle sostanze inquinanti, rilevati nelle matrici ambientali risultino superiori ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (C.S.C.), in attesa di espletare le operazioni di caratterizzazione e di analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica, che ne permettano di determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle concentrazioni soglia di rischio (C.S.R.).

Tale definizione è forse più chiara rispetto a quella riportata nel D.M. 471/1999, che faceva riferimento unicamente ad una potenzialità di rischio per la salute umana e per l'ambiente

determinata in base alle attività antropiche svolte sul sito in questione, mentre il nuovo testo afferma in modo deterministico che un sito è potenzialmente inquinato quando vi è un superamento della C.S.C., cioè un superamento dei valori tabellari riportati nell'Allegato 5. Un aspetto molto rilevante delle definizioni presenti nel D.Lgs 152/06, è relativo a:

g) sito con attività in esercizio: un sito nel quale risultano in esercizio attività produttive sia industriali che commerciali nonché le aree pertinenziali e quelle adibite ad attività accessorie economiche, ivi comprese le attività di mantenimento e tutela del patrimonio ai fini della successiva ripresa delle attività;

h) sito dismesso: un sito in cui sono cessate le attività produttive.

Quindi, viene distinto il sito con attività in esercizio da quello dismesso ed alcune procedure vengono diversificate in funzione della presenza o meno sul sito di attività in essere.

3.1) Le novità introdotte dal D.Lgs 04/08

Il D.Lgs 04/08 introduce un nuovo articolo al D.Lgs 152/06, l'Articolo 252-bis "Siti di preminente interesse pubblico per la riconversione industriale", assente sia nel D.Lgs 152/06, che nel D.M. 471/99. Tale articolo prevede che:

- 1. Con uno o più decreti del Ministro per lo Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e previa intesa con la Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano, sono individuati i siti di interesse pubblico, ai fini dell'attuazione di programmi ed interventi di riconversione industriale e di sviluppo economico produttivo, contaminati da eventi antecedenti al 30 aprile 2006, anche non compresi nel Programma Nazionale di Bonifica di cui al D.M. n. 468 del 18 settembre 2001 e successive modifiche e integrazioni, nonché il termine, compreso fra novanta e trecentosessanta giorni, per la conclusione delle Conferenze di Servizi di cui al comma 5. In tali siti sono attuati progetti di riparazione dei terreni e delle acque contaminate assieme a interventi mirati allo sviluppo economico produttivo. Nei siti con aree demaniali e acque di falda contaminate, tali progetti sono elaborati e approvati entro dodici mesi dall'adozione del decreto di cui al presente comma, con appositi accordi di programma stipulati tra i soggetti interessati, i Ministri per lo Sviluppo Economico, dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del*

Mare e della Salute e il Presidente della regione territorialmente competente, sentiti il Presidente della provincia e il sindaco del comune territorialmente competenti. Gli interventi di riparazione sono approvati in deroga alle procedure di bonifica di cui alla Parte IV - Titolo V del presente decreto.

2. *Gli oneri connessi alla messa in sicurezza e alla bonifica nonché quelli conseguenti all'accertamento di ulteriori danni ambientali sono a carico del soggetto responsabile della contaminazione, qualora sia individuato, esistente e solvibile. Il proprietario del sito contaminato è obbligato in via sussidiaria previa escussione del soggetto responsabile dell'inquinamento.*
3. *Gli accordi di programma assicurano il coordinamento delle azioni per determinarne i tempi, le modalità, il finanziamento e ogni altro connesso e funzionale adempimento per l'attuazione dei programmi di cui al comma 1 e disciplinano in particolare:*
 - a. *gli obiettivi di reindustrializzazione e di sviluppo economico produttivo e il piano economico finanziario degli investimenti da parte di ciascuno dei proprietari delle aree comprese nel sito contaminato al fine di conseguire detti obiettivi;*
 - b. *il coordinamento delle risultanze delle caratterizzazioni eseguite e di quelle che si intendono svolgere;*
 - c. *gli obiettivi degli interventi di bonifica e riparazione, i relativi obblighi dei responsabili della contaminazione e del proprietario del sito, l'eventuale costituzione di consorzi pubblici o a partecipazione mista per l'attuazione di tali obblighi nonché le iniziative e le azioni che le pubbliche amministrazioni si impegnano ad assumere e a finanziare;*
 - d. *la quantificazione degli effetti temporanei in termini di perdita di risorse e servizi causati dall'inquinamento delle acque;*
 - e. *le azioni idonee a compensare le perdite temporanee di risorse e servizi, sulla base dell'allegato II della direttiva 2004/35/CE; a tal fine sono preferite le misure di miglioramento della sostenibilità ambientale degli impianti esistenti, sotto il profilo del miglioramento tecnologico produttivo e dell'implementazione dell'efficacia dei sistemi di depurazione e abbattimento delle emissioni;*
 - f. *la prestazione di idonee garanzie finanziarie da parte dei privati per assicurare l'adempimento degli impegni assunti;*
 - g. *l'eventuale finanziamento di attività di ricerca e di sperimentazione di tecniche e metodologie finalizzate al trattamento delle matrici ambientali contaminate e all'abbattimento delle concentrazioni di contaminazione, nonché ai sistemi di*

- misurazione e analisi delle sostanze contaminanti e di monitoraggio della qualità ecologica del sito;*
- h. le modalità di monitoraggio per il controllo dell'adempimento degli impegni assunti e della realizzazione dei progetti.*
- 4. La stipula dell'accordo di programma costituirà riconoscimenti dell'interesse pubblico generale alla realizzazione degli impianti, delle opere e di ogni altro intervento connesso e funzionale agli obiettivi di risanamento e di sviluppo economico e produttivo.*
 - 5. I provvedimenti relativi agli interventi di cui al comma 3 sono approvati ai sensi del comma 6 previo svolgimento di due Conferenze di Servizi, aventi ad oggetto rispettivamente l'intervento di bonifica e l'intervento di reindustrializzazione. La Conferenza di Servizi relativa all'intervento di bonifica è indetta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, che sostituisce l'amministrazione procedente. La Conferenza di Servizi relativa all'intervento di reindustrializzazione è indetta dal Ministero dello Sviluppo Economico, che sostituisce l'amministrazione procedente. Le due Conferenze di Servizi sono indette ai sensi dell'articolo 14 e seguenti della Legge n. 241 - 7 agosto 1990 ed a esse partecipano i soggetti pubblici coinvolti nell'accordo di programma di cui al comma 1 e i soggetti privati proponenti le opere e gli interventi nei siti di cui al medesimo comma 1. L'assenso espresso dai rappresentanti degli enti locali, sulla base delle determinazioni a provvedere degli organi competenti, sostituisce ogni atto di pertinenza degli enti medesimi. Alle conferenze dei servizi sono ammessi gli enti, le associazioni e le organizzazioni sindacali interessati alla realizzazione del programma.*
 - 6. Fatta salva l'applicazione delle norme in materia di valutazione di impatto ambientale e di autorizzazione ambientale integrata, all'esito delle due conferenze di servizi, con decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e del Ministro dello sviluppo economico, d'intesa con la regione interessata, si autorizzano la bonifica e la eventuale messa in sicurezza nonché la costruzione e l'esercizio degli impianti e delle opere annesse.*
 - 7. In considerazione delle finalità di tutela e ripristino ambientale perseguite dal presente articolo, l'attuazione da parte dei privati degli impegni assunti con l'accordo di programma costituisce anche attuazione degli obblighi di cui alla direttiva 2004/35/CE e delle relative disposizioni di attuazione di cui alla Parte VI del presente decreto.*
 - 8. Gli obiettivi di bonifica dei suoli e delle acque sono stabiliti dalla tabella 1 dell'allegato 5 al Titolo V del presente decreto. Qualora il progetto preliminare dimostri che tali limiti*

non possono essere raggiunti nonostante l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, la Conferenza di Servizi indetta dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare può autorizzare interventi di bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza che garantiscano, comunque, la tutela ambientale e sanitaria anche se i valori di concentrazione residui previsti nel sito risultano superiori a quelli stabiliti dalla tabella 1 dell'allegato 5 al Titolo V del presente decreto. Tali valori di concentrazione residui sono determinati in base a una metodologia di analisi di rischio riconosciuta a livello internazionale.

- 9. In caso di mancata partecipazione all'accordo di programma, di cui al comma 1, di uno o più responsabili della contaminazione, gli interventi sono progettati ed effettuati d'ufficio dalle amministrazioni che hanno diritto di rivalsa nei confronti dei soggetti che hanno determinato l'inquinamento, ciascuno per la parte di competenza. La presente disposizione si applica anche qualora il responsabile della contaminazione non adempia a tutte le obbligazioni assunte in base all'accordo di programma.*
- 10. Restano ferme la titolarità del procedimento di bonifica e le altre competenze attribuite alle regioni per i siti contaminati che non rientrano fra quelli di interesse nazionale di cui all'articolo 25.*

Si rileva, pertanto, che tale articolo riguarda tutti i siti contaminati da eventi antecedenti il 30 aprile 2006, compresi o non tra i S.I.N., i quali sono oggetto di interventi mirati allo sviluppo economico e produttivo. Inoltre, al Comma 8 dell'Articolo 252-bis viene esplicitato che gli obiettivi di bonifica sono rappresentati dai valori limite (C.S.C.) riportati nelle Tabelle 1 e 2 dell'Allegato 5 - Parte IV - Titolo V del D.Lgs 152/06 e non, quindi, dalle C.S.R.. Pertanto, per tali siti si ritorna all'obiettivo di bonifica di tipo tabellare; ove detto valore tabellare non sia raggiungibile anche applicando le migliori tecnologie esistenti a costi sopportabili (*Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs - BATNEEC*), potrà essere accettata una concentrazione residua eccedente i valori limite tabellari, purché si dimostri, tramite una Analisi di Rischio sanitaria sito-specifica, che non vi sia rischio per i fruitori dell'area.

Il S.I.N. di Trieste è oggetto di uno specifico Accordo di Programma già previsto dalle modifiche sopra richiamate all'Articolo 252-bis. L' accordo, in fase di firma, è all'esame delle Autorità competenti per la sua definitiva approvazione. L'obiettivo principale dell'accordo è certamente la realizzazione della bonifica dei terreni e delle acque di falda, oltreché della

difesa delle aree marine prospicienti il S.I.N.. In un quadro generale di interventi, gli obiettivi di questo Accordo prevedono, fra l'altro, nell'area di interesse nazionale:

- l'attuazione di opere di messa in sicurezza e di bonifica della falda presente nel S.I.N., mediante interventi che impediscano la dispersione della contaminazione verso mare;
- la realizzazione di un sistema per la gestione sicura ed integrata delle acque di falda contaminate, emunte e/o drenate dal sistema di messa in sicurezza di cui sopra;
- la caratterizzazione dei terreni, delle falde e dei corpi idrici superficiali interni al S.I.N.;
- l'individuazione delle migliori tecnologie di bonifica disponibili a costi sostenibili, preferibilmente tra quelle basate su trattamenti in-situ, privilegiando quelli biologici e minimizzando la rimozione e lo smaltimento dei suoli contaminati;
- la progettazione e la realizzazione dei siti di bonifica;
- la realizzazione di un sistema di monitoraggio e controllo dell'attuazione e dell'efficacia degli interventi (assetto piezometrico, cedimenti/innalzamenti, qualità delle acque di falda, qualità delle acque superficiali, stato dei sedimenti);
- l'intervento sostitutivo, qualora necessario, in caso di mancato intervento dei soggetti obbligati per assicurare la messa in sicurezza delle falde delle singole aree comprese nel S.I.N..

4.0) RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO

Relativamente all'inquinamento presente nei terreni, come evidenziato dalla caratterizzazione eseguita e precedentemente descritta, è stata rilevata una contaminazione da Idrocarburi C>12 a strati in corrispondenza del sondaggio S7, alla profondità di - 2.40÷2.90 m da p.c., con valori pari a 4.650 mg/kg ed a - 5.10÷5.80 m da p.c., con valori pari a 1.570 mg/kg. Per quanto all'acqua di falda, i campioni prelevati nel corso delle ultime 2 campagne di monitoraggio sono anch'essi risultati *non conformi* rispetto all'analisi Idrocarburi totali, seppur con dei valori analitici a minor scostamento. Tale risultato analitico è probabilmente imputabile a processi di lisciviazione del contaminante presente nei terreni.

Preme evidenziare, inoltre, che in accordo con il principio generale di precauzione di cui all'Art. 252-bis - Comma 8 del D.Lgs 04/08, dove è indicato come obiettivo di bonifica il raggiungimento del valore fornito dalle C.S.C. di cui all'All.5 - Tab. 1 - Col. B - Parte IV - Titolo V del D.Lgs 152/06, il presente progetto definitivo di bonifica è redatto al fine di poter soddisfare tale principio di precauzione, identificando gli obiettivi di bonifica coincidenti con le C.S.C. e ciò ha consentito di tralasciare la redazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica per l'area di progetto.

Pertanto, alla luce di quanto sopra illustrato, la metodologia di bonifica identificata prevede l'intervento su un'area di 290 m² nell'intorno del sondaggio S7, mediante tecniche di bioremediation, meglio illustrate e dettagliate in seguito. Lungo tutto il perimetro del sito di progetto, pari a 167 m lineari, verrà realizzato un diaframma cemento-bentonite che fungerà da barriera impermeabile, al fine di conterminare tutta l'area di progetto ed impedire fenomeni di dilavamento da parte delle acque di falda ivi presenti, sia dei nutrienti enzimatico-batterici utilizzati per le attività di bonifica, sia dei contaminanti trattati. Al fine di rendere compatibili gli interventi di bonifica previsti, si propone la seguente tempistica:

- *approntamento delle aree di cantiere;*
- *realizzazione della barriera cemento/bentonite;*
- *interventi di bioremediation;*
- *verifica in corso d'opera dell'efficacia degli interventi di bioremediation;*
- *attività di monitoraggio post-operam.*

Prima dell'inizio delle attività di bioremediation, verranno eseguite le opere di allestimento dell'area, includenti la perimetrazione del sito oggetto di intervento e la predisposizione delle aree di cantiere.

4.1) Realizzazione del diaframma impermeabile cemento/bentonite

Il diaframma impermeabile in cemento-bentonite è finalizzato a conterminare con una barriera impermeabile l'area di progetto, isolando la stessa da fenomeni di dilavamento da parte delle acque di falda. Il sistema proposto per la realizzazione del diaframma si basa sulla tecnologia *Cutter Soil Mixing - CSM* (taglio e miscelazione del terreno). Tale metodologia di intervento consente la realizzazione di una barriera impermeabile di terreno consolidato mediante la miscelazione in posto del terreno stesso con un opportuno legante idraulico ed acqua; questa tecnica abbina le conoscenze sugli scavi di pannelli rettangolari realizzati tramite le idrofresche, con quelle relative ai trattamenti dei terreni, *Deep Mixing Method - D.M.M.*, che individuano vari metodi di consolidamento in cui i leganti, calce o cemento, vengono mescolati meccanicamente al terreno.

Prima della costruzione del diaframma cemento-bentonite, sarà necessario individuare l'esatta localizzazione delle due reti di servizi (fognaria e telefonica) che, attraversando il perimetro dell'area da conterminare, sicuramente verranno interrotte dai lavori di CSM. Si precisa che sarà necessario riattivarle creando prima un by-pass e poi facendole passare attraverso la trincea in costruzione. Per definire il loro posizionamento, nel caso non esistessero delle cartografie aggiornate, verranno effettuate delle indagini geofisiche mediante radar.

La tecnologia CSM si basa sull'utilizzo di un utensile dotato di due set di ruote fresanti che, girando su di un asse orizzontale, sminuzzano il terreno in fase di perforazione. Due sistemi di trasmissione sono connessi ad un supporto che viene a sua volta collegato ad un sistema di prolunga "kelly" montato sul mast principale della macchina di scavo per mezzo di due slitte, che guidano ed estraggono l'utensile e, se necessario, lo ruotano. Durante la fase di discesa delle teste fresanti il terreno viene frantumato e disgregato dalle ruote, mentre la miscela cementizia viene iniettata da un apposito ugello posto tra le teste stesse. Durante la fase di estrazione le teste fresanti ruotano in modo tale da mescolare il legante con il terreno e formare un pannello rettangolare.

Le componenti principali del sistema CSM sono:

- gruppo fresante BCM con quattro ruote dentate, basato sulle tecnologie delle frese Bauer, in cui i motori idraulici sono contenuti in un telaio impermeabile che incorpora anche la strumentazione elettronica. Le ruote dentate sono progettate per rompere il terreno e per amalgamarlo con la miscela cementizia, al fine di svolgere tale funzione in terreni diversi;
- sistema di guida e collegamento del gruppo fresante alla macchina base;
- la macchina base può montare diverse configurazioni di frese CSM in funzione della profondità di scavo e del tipo di terreno; l'unità BCM può essere montata su un'asta Kelly a sua volta collegata, attraverso due carrelli guida, al mast della macchina base che trasmette alla fresa le spinte ed i tiri necessari per eseguire i pannelli.

I componenti ausiliari e necessari per eseguire il lavoro sono:

- silos per lo stoccaggio di cemento e bentonite muniti di coclee automatiche;
- impianto di miscelazione con sistema di dosaggio ponderale manuale, temporizzato e computerizzato;
- n° 2 pompe di alimentazione controllabili con radiocomando dalla cabina della macchina di scavo, con capacità di 200 - 300 l/min e prevalenza di 12 - 15 bar;
- manichette per inviare la bentonite, miscela cementizia, aria compressa ed acqua dall'impianto alla macchina;
- escavatore idraulico per la realizzazione del prescavo e la rimozione del materiale di risulta;
- vibrovaglio mobile, per la prima separazione del refluo;
- attrezzature varie, come vasconi e cisterne d'acqua, vasche bentonite, pompe acqua, container-officina, cisterna gasolio, generatore, varie.

Inoltre, la macchina base può montare diverse configurazioni di frese CSM in funzione della profondità di scavo e del tipo di terreno; l'unità BCM può essere montata su un'asta Kelly a sua volta collegata, attraverso due carrelli guida, al mast della macchina base che trasmette alla fresa le spinte ed i tiri necessari per eseguire i pannelli.

4.1.1 Procedure di esecuzione

Lungo il tracciato del diaframma si prevede la realizzazione di un prescavo al fine di recuperare e raccogliere lo spurgo ed il materiale di risulta. L'utensile fresante che si prevede venga utilizzato nel progetto è il tipo "BCM 8 doppio", avente peso di 18.000 kg e tale scelta è stata dettata da una migliore penetrabilità nei materiali antropici di riporto più consistenti ivi presenti, con maggiore velocità di esecuzione dell'opera rispetto ad un sistema semplice.

Il diaframma avrà spessore di 0.60 m e profondità variabile in base alla consistenza dei materiali antropici di riporto, come meglio illustrato negli elaborati allegati ed, in ogni caso, sarà spinto sino al raggiungimento di almeno 1.0 m nei terreni limo-argillosi o nel Flysch superficiale. E' di seguito riportata una tabella riassuntiva delle superfici e delle volumetrie di scavo stimate del diaframma cemento/bentonite di progetto.

Area diaframma impermeabile cemento/bentonite (m²)	Volume (m³)	Volume di risulta (15% volume totale) (m³)
1.505	903	135

La volumetria dei materiali di risulta così prodotti sarà classificata come *rifiuto solido* e conferita ad idonei impianti di discarica per *rifiuti inerti* o per *rifiuti non pericolosi*, a seguito della sua classificazione come rifiuto con esecuzione di Test di cessione ai sensi della normativa vigente.

Il gruppo fresante viene infisso ad una velocità costante, le ruote dentate frantumano così il terreno e contemporaneamente un fluido viene iniettato attraverso gli ugelli situati tra le ruote. Tale fluido viene miscelato omogeneamente con il materiale scavato e disgregato. La direzione di rotazione delle ruote è preferibilmente impostata verso l'esterno per favorire la miscelazione. Tutto il terreno disgregato deve passare attraverso le lame fisse dove è frantumato nuovamente e mescolato con la miscela. La velocità di penetrazione ed il volume del fluido iniettato sono regolati dall'operatore al fine di garantire un mix terreno/miscela omogeneo e fluido, tale che possa permettere il passaggio della fresa sia in fase di penetrazione, che di estrazione. In alcuni casi può essere aggiunta aria compressa per aiutare

la liquefazione del terreno e per mantenere in uno stato fluido la miscela lungo tutta la profondità del pannello, riducendo così il quantitativo di acqua o bentonite necessaria per questa operazione.

Il ciclo di scavo e miscelazione è eseguito mediante il sistema bi-fase, nel quale durante la fase di penetrazione, vengono eseguiti il taglio, la miscelazione e fluidificazione del terreno iniettando solamente fango bentonitico. Lo spurgo risultante può essere condotto ad un dissabbiatore che, separando solidi da liquidi, rimette quest'ultimi in circolo. Al raggiungimento della profondità di progetto, il fango bentonitico viene sostituito con la miscela cementizia ed il senso di rotazione delle ruote fresanti viene invertito. Inizia quindi, la fase di estrazione della macchina con miscelazione del terreno con il legante; la velocità di estrazione ed il volume di miscela iniettata sono regolati per garantirne il giusto rapporto con il terreno e per esercitare il necessario costipamento del volume trattato.

Le proporzioni dei componenti usati per la costruzione del diaframma, cemento, bentonite ed acqua, saranno determinate in seguito a prove di laboratorio da eseguirsi prima dell'inizio dei lavori. Di seguito sono riportate le proporzioni tipiche per le miscele cemento-bentonite.

DIAFRAMMI PLASTICI	
Cemento	400 - 550 kg/m ³ miscela
Bentonite	15 - 30 kg/m ³ miscela
A/C	1.5 - 2.0

Le caratteristiche di resistenza, permeabilità e composizione del terreno trattato variano a seconda dei casi specifici e vengono determinate con prove in sito ed in laboratorio. Si riportano in tabella alcuni *range* di valori indicativi dei parametri di terreni trattati con la tecnologia CSM.

DIAFRAMMI PLASTICI	
Resistenza alla compressione	0.5 - 2.0 MPa
Permeabilità	1 x 10 ⁻⁹ m/sec
Contenuto di cemento	100 - 200 kg/m ³ terreno

4.1.2 *Vantaggi del metodo CSM*

Il sistema CSM previsto per la realizzazione di quanto in progetto, presenta i seguenti vantaggi:

- l'opera può essere realizzata su una vasta gamma di terreni, da quelli teneri coesivi e granulari, fino ai terreni consistenti e rocce tenere includendo anche substrati compatti e ghiaiosi, modificando la velocità di avanzamento dell'utensile e la velocità di rotazione delle lame;
- elevata produttività;
- l'utilizzo del terreno stesso come materiale di costruzione;
- in condizioni litostratigrafiche costanti produce diaframmi di terreno consolidato con caratteristiche continue, in condizioni eterogenee le caratteristiche meccaniche finali saranno simili variando i parametri volumetrici di immissione nel terreno della miscela legante;
- una produzione di reflusso contenuta;
- non genera vibrazioni;
- la verticalità, l'angolazione della testa di perforazione, la profondità, la velocità di perforazione e rotazione delle lame, sono costantemente monitorate da una stazione remota collegata in real-time all'utensile di perforazione.

4.2) *Interventi di bioremediation*

Gli interventi di bioremediation utilizzano la naturale predisposizione di alcuni ceppi batterici presenti nel terreno a produrre enzimi capaci di degradare determinati composti inquinanti organici. Il suolo presenta normalmente una microflora propria molto abbondante, la cui funzione principale è quella di consentire la chiusura dei cicli biogeochimici dei principali elementi (C, N, P, S) operando la trasformazione e la mineralizzazione della sostanza organica morta. Le ampie differenze della composizione dei suoli, insieme alle loro diverse caratteristiche fisiche, hanno come conseguenza differenze altrettanto ampie sia nella specificità dei microrganismi, che nelle dimensioni della popolazione microbica esistente.

Le condizioni fisico-chimiche che influenzano l'accrescimento microbiologico nel suolo sono molteplici:

- *quantità e tipo di sostanze nutritive;*
- *umidità disponibile;*
- *grado di aerazione;*
- *temperatura;*
- *pH;*
- *tecniche ed interventi che immettono un gran numero di microrganismi nel suolo (inondazioni e concimazioni).*

Le variazioni delle condizioni climatiche possono favorire selettivamente certi tipi fisiologici e le interazioni fra ed all'interno delle specie microbiche hanno, senza dubbio, un effetto importante sui membri della popolazione. I microrganismi presenti nel suolo sono organizzati in microcolonie, i cui aggregati possono essere costituiti da materiale inorganico (quarzo, argilla, ecc..) ed organico (acidi umici, ecc..). Batteri, attinomiceti, funghi, alghe e protozoi costituiscono questo microbiota, che può raggiungere un totale di miliardi di microrganismi per ogni grammo di terreno, se sussistono le condizioni ottimali di temperatura, umidità, disponibilità di ossigeno, nutrienti, ecc... Le attività metaboliche essenziali per il trasferimento dell'energia, la biodegradazione e la biosintesi, sono dipendenti da un gran numero di specifici catalizzatori organici (enzimi) sintetizzati dai microrganismi stessi. Alcuni enzimi sono tipicamente coinvolti nei processi di trasferimento energetico (ossidoriduzioni); altri consentono la trasformazione delle molecole durante i processi degradativi (depolimerizzazione, esterificazione, idrolisi, etc.) o di sintesi (metilazione, isomerizzazione, ecc...).

Il fine ultimo dei trattamenti microbiologici è quello di convertire gli inquinanti organici biodegradabili in biomassa batterica e composti non tossici, come anidride carbonica, acqua, metano ecc..., derivanti dal catabolismo batterico. Infatti, alcuni contaminanti del suolo possono venir usati dalla microflora presente nel terreno come substrato di crescita e, quindi, come fonte di energia. Il processo di biorisanamento non è nuovo in campo ambientale e può essere considerato analogo a quello su cui si basa la ben nota teoria della depurazione biologica dei liquami e del compostaggio dei rifiuti solidi.

I trattamenti microbiologici di recupero dei terreni possono essere fondamentalmente classificati secondo tre tipologie diverse:

- *in-situ* se il materiale è mantenuto nella sua sede originaria;
- *on site* se il terreno viene scavato e trattato in bioreattori posti in prossimità dell'area contaminata;
- *off site* se il terreno scavato e trattato in bioreattori posti lontano dall'area di bonifica.

In ogni caso, comunque, per poter effettuare la rimozione dei contaminati è necessario siano mantenute nel suolo le condizioni ambientali ottimali per la crescita della biomassa batterica. Sostanzialmente, è necessario operare con adeguati gradi di aerazione e umidità del suolo, con un rapporto equilibrato tra nutrienti e sostanza organica presente, evitando condizioni estreme di pH e temperatura.

L'utilizzo di tecniche di bioremediation permette di perseguire un duplice obiettivo:

- istituzionale, in quanto si evita di conferire presso impianti di discarica consistenti volumetrie di terreno inquinato;
- commerciale, poichè la bonifica *in-situ* ha costi minori e limitata dispersione di agenti inquinanti nel sistema.

4.2.1 Metodologia Eurovix

La tecnica di bioremediation adottata per la redazione del presente progetto di bonifica si attiene a procedimenti e metodi studiati e sviluppati dalla Eurovix srl, la quale società utilizza, per le attività di *bioremediation*, miscele di propria formulazione enzimatico-microbiche, nelle quali i microrganismi utilizzati, opportunamente selezionati, sono *bioattivati* e *biofissati* su supporti minerali. Con il termine *bioattivato* si intende un processo biologico che utilizza microrganismi non patogeni, selezionati per le loro specifiche esigenze nutritive. Rispetto i normali microrganismi, questi sono circa 350 volte più attivi e rapidi nella demolizione di substrati, altrimenti non facilmente biodegradabili con processi biologici tradizionali. Il *biofissaggio* è un processo che permette di "fissare" particolari microrganismi su di una specifica miscela di elementi di supporto.

Questo procedimento consente di raggiungere i seguenti obiettivi:

- *proteggere i microrganismi contro i rischi di natura fisica e chimica;*
- *aumentare il tempo di contatto dei microrganismi col substrato da demolire;*
- *favorire la crescita dei microrganismi, fissando direttamente il substrato da demolire;*
- *aumentare il tempo di contatto dei microrganismi col substrato da demolire;*
- *aiutare a ristabilire l'equilibrio chimico e biochimico del substrato.*

Quale supporto, saranno utilizzati sali minerali di dolomia e mordenite, oltre ad alghe del genere *Lithothamnium*. Caratteristica di tali supporti è la presenza di cavità in cui i microrganismi vengono trattenuti e fissati. La configurazione ionica del supporto aiuta il processo di scambio degli elementi ionici che si trovano nell'ambiente, allo scopo di mantenere la struttura cristallina dell'ambiente stesso. Questo materiale è combinato con altri materiali portatori di carbonati di calcio di origine planctonica, ricchi di oligoelementi. Tali sostanze presentano una porosità compresa tra 5 e 20 μ e contribuiscono a riequilibrare il substrato grazie al loro elevato contenuto minerale.

Tutti i microrganismi sono selezionati in luoghi naturali, in funzione della loro attività specifica sugli inquinanti, e provengono da applicazioni di biotecnologia su suoli, acque e sedimenti. Le specie scelte sono specifiche per le varie sostanze da degradare, non sono geneticamente modificate, bensì conformi alla “Classe 1” E.F.B. (European Federation of Biotechnology) ed a quanto specificatamente indicato nell'All. 3 - Parte IV del D.Lgs 152/06 - “*Criteri per gli interventi in cui si faccia ricorso a batteri, ceppi batterici mutanti e stimolanti di batteri naturalmente presenti nel suolo*”, dove alla lettera e) si evidenzia che “*non sono soggetti a limitazioni particolari, anche per interventi di bonifica condotti in sistemi non confinati, gli interventi di amplificazione (bioaugmentation) delle comunità microbiche degradatrici autoctone alle matrici da sottoporre a trattamento biologico ovvero l'inoculazione delle stesse con microrganismi o consorzi microbici naturali, fatta salva la non patogenicità di questi per l'uomo, gli animali e le piante*”. Inoltre, i prodotti biologici utilizzati non producono alcun effetto dannoso sull'ambiente, poiché i microrganismi, dopo aver operato la degradazione dei composti inquinanti, si integrano con le popolazioni presenti nei suoli, oppure passano ad uno stato di vita quiescente poiché i loro substrati di crescita (gli inquinanti) non sono più presenti.

Per le finalità di quanto in progetto, si prevede l'utilizzo del nutriente liquido Micropan NP100, integratore nutritivo a base di estratti vegetali fermentati, unitamente al formulato enzimatico-batterico Micropan Petrol, attivatore biologico specifico per la bonifica di terreni inquinati da sostanze idrocarburiche sia leggere, che pesanti secondo il seguente rapporto:

- *MICROPAN NP 100 (80 l/piezometro);*
- *MICROPAN PETROL (50 kg/piezometro).*

4.2.2 Punti di inoculo e modalità di dosaggio nutriente/miscela enzimatico-batterica

Sulla base delle evidenze relative alla caratterizzazione svolta nell'area in esame, il presente progetto di bonifica prevede l'attuazione di un trattamento *in-situ*, mediante realizzazione e posa in opera di n° 8 punti per l'inoculo dei nutrienti e delle miscele enzimatico-batteriche. Tali punti d'inoculo saranno distribuiti in maniera omogenea all'interno dell'area oggetto di bonifica, con una maggiore concentrazione in prossimità del sondaggio S7, come meglio evidenziato nella planimetria allegata. Gli inoculi verranno ottenuti tramite la posa in opera di tubi piezometrici microfessurati, aventi diametro interno pari a 1"¼, finestrati a partire da quota - 2.0 m dal p.c. e spinti sino a circa 70 cm al di sotto della massima profondità di contaminazione rilevata, pari a - 5.80 m dal p.c.. Il nutriente, fornito in fase liquida, verrà versato direttamente all'interno dei tubi piezometrici. La miscela enzimatico-batterica, fornita in forma liofilizzata, verrà sciolta in acqua con diluizione pari a circa il 10%, con l'ausilio di un'attrezzatura composta da un recipiente con agitatore nel quale solubilizzare il prodotto ed una pompa per l'invio della soluzione all'interno dei tubi piezometrici. Tutte le attrezzature saranno posizionate su un autocarro, da dove saranno rilasciati i nutrienti e la miscela in soluzione acquosa che, per gravità ed in ragione dell'elevata permeabilità dei materiali antropici di riporto ivi presenti, raggiungeranno i terreni oggetto di bonifica.

4.2.3 Insufflazione d'aria

Essendo i microrganismi utilizzati prettamente aerobici, nei 4 mesi successivi all'inoculo verrà iniettata dell'aria nel terreno con l'ausilio di n° 2 soffianti, al fine di garantire una concentrazione di ossigeno residuo pari ad almeno 1 ppm. Per raggiungere tale obiettivo, le soffianti verranno programmate secondo adeguati cicli di lavoro temporizzati. Ogni soffiante, provvista di apposito quadro elettrico con PLC, verrà collocata in armadietto da esterni conforme alla normativa vigente ed avente dimensioni di 40 x 70 x 120 cm, successivamente collegata, tramite raccorderia disposta fuori terra, sia alle altre soffianti, che al punto di

aerazione. Sono di seguito riassunti i principali dati tecnici relativi alla tipologia di soffiante che si prevede di utilizzare:

- *alimentazione: 380 V;*
- *pressione massima di esercizio: 300 mBar;*
- *assorbimento elettrico: 3.5 kW.*

L'insufflazione d'aria avverrà in tutti gli 8 piezometri posti in opera.

4.2.4 Alimentazione elettrica

L'alimentazione elettrica delle soffianti richiede l'allacciamento temporaneo a linea di 380 V.

4.2.5 Acqua

Si renderà necessario l'utilizzo di acqua per la sola operazione di dissoluzione della miscela enzimatico-batterica Micropan Petrol ed al fine di facilitare la veicolazione della miscela stessa attraverso i punti di inoculo; in particolare, si prevede la diluizione del prodotto in polvere al 10% circa, con consumo previsto di 4 m³ d'acqua.

4.3) *Verifica in corso d'opera dell'efficacia degli interventi di bioremediation*

Il tempo necessario per il raggiungimento del risultato finale è dipendente dalla temperatura esterna, per quanto il trattamento proposto normalmente non supererà i 6 mesi dalla data di inoculo.

Le attività così eseguite saranno monitorate sino alla massima profondità risultata contaminata, mediante esecuzione di n° 4 microsondaggi con prelievo di campioni di terreno, da ripetersi ogni 60 giorni e sino al raggiungimento degli obiettivi prefissati. La scelta dei punti di campionamento seguirà un criterio di rappresentatività dello stato di avanzamento del processo di bioremediation in corso. I parametri da monitorare e la frequenza analitica prevista sono riportati nella tabella seguente:

<i>Tempistica</i>	<i>Numero campioni di terreno prelevati</i>	<i>Analisi ai sensi dell'All. 5 – Tab. 1 – Col. B – Parte IV – Titolo V del D.Lgs 152/06</i>
alla data di inoculo	4	Idrocarburi C>12
60 giorni dall'inoculo	4	Idrocarburi C>12
120 giorni dall'inoculo	4	Idrocarburi C>12

Quando la concentrazione del parametro Idrocarburi C>12 risulterà inferiore al limite tabellare di cui all'All. 5 - Tab. 1 - Col. B - Parte IV - Titolo V del D.Lgs 152/06, verrà data comunicazione agli Enti di controllo per le opportune verifiche e certificazioni. A certificazione avvenuta, le attività di bonifica saranno ritenute concluse.

4.4) Attività di monitoraggio post-operam

Per la definizione dell'eventuale monitoraggio post-operam, si richiama quanto stabilito all'All. 3 - Parte IV - Titolo V del D.Lgs 152/06, dove *“le azioni di monitoraggio e controllo devono essere effettuate nel corso e al termine di tutte le fasi previste per le opere di bonifica, al fine di verificare l'efficacia degli interventi nel raggiungere gli obiettivi prefissati durante un congruo periodo di tempo”*.

L'obiettivo della bonifica di progetto è rappresentato dal raggiungimento dei limiti tabellari nei terreni trattati e, conseguentemente, nelle acque di falda. A tal fine, entro due mesi dalla conclusione delle attività di bonifica, per monitorare l'efficacia dell'azione svolta, si propone il prelievo di un campione di acqua di falda dal piezometro PZ1, posto in opera durante la caratterizzazione svolta e da ulteriori n° 2 nuovi sondaggi, opportunamente realizzati, la cui ubicazione verrà definita in tale data, spinti fino alla profondità di attuazione del trattamento di bonifica (- 6.0 m da p.c.), con il prelievo di n° 2 campioni di terreno da ogni sondaggio, per un totale di n° 4 campioni, in modo da monitorare tutto lo spessore critico risultato contaminato, ovvero da - 2.0 a - 6.0 m dal p.c..

E' di seguito riportata una tabella riassuntiva delle attività di monitoraggio post-operam previste.

<i>Sondaggio</i>	<i>Campione</i>	<i>Profondità</i>	<i>Analita</i>	<i>D.Lgs 152/06 Parte IV – Titolo V</i>
Sb1	T1	2.00 ÷ 2.50	Idrocarburi C>12	All. 5 - Tab. 1/B
	T2	4.00 ÷ 4.50	Idrocarburi C>12	All. 5 - Tab. 1/B
Sb2	T1	3.00 ÷ 3.50	Idrocarburi C>12	All. 5 - Tab. 1/B
	T2	5.50 ÷ 6.00	Idrocarburi C>12	All. 5 - Tab. 1/B
PZ1		acque	Idrocarburi totali	All. 5 - Tab. 2

Trieste, settembre 2009