

URS

Italia

**PROGETTO DEFINITIVO DI
BONIFICA
RAFFINERIA ERG MED**

di

PRIOLO GARGALLO (SR)

su incarico di

ENI S.P.A.

DIVISIONE REFINING & MARKETING

Settembre 2003

URS Italia S.r.l.
Via Bertieri, 4
I-20146 Milano
Italia
Tel: +39 02 422556.1
Fax: +39 02 422556.21
www.urscorp.com

INDICE

SEZIONE 1 INTRODUZIONE E SOMMARIO.....	4
1.1 GENERALITÀ.....	4
1.1.1 Sintesi degli eventi.....	4
1.1.2 Elenco degli elaborati del Progetto Definitivo di Bonifica	4
1.1.3 Elenco degli elaborati di riferimento.....	5
1.2 SOMMARIO	5
1.2.1 Inquadramento del sito	5
1.2.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico	6
1.2.3 Contaminazione del sottosuolo.....	8
1.2.4 Possibili origini della contaminazione.....	9
1.2.5 Azioni di messa in sicurezza	9
1.2.6 Programma di bonifica del sottosuolo	10
SEZIONE 2 – DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA SELEZIONATE	16
2.1 TERRENO	16
2.1.1 Scavo e Smaltimento - SS.....	16
2.1.2 Estrazione di vapori dal sottosuolo (Soil Vapour Extraction - SVE).....	16
2.1.3 Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ Bio Venting - BV	17
2.2 FALDA SUPERFICIALE	17
2.2.1 Sistemi di contenimento idraulico	17
2.2.2 Skimming – Sk (Sistemi mobili Single Pump SP, Dual Pump DP e Total Fluid TF).....	18
SEZIONE 3 – PROVE PILOTA IN SITU	21
3.1 PROVE PILOTA DI SOIL VAPOUR EXTRACTION - SVE.....	21
3.2 PROVE DI RECUPERO DEGLI IDROCARBURI SURNATANTI, SKIMMIG - SK.....	22
SEZIONE 4 – AZIONI DI MESSA IN SICUREZZA.....	24
4.1 INTERVENTI REALIZZATI ED OPERATIVI.....	24
4.1.1 Trincea drenante Vallone della Neve.....	24
4.1.2 Barriera idraulica Vallone della Neve	24
4.1.3 Estrazione del prodotto surnatante	25
4.1.4 Pozzi di spurgo margine orientale area SG10	25
4.1.5 Piezometro P61.....	25
4.1.6 Barriera idraulica Area SG11	25
4.2 INTERVENTI IN CORSO DI REALIZZAZIONE	26
4.2.1 Chiusura pozzi industriali	26
4.2.2 Barriera idraulica ex area OXO – SG10.....	26
4.2.3 Barriera idraulica lato orientale SG10	26
4.2.4 Barriera idraulica lato mare SG13	26
4.2.5 Opere di scarifica e smaltimento all'interno delle trincee tubazioni.....	27
SEZIONE 5 – OBIETTIVI DEGLI INTERVENTI.....	28
SEZIONE 6 - PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI.....	29
6.1 STRATEGIA D'INTERVENTO	29
6.2 INTERVENTI ALL'INTERNO DELLA RAFFINERIA	31
6.2.1 Interventi di messa in sicurezza.....	31

6.2.2	Interventi di bonifica dei terreni superficiali contaminati	33
6.2.3	Interventi di bonifica della contaminazione da idrocarburi.....	33
6.3	INTERVENTI ALL'ESTERNO DELLA RAFFINERIA (OLEODOTTO CONDEA)	39
SEZIONE 7 – INSTALLAZIONI DI CANTIERE		41
7.1.1	Allestimento del cantiere.....	41
SEZIONE 8 – GESTIONE DEI REFLUI E DEI RIFIUTI		42
8.1	INTRODUZIONE	42
8.2	ACQUE EMUNTE.....	42
8.2.1	Caratteristiche e quantitativi	42
8.3	PRODOTTO IDROCARBURICO	42
8.3.1	Caratteristiche e quantitativi	42
8.4	IDROCARBURI IN FASE VAPORE	43
8.4.1	Impianto trattamento vapori.....	43
8.4.2	Caratteristiche delle emissioni al camino	45
8.5	TERRENI CONTAMINATI	45
SEZIONE 9 – PIANO DI MONITORAGGIO DELLE OPERE.....		47
9.1	MONITORAGGIO DELLE OPERE	47
9.1.1	Monitoraggio sistemi di contenimento idraulico.....	47
9.1.2	Monitoraggio Sistemi SK / SVE / BV.....	47
9.1.3	Monitoraggio Oleodotto ErgMed - Sasol	49
9.2	PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE.....	50
9.2.1	Impianti meccanici ed elettro-strumentali.....	50
SEZIONE 10 – COLLAUDO DEGLI INTERVENTI.....		52
10.1	ESCAVAZIONE E CONFERIMENTO IN DISCARICA DI TERRENI CONTAMINATI.....	52
10.2	INTERVENTI DI BONIFICA IN SITU DELLA ZONA INSATURA.....	52
10.2.1	Sistemi di skimming – SK (Single Pump, Dual Pump e Total Fluid).....	53
10.2.2	Sistemi Soil Vapour Extraction.....	53
10.2.3	Sistemi Bio Venting	53
10.3	INTERVENTI DI CONTENIMENTO DELLA FALDA	53
10.4	COLLAUDO DELL'AVVENUTA BONIFICA	53
10.4.1	Analisi di rischio.....	54
10.5	MONITORAGGI POST OPERAM	54
SEZIONE 11 – PIANO TEMPORALE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA ...		55
SEZIONE 12 – COSTI DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA.....		56
SEZIONE 13 – CRITERI DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI.....		57

INDICE DELLE APPENDICI

Appendice I	Inquadramento geologico ed idrogeologico
Appendice II	Sintesi della contaminazione del sottosuolo
Appendice III	Comportamento degli idrocarburi nel sottosuolo
Appendice IV	Prove Pilota di SVE <i>in situ</i>
Appendice V	Prove di Recupero idrocarburi surnatanti

Appendice VI	Analisi di rischio sui terreni profondi impattati da metalli
Appendice VII	Scavo e smaltimento dei terreni superficiali
Appendice VIII	Piano temporale degli interventi di bonifica
Appendice IX	Costi degli interventi di bonifica
Appendice X	Descrizione tecnica impianti di combustione termica mobili

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	Corografia del sito
Figura 2	Raffineria Erg Med di Priolo
Figura 3	Suddivisione della Raffineria in aree funzionali
Figura 4	Inquadramento geologico del sito
Figura 5	Carta idrogeologica della falda superficiale
Figura 6	Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni - metalli
Figura 7	Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni – Toluene, Etilbenzene, Xilene, Stirene
Figura 8	Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni – Benzene
Figura 9	Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni – Idrocarburi C>12
Figura 10	Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni – Idrocarburi C<12
Figura 11	Mappa interpretativa della contaminazione delle acque - Aromatici
Figura 12	Mappa interpretativa della contaminazione delle acque - Idrocarburi totali
Figura 13	Planimetria del sito e opere di messa in sicurezza
Figura 14	Suddivisione della Raffineria in aree omogenee
Figura 15	Interventi di Bonifica – SVE, BV - Area SG10
Figura 16	Interventi di Bonifica – SK, SVE, BV - Area Monte Ferrovia
Figura 17	Interventi di Bonifica – SK, SVE, BV - Area Valle Ferrovia
Figura 18	Interventi di Bonifica – Scavo e Smaltimento – Raffineria e Area oleodotto
Figura 19	Area Cantiere
Figura 20	Schema Sistemi di Bonifica
Figura 21	Schema a Blocchi Sistemi di Trattamento

SEZIONE 1 INTRODUZIONE E SOMMARIO

1.1 Generalità

Il presente documento costituisce il Progetto Definitivo degli interventi di bonifica del sottosuolo della Raffineria Erg Med (Figura 1) di Priolo Gargallo (SR), già Raffineria Agip Petroli. Il documento è stato predisposto su incarico di ENI Divisione Refining & Marketing (nel seguito ENI).

1.1.1 Sintesi degli eventi

Il Progetto Definitivo è stato sviluppato sulla base:

- del quadro complessivo della contaminazione del sottosuolo emerso dalle due campagne di indagine condotte tra il 7 luglio ed il 15 novembre 2001 e tra il 3 febbraio ed il 29 giugno 2002, i cui risultati sono riportati nella "Relazione tecnica descrittiva della caratterizzazione del sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo Gargallo (SR) - agosto 2002";
- del "Progetto Preliminare degli interventi sul sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo (SR) – agosto 2002", presentato al Ministero dell'Ambiente nel settembre 2002 ed approvato nella conferenza dei servizi del 10 gennaio 2003;
- delle prove pilota di Soil Vapour Extraction (SVE) e di recupero degli idrocarburi surnatanti effettuate presso la raffineria dall'autunno del 2002.

Rispetto al Progetto Preliminare, il presente documento non contempla la progettazione definitiva degli interventi relativi all'area del settore denominato **San Cusumano Basso** che sarà oggetto di un documento progettuale specifico.

Anche le azioni sulla falda profonda non sono trattate in questo documento poiché le peculiarità ad essa associate sono oggetto di studi attualmente in corso e saranno pertanto sviluppate in documenti specifici all'intero polo industriale.

1.1.2 Elenco degli elaborati del Progetto Definitivo di Bonifica

Il Progetto Definitivo di Bonifica si articola nelle seguenti sezioni:

Sezione 1 - Introduzione: vengono descritti i riferimenti e l'approccio alla progettazione e bonifica, una sintesi delle conoscenze del sottosuolo dell'area in esame, gli obiettivi della bonifica;

Sezione 2 – Comportamento degli idrocarburi nel sottosuolo: sono sinteticamente illustrati i meccanismi che regolano il movimento degli idrocarburi nel sottosuolo con anche un accenno ai fenomeni di attenuazione naturale;

Sezione 3 – Descrizione delle Tecnologie di Bonifica Selezionate: sono riportate descrizioni in termini generali delle tecnologie individuate attraverso il processo di *screening* condotto nell'ambito della progettazione preliminare e la cui applicabilità al caso specifico è stata verificata attraverso l'esecuzione delle specifiche prove pilota;

Sezione 4 – Prove Pilota *in situ*: vengono descritte le Prove Pilota realizzate *in situ* ed i risultati conseguiti;

Sezione 5 – Descrizione dell'intervento di Bonifica: sulla base dei risultati

conseguiti vengono descritti i sistemi di bonifica che saranno installati;

Sezione 6 – Gestione dei reflui recuperati e prodotti: vengono identificate le caratteristiche ed i quantitativi di reflui recuperati e prodotti ed i sistemi che saranno utilizzati per smaltirli e/o rigenerarli.

Sezione 7 – Piano di monitoraggio delle opere: viene indicato il piano di monitoraggio previsti per i sistemi di bonifica in corso d'opera, nonché il piano di manutenzione degli impianti installati;

Sezione 8 – Piano temporale degli interventi: viene presentata la tempistica degli interventi a partire dalla data di approvazione del presente progetto definitivo;

Sezione 9 – Costi degli interventi di bonifica: viene riportata la stima dei costi relativi all'installazione ed alla conduzione delle operazioni di bonifica;

Sezione 10 – Criteri di protezione dei lavoratori: vengono definiti i criteri di protezione per la popolazione e la compatibilità di impatto ambientale degli interventi proposti.

1.1.3 *Elenco degli elaborati di riferimento*

Il presente Progetto Definitivo di Bonifica è stato sviluppato ai sensi del D.M. 25 ottobre 1999, n. 471.

Per la redazione del presente progetto si è fatto riferimento inoltre ai seguenti documenti specifici:

- Stato di avanzamento della caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera – Raffineria Agip Petroli - Priolo Gargallo (SR) – URS Dames & Moore - dicembre 2001;
- 2° Stato di avanzamento della caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera – Raffineria Agip Petroli - Priolo Gargallo (SR) – URS Dames & Moore - marzo 2002;
- Relazione tecnica descrittiva della caratterizzazione del sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo Gargallo (SR) – URS Dames & Moore - agosto 2002;
- Progetto Preliminare degli interventi sul sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo Gargallo (SR) – URS Dames & Moore – agosto 2002.
- Integrazioni richieste dalla conferenza dei servizi del 10 gennaio 2003 – URS Dames & Moore – febbraio 2003.

1.2 **Sommario**

1.2.1 *Inquadramento del sito*

La Raffineria Erg Med è ubicata all'interno del polo industriale di Priolo Gargallo (Sr), circa 1 km a nord dell'abitato di Priolo (Figura 1). La proprietà Erg occupa un'area di circa 350 ettari di cui 250 caratterizzati dalla presenza di impianti e/o infrastrutture connesse all'attività industriale, mentre i rimanenti 100, pur essendo compresi nel perimetro della Raffineria, non ospitano e non hanno mai ospitato impianti. La Figura 2 riporta una mappa del polo industriale di Priolo con l'ubicazione della Raffineria Erg Med.

Come previsto dai Piani Regolatori approvati ed in vigore presso i Comuni di Priolo, Melilli ed Augusta, il territorio su cui si insedia la Raffineria appartiene alla classe urbanistica di tipo industriale.

In Figura 3 la raffineria è stata suddivisa in aree omogenee dal punto di vista funzionale ed operativo (reparti produttivi, aree stoccaggio prodotti, ecc.).

1.2.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico

Nei paragrafi seguenti sono sintetizzati i risultati sull'assetto morfologico, idrografico, geologico ed idrogeologico dell'area in esame. Lo studio completo dell'area è presentato in Appendice I.

1.2.2.1 Morfologia ed idrografia

Il territorio su cui si inserisce la Raffineria Erg Med è caratterizzato da una morfologia collinare a terrazzi, con le massime elevazioni nella porzione ovest degradanti sino al mare Ionio nel settore orientale.

Si individua una dorsale collinare compresa tra il Torrente S. Cusumano a Nord ed il Vallone della Neve a Sud, che prende il nome di Costa di Gigia. Questa dorsale degrada verso Est lasciando spazio ad una stretta fascia costiera pianeggiante lambita dal Mare Ionio e caratterizzata da una morfologia sub pianeggiante, debolmente inclinata, con pendenze non superiori al 4%.

L'idrologia superficiale è caratterizzata dalla presenza di due torrenti principali: il Torrente Canniolo che delimita a sud l'area di raffineria ed il Torrente San Cusumano, che la delimita a Nord, entrambi sfociano nel Mare Ionio. All'interno della raffineria ricadono il Torrente Vallone della Neve regimentato in un canale artificiale, ed un secondo canale artificiale in direzione est-ovest allineato lungo la strada O. Tali canali ricevono le acque di raffreddamento che, dopo essere state utilizzate dagli impianti della raffineria, vengono recapitate a mare.

1.2.2.2 Geologia ed idrogeologia regionale

La geologia di superficie è prevalentemente mascherata dalla presenza delle strutture del polo industriale e dalla copertura dei terreni di riporto e agrari; pertanto, la ricostruzione della geologia del sottosuolo è basata su informazioni acquisite nell'ambito dello studio di caratterizzazione del sottosuolo della Raffineria Erg Med, di studi d'archivio e di pubblicazioni tecnico-scientifiche.

Nella successione verticale di rocce e terreni si riconoscono in profondità le rocce più antiche, di età cretacea (iniziata 130 milioni di anni fa), a cui si sovrappongono quelle via via più recenti sino alla attuale superficie topografica, come descritte di seguito:

- Rocce carbonatiche fessurate (età Cretaceo – Miocene 130 – 23 m.a.).
- Vulcaniti (età Cretaceo superiore – Pliocene 100 - 7 m.a).
- Calcareni e sabbie fossilifere (età Pleistocene inferiore > 0.3 m.a).
- Argille grigio - azzurre (età Pleistocene medio 0.3 – 0.1 m.a).
- Sabbie e Calcareni organogene (età Pleistocene medio – superiore 0,3 - 0,01 m.a).
- Argille limose e Limi argillosi generalmente di colore nocciola (età Pleistocene medio 0,3 – 0,1 m.a).
- Terreno di riporto / agricolo (età Olocene recente < 0,01 m.a).

L'area è interessata dalla presenza di fratture di dislocazione della crosta terrestre (faglie), che hanno portato in tempi più recenti (a partire da 65 m.a.) al sollevamento ed all'abbassamento di porzioni del territorio.

La Costa di Gigia rappresenta una zona elevata (Horst), non lambita dal mare di allora e quindi soggetta a fenomeni erosivi. Qui affiorano le rocce più antiche e la deposizione di quelle più recenti non avvenne, ovvero queste furono erose successivamente alla loro deposizione.

Viceversa, la piana di Augusta e di Priolo rappresentavano depressioni morfologiche costituenti bracci di mare in cui avveniva la sedimentazione dei detriti erosi dalle zone emerse circostanti, tra cui la costa di Gigia. In questo ambiente marino e costiero si depositarono le argille grigio-azzurre (nelle zone più profonde e lontane dalla paleo costa) e le calcareniti (nelle zone meno profonde e più prossime alla paleocosta). Successivi processi erosivi determinarono l'attuale morfologia del tetto (superficie superiore) delle argille grigio-azzurre, caratterizzata in generale da una decisa pendenza dall'entroterra (ovest) verso il mare (est). In epoche successive le argille grigio-azzurre furono ricoperte da sedimenti più grossolani, sabbiosi e calcarenitici tipici di ambienti costieri; intercalate a questi sedimenti si possono trovare lenti di argille e limi di colore nocciola, spesse da alcuni decimetri a pochi metri.

Nell'ambito del territorio preso in esame, dal punto di vista idrogeologico si riconoscono una falda superficiale e una falda profonda.

La **falda superficiale** è contenuta in livelli acquiferi costituiti da sabbie e calcareniti organogene ed in parte da terreni di riporto. Si tratta di corpi idrici sotterranei di spessore modesto (inferiore a 6 m) e con scarsa produttività. Il deflusso delle acque si sviluppa da ovest verso est, in direzione del suo recapito naturale qual è il Mare Ionio. La falda superficiale è di tipo freatico (non in pressione) ma localmente può trovarsi in condizioni di semi-confinamento (indicato da una modesta risalienza del livello d'acqua nei pozzi rispetto al livello nell'acquifero) per la presenza di livelli o lenti argillose a bassa permeabilità.

La **falda profonda**, contenuta nelle rocce carbonatiche (calcareniti e calcari) più antiche, è dotata di uno spessore considerevole (probabilmente alcune centinaia di metri) ed ha una produttività molto elevata. Si tratta di una falda di tipo confinato (sigillata superiormente da argille impermeabili), pertanto il livello d'acqua all'interno dei pozzi risale anche di diverse decine di metri nel pozzo rispetto alla originaria profondità nell'acquifero. Questa falda è sede d'importanti opere di captazione (pozzi) di tipo industriale, irriguo ed idropotabile. Il suo deflusso, originariamente da ovest verso est, è fortemente influenzato dai pozzi industriali, localizzati nei settori settentrionale e meridionale della raffineria.

1.2.2.3

Geologia ed idrogeologia locale

La zona dello stabilimento è interessata dalla presenza di una serie di faglie allineate lungo la direzione ENE-WSW (da nord 60° circa verso est) che delimitano l'Horst della Costa di Gigia, localizzato tra la faglia del Vallone della Neve a sud e quella del Rio San Cusumano a nord (Figura 4). La faglia del Vallone della Neve divide quindi lo stabilimento in due parti, caratterizzate da differenti situazioni geologico-stratigrafiche ed idrogeologiche.

La zona a **sud del Vallone della Neve**, corrispondente ad un'area depressa dal punto di vista strutturale (chiamata *Graben*) è caratterizzata dalla presenza delle argille grigio-azzurre che ricoprono le rocce carbonatiche più antiche, separandole dalle più recenti sabbie e calcareniti organogene superiori.

Nel settore occidentale (area SG10) affiorano terreni di riporto e calcareniti che

ricoprono le argille (a 7-10 m di profondità), mentre nel settore orientale si riconoscono, dall'alto verso il basso, sedimenti alluvionali (spessore fra 2 e 16 m), argille (fra 30 e 60 m) e inferiormente il complesso carbonatico.

La zona a **nord del Vallone della Neve**, comprendente gli impianti di raffinazione e gli stoccaggi del reparto SG13, è caratterizzata dall'assenza delle argille grigio-azzurre; sono comunque frequenti dei livelli limosi argillosi a bassa permeabilità che possono sostenere localmente falde effimere superficiali, come ad esempio nel settore a nord del tratto medio del Vallone della Neve. Nel settore occidentale le rocce del complesso carbonatico affiorano in superficie (Figura 4). Nel settore orientale queste rocce sono ricoperte da quelle detritiche più recenti o da materiali di riporto.

Sotto il profilo idrogeologico si possono individuare tre settori (SG10, sud del Vallone della Neve e nord del Vallone della Neve) contraddistinti da diverse configurazioni della falda superficiale (Figura 5).

1.2.3 Contaminazione del sottosuolo

Nei paragrafi seguenti sono sintetizzati i risultati sullo stato della contaminazione del sottosuolo nell'area in esame. Lo studio completo è presentato in Appendice II. I risultati in forma grafica sono riportati nelle Figure 6 - 10 (terreni) e nelle Figure 11 - 12 (acque).

1.2.3.1 Oleodotti esterni alla raffineria

Lungo i circa 14.000 metri degli oleodotti ErgMed-Sasol e ErgMed-Isab, unicamente in un tratto di poche decine di metri (oleodotto ErgMed-Sasol) prossimo al torrente Cantera (Area I54) è stata riscontrata una situazione di non conformità, con concentrazioni di idrocarburi totali ed aromatici e di metalli pesanti dissolti nelle acque della falda superficiale di poco superiori ai valori limite.

1.2.3.2 Area interna alla raffineria

L'area interna alla raffineria, che è stata in passato ed è attualmente sede di impianti e di attività produttive (denominata **Ambito A**), è contraddistinta da una estesa situazione di alterazione della qualità delle componenti ambientali costituenti il sottosuolo (terreno, falda superficiale e gas interstiziale), in analogia a quanto si registra nella maggior parte degli impianti di raffinazione che hanno iniziato le attività nella seconda metà del secolo scorso.

In termini generali si distinguono:

- una contaminazione da idrocarburi dei terreni, principalmente in corrispondenza della frangia capillare (interfaccia tra terreno insaturo e falda acquifera superficiale) e associata frequentemente ad idrocarburi surnatanti ed a concentrazioni elevate di idrocarburi dissolti nella falda superficiale. Interessa settori specifici della raffineria quali SG11 e SG13 (Figure 9-10-12);
- una contaminazione dei terreni superficiali da metalli (arsenico, zinco e mercurio) a cui non si associa contaminazione della falda superficiale. Gli inquinanti nel terreno sono presenti in aree circoscritte e limitatamente al primo metro superficiale (Figura 6);
- una contaminazione dei terreni profondi da metalli (principalmente arsenico, zinco e mercurio) a cui localmente si associa contaminazione della falda superficiale. Gli inquinanti sono presenti a profondità comprese 8 e 11 metri principalmente in una porzione della fascia prospiciente al mare del settore SG13, dove in passato fu guadagnata terra al mare utilizzando terreni

contaminati quale materiale di riempimento e consolidamento (Figura 6).

Idrocarburi surnatanti (con spessori apparenti dell'ordine di alcune decine di centimetri) affluiscono principalmente in alcuni piezometri ubicati nei pressi della Strada 8 e del piazzale autobotti e nei pressi della palazzina amministrazione, dei reparti CR20, CR26 e della sala Bunker. Un più diffuso afflusso di idrocarburi surnatanti nei piezometri si registra nel reparto SG13, a valle dell'impianto Aromatici di Polimeri Europa. Si tratta principalmente di prodotti leggeri, da benzine a gasoli, con una piccola percentuale di prodotti più pesanti. Nelle zone in cui è presente prodotto surnatante il monitoraggio dei gas interstiziali ha rilevato concentrazioni significative di idrocarburi volatili.

Nelle zone mai destinate ad attività produttive (denominate **Ambito B**) non sono stati generalmente evidenziati superamenti dei limiti stabiliti per i terreni e per le acque di falda. Unica eccezione significativa è costituita dal terrazzo morfologico ubicato nella zona denominata San Cusumano basso, all'estremo limite settentrionale della raffineria. Il terrazzo è risultato essere di origine antropica, costituito da circa 300.000 mc di materiali di riporto caratterizzati da estrema eterogeneità, provenienti probabilmente da lavori di sbancamento per l'ampliamento del polo industriale e da demolizioni delle strutture industriali vetuste. I materiali sono contaminati da mercurio, zinco ed idrocarburi.

1.2.4 *Possibili origini della contaminazione*

Si ritiene che le non conformità riscontrate siano da attribuire principalmente a sversamenti accidentali o a pratiche operative risalenti al passato, tipicamente ai primi tre decenni del secondo dopoguerra (anni '50-'70). Negli ultimi due decenni, le prescrizioni della normativa e la sempre crescente sensibilità ambientale dell'industria petrolifera hanno portato all'introduzione di un nuovo approccio gestionale nell'ambito della tutela dell'ambiente.

In base ai risultati dell'indagine di caratterizzazione sono state identificate le aree della raffineria risultate significative sotto il profilo ambientale, in cui gli idrocarburi surnatanti ed il terreno contaminato rappresentano una fonte secondaria di contaminazione della falda.

1.2.5 *Azioni di messa in sicurezza*

A seguito dei risultati delle attività di caratterizzazione, la Raffineria di Priolo ha attivato numerose opere di messa in sicurezza mentre altre sono attualmente in corso di realizzazione (Figura 13). Queste azioni costituiscono parte integrante del programma di bonifica del sottosuolo della raffineria.

1.2.5.1 **Interventi realizzati ed operativi**

Contenimento idraulico Vallone della Neve: costituito da una trincea drenante (per circa 250 m) integrata da un sistema "well-point" (circa 650 m) per proteggere le acque superficiali del canale Vallone della Neve (circa 900 m di sbarramento in totale).

Estrazione degli idrocarburi surnatanti: mediante pompe specifiche si provvede ad estrarre dal sottosuolo gli idrocarburi surnatanti che affluiscono nei piezometri di monitoraggio.

Controllo del margine meridionale del settore SG10: una batteria di pozzi di spurgo allineati lungo il limite di valle del settore SG10 (circa 600m) consente di rilevare tempestivamente eventuali idrocarburi surnatanti ed intercettarli estraendoli dal

sottosuolo.

Contenimento idraulico settore SG11: costituito da 5 pozzi di captazione intercetta la falda contaminata del settore SG11 su un fronte di circa 300m impedendone il deflusso verso mare.

Piezometro PS61: il pompaggio della falda superficiale dal piezometro intercetta il flusso di acque contaminate impedendone il deflusso verso mare.

1.2.5.2 Interventi in corso di realizzazione

Contenimento idraulico ex area OXO – SG10: sarà costituito da pozzi di drenaggio orizzontali (circa 200m) in grado di captare le acque della falda superficiale contaminata al limite nord orientale del Piano San Francesco impedendone il deflusso verso est, nel settore occupato dagli impianti di Polimeri Europa e Dow.

Barriera idraulica lato orientale SG10: sarà costituito da pozzi di drenaggio orizzontali (circa 600m) in grado di captare le acque della falda superficiale contaminata al limite orientale del settore SG10, impedendone il deflusso verso il Piano San Francesco.

Contenimento idraulico settore SG13: finalizzato ad intercettare le acque della falda superficiale lungo un fronte di circa 1200m impedendo il deflusso verso il mare. È attualmente in corso lo studio di fattibilità del sistema.

Chiusura dei pozzi industriali: i pozzi industriali non più in uso, che penetrano l'acquifero profondo, sono in corso di chiusura e sigillatura per impedire comunicazioni tra acquifero superficiale e profondo.

1.2.6 Programma di bonifica del sottosuolo

1.2.6.1 Obiettivi

L'esperienza diretta in campo nazionale ed internazionale e la numerosa casistica riportata nella letteratura tecnica internazionale indicano come il completo risanamento (inteso come raggiungimento ubiquitario delle concentrazioni obiettivo stabilite dalla normativa italiana) sia un obiettivo irrealizzabile nel breve-medio termine in siti di grandi dimensioni, con struttura complessa ed operativi come quello di Priolo. Ciò per l'impossibilità di introdurre azioni capillari ed uniformemente distribuite data l'esistenza di innumerevoli strutture ed impianti con cui le azioni di bonifica interferirebbero pregiudicando o comunque penalizzando le operazioni industriali del sito.

In tali realtà industriali è pertanto concretamente proponibile tralasciare obiettivi di risanamento sul medio e lungo termine, perseguendo obiettivi di messa in sicurezza sul breve termine (1-2 anni).

Gli **obiettivi a medio termine** sono conciliabili con l'operatività industriale del sito interferendo con la stessa in maniera sostenibile. Essi consistono:

- nella messa in sicurezza del sito o di settori di esso allo scopo di impedire la diffusione degli inquinanti verso potenziali recettori;
- nel raggiungimento delle concentrazioni stabilite dalla normativa in aree accessibili senza interferire significativamente con le attività industriali. L'obiettivo è perseguibile attraverso localizzati interventi di bonifica conciliabili con l'operatività del sito;
- nella rimozione di inquinanti (riduzione progressiva della massa nel sottosuolo) interferendo in modo sostenibile con le operazioni del sito. L'obiettivo è perseguibile attraverso azioni di bonifica con una configurazione

parcellizzata che sia progressivamente integrabile per il raggiungimento del completo risanamento del sito.

- nella messa in sicurezza permanente di materiali contaminati nei casi in cui la bonifica degli stessi non sia traguardabile neppure sul lungo termine.

Gli **obiettivi a lungo termine** sono perseguibili successivamente alla dismissione delle attività industriali del sito o di singoli settori di esso. Essi consistono nel risanamento completo del sito o di porzioni di esso, raggiungendo le concentrazioni stabilite dalla normativa o, in alternativa qualora queste si dimostrassero irraggiungibili, concentrazioni accettabili per la tutela della salute umana e dell'ambiente sulla base di una valutazione del rischio. L'obiettivo è perseguibile attraverso l'integrazione ed estensione della configurazione parcellizzata delle azioni di bonifica.

Gli obiettivi di risanamento del sito così definiti e programmati sono perseguibili attraverso la combinazione di azioni gestionali delle operazioni produttive finalizzate a minimizzare l'impatto delle stesse sul sottosuolo e di azioni dirette sul sottosuolo finalizzate a ridurre progressivamente la massa di inquinanti.

~~Le prime costituiscono parte del sistema certificato di gestione ambientale di cui la raffineria si è da tempo dotata e che prevede un continuo e progressivo adeguamento e miglioramento di processi, pratiche operative e strutture per minimizzare l'impatto sull'ambiente. Le seconde costituiscono l'oggetto del presente documento.~~

Le prime sono parte della gestione ordinaria della raffineria che deve prevedere un continuo e progressivo adeguamento e miglioramento di processi, pratiche operative e strutture per minimizzare l'impatto sull'ambiente. Le seconde costituiscono l'oggetto del presente documento.

1.2.6.2

Strategia d'intervento

La strategia d'intervento, traguardando gli obiettivi a medio termine, tiene conto dei seguenti elementi.

- La principale contaminazione del sottosuolo della raffineria è determinata dall'esistenza di idrocarburi all'interfaccia tra la zona satura e quella insatura, frequentemente in fase surnatante. Si tratta principalmente di frazioni leggere e medie dei prodotti di raffinazione del greggio, in particolare benzine ($C < 12$), e gasoli ($12 < C < 20$). Solo una percentuale minore è costituita dalle frazioni idrocarburiche pesanti ($C > 20$).
- In alcune aree limitate i terreni sono contaminati da idrocarburi e da metalli, anche nel primo metro superficiale.
- Lungo la costa del settore SG13 si rileva contaminazione da metalli sino a circa dieci metri di profondità, per il passato utilizzo di terreni contaminati quali materiali di riempimento per guadagnare la terra al mare.
- Le acque della falda superficiale sono contaminate da idrocarburi, ed in misura molto minore da metalli, in soluzione. Tale contaminazione è diretta conseguenza della presenza di idrocarburi in fase libera, surnatanti sulla falda, ed adsorbiti sul terreno all'interfaccia tra la zona vadosa e la zona satura
- I numerosi presidi di messa in sicurezza introdotti o in corso di introduzione tutelano i potenziali recettori;
- La natura del sottosuolo, le caratteristiche di media permeabilità dei terreni contaminati, la distribuzione della contaminazione (che interessa uno spessore ridotto di terreno) e le caratteristiche delle sostanze inquinanti (in massima

parte volatili e facilmente biodegradabili), rendono applicabili e preferibili tecniche di bonifica *in situ*, che consentono di minimizzare la movimentazione dei terreni contaminati e le interferenze con le operazioni produttive dello stabilimento.

I campi prova condotti ed i sistemi di messa in sicurezza operativi da tempo hanno permesso di verificare l'applicabilità al sito delle tecniche di bonifica individuate nell'ambito del Progetto Preliminare; queste sono tra le più efficaci, collaudate e consolidate per la rimozione dal sottosuolo della tipologia di idrocarburi in questione. La sistematica applicazione in sito di queste tecniche consentirà una sostanziale riduzione dei contaminanti presenti nel sottosuolo della raffineria.

Il programma degli interventi prevede:

1. Il mantenimento in esercizio delle azioni di messa in sicurezza introdotte o in corso di introduzione a tutela di potenziali recettori;
2. Interventi di bonifica in situ di tipo fisico e biologico, secondo una configurazione finalizzata a:
 - i. ridurre il volume di idrocarburi surnatanti sulla falda acquifera superficiale, che costituiscono una fonte secondaria di rilascio dei contaminanti in falda;
 - ii. rimuovere gli idrocarburi volatili e biodegradabili dalla porzione insatura del terreno;
3. La bonifica mediante scavo e smaltimento presso discariche autorizzate dei nuclei di terreno superficiale contaminato da metalli ubicati nelle aree accessibili senza interferire in maniera non sostenibile con le attività della raffineria; i terreni profondi contaminati da metalli saranno invece lasciati in situ in quanto non sono accessibili con le comuni tecniche di bonifica e non presentano rischio come risulta dall'allegata Analisi di Rischio presentata in appendice VI;
4. La bonifica mediante scavo e smaltimento presso discariche autorizzate dei nuclei di terreno contaminati da idrocarburi ubicati lungo l'oleodotto Condea (con successivo monitoraggio dell'attenuazione naturale delle concentrazioni di inquinanti dissolti nella falda superficiale);
5. La messa in sicurezza permanente della zona San Cusumano Basso in cui esiste un accumulo di materiali contaminati;
6. il monitoraggio delle componenti ambientali per valutare gli effetti degli interventi realizzati e per seguire lo sviluppo dei processi di biodegradazione spontanea degli inquinanti nel sottosuolo.

Le azioni di messa in sicurezza, al punto 1, saranno mantenute in esercizio sino a quando le condizioni di contaminazione dei settori posti in sicurezza saranno tali da tutelare la salute umana e l'ambiente.

Gli interventi citati al punto 2 saranno sviluppati nelle aree accessibili, con limitate e sostenibili interferenze con le operazioni industriali. Ci si attende che l'effetto delle azioni di bonifica si estenda gradualmente all'intorno dei singoli punti di estrazione, richiamando potenzialmente gli idrocarburi dispersi anche dalle aree non direttamente accessibili. Il monitoraggio in corso d'opera consentirà di valutare l'effetto delle azioni introdotte sulle matrici ambientali; saranno mantenuti sotto costante controllo i trend evolutivi sia in termini di massa di idrocarburi rimossa sia in termini di valori asintotici di massa rimossa; questi rappresentano i limiti d'efficacia delle tecniche stesse, oltre i quali non risulta efficiente protrarre l'azione.

Gli interventi di cui ai punti 3 sono sviluppati con dettaglio nelle relative appendici. Gli interventi di cui al punto 5, Area San Cusumano, saranno sviluppati con

dettaglio in un documento progettuale specifico.

La parcelizzazione degli interventi citati al punto 2 privilegerà le aree accessibili con limitate interferenze con le operazioni industriali. Il monitoraggio in corso d'opera consentirà di valutare l'effetto delle azioni introdotte sulle matrici ambientali; saranno mantenuti sotto costante controllo i trend evolutivi sia in termini di massa di idrocarburi rimossa sia in termini di valori asintotici di massa rimossa; questi rappresentano i limiti d'efficacia delle tecniche stesse, oltre i quali non risulta efficiente protrarre l'azione.

Concretamente, la logica degli interventi parcellizzati, che integreranno quelli di messa in sicurezza del sito già in essere o in corso di realizzazione, è sintetizzata nei seguenti punti ed è esposta graficamente nelle Figure 15 - 18.

1. Gli idrocarburi surnatanti saranno estratti dal sottosuolo con la tecnica dello skimming. Saranno realizzati pozzi di piccolo diametro, intercettanti la falda superficiale, che saranno attrezzati con pompe per l'estrazione del prodotto surnatante skimmer o total fluid in funzione della ricarica di prodotto, ed eventualmente attrezzate con pompe per l'estrazione d'acqua sotterranea.
2. Gli idrocarburi volatili saranno estratti dalla zona insatura mediante Soil Vapour Extraction – SVE. L'applicazione di questa tecnica, oltre a determinare la volatilizzazione degli idrocarburi leggeri, richiama aria ossigenata dagli strati non contaminati favorendo in tal modo l'innescarsi di processi di biodegradazione degli idrocarburi non volatili ad opera delle comunità microbatteriche, naturalmente presenti nel sottosuolo, altrimenti inibite dall'assenza di ossigeno.

Negli stadi avanzati di trattamento, cioè quando saranno drasticamente diminuite le concentrazioni delle sostanze volatili presenti nei vapori estratti dal sottosuolo, il sistema potrà essere modificato per permettere l'insufflazione di aria ambiente nel sottosuolo (Bioventing – BV), massimizzando pertanto la biodegradazione della frazione idrocarbureica meno leggera ancora presente nel sottosuolo.

Per tutta la durata degli interventi, sarà seguito un rigoroso programma di monitoraggio finalizzato a verificare il funzionamento dei sistemi ed a valutare l'effetto degli stessi sulla qualità delle componenti ambientali d'interesse.

Sul lungo termine, l'applicazione estesa e capillare, combinata ed integrata degli interventi indicati permetterà di ridurre la massa di idrocarburi presente nella zona non satura ed all'interfaccia insaturo/saturo. Ci si attende che l'azione sulle fonti secondarie di contaminazione della falda superficiale determini benefici effetti sulla qualità di quest'ultima. A fronte della riduzione del carico contaminante, l'attività spontanea di biodegradazione ad opera dei microrganismi naturalmente presenti nell'acquifero, determinerà nel tempo un ulteriore miglioramento delle qualità della falda superficiale (Natural Attenuation).

1.2.6.3

Arete d'intervento

La programmazione degli interventi tiene conto della struttura del sottosuolo e delle caratteristiche di contaminazione di aree omogenee.

Area SG10

Per ridurre la massa di idrocarburi nella porzione insatura del sottosuolo verrà impiegata la tecnologia Soil Vapour Extraction - **SVE**. In un secondo tempo, i sistemi di estrazione vapori verranno convertiti in sistemi di immissione nel sottosuolo di aria ambiente per stimolare i processi di biodegradazione degli idrocarburi non volatili Bio Venting – **BV**.

Pertanto gli interventi previsti nella zona insatura sono:

- Soil Vapour Extraction - SVE;
- Bio Venting - BV.

Le azioni sulla falda superficiale consisteranno nella realizzazione di una linea drenante, realizzata attraverso la perforazione di tre segmenti orizzontali, in grado di intercettare le acque contaminate impedendone la migrazione verso le aree a valle idrogeologico.

Area Monte Ferrovia

In questo settore della raffineria si riconoscono zone caratterizzate da:

- prodotto petrolifero surnatante;
- contaminazione dei terreni da idrocarburi prevalentemente in corrispondenza dell'interfaccia saturo/insaturo.

Si prevede l'installazione combinata di sistemi mobili Dual-Pump (**SK**) e Soil Vapour Extraction (**SVE**). I primi saranno installati nelle zone interessate da significativi spessori apparenti di prodotto petrolifero in fase separata. In linea di massima si prevede di installare i sistemi mobili Dual Pump secondo una maglia quadrata di circa 100 m di lato, in funzione della presenza di spessori consistenti di surnatanti, con possibili infittimento nelle zone in cui si osserverà un maggior recupero degli idrocarburi. Parallelamente si procederà alla estrazione degli idrocarburi volatili dalla zona vadosa mediante sistemi di SVE. Come per l'area precedente, in uno stadio avanzato della bonifica i sistemi di SVE verranno convertiti in sistemi di immissione nel sottosuolo di aria ambiente (Bioventing – **BV**).

In sintesi, gli interventi previsti sono i seguenti:

1. Estrazione di prodotto in fase separata (**SK**), con sistemi mobili;
2. Aspirazione dei vapori (**SVE**);
3. Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ (**BV**).

Area Valle Ferrovia

Settore centrale

In questo settore della Raffineria sono stati rilevati prodotto petrolifero surnatante sulla falda e contaminazione dei terreni, principalmente in corrispondenza del livello di interfaccia saturo/insaturo. Il programma degli interventi prevede l'applicazione delle tecnologie già indicate per l'Area Monte Ferrovia. Gli interventi verranno effettuati principalmente in corrispondenza dei settori adibiti allo stoccaggio degli idrocarburi.

In sintesi gli interventi previsti sono i seguenti:

1. Estrazione di prodotto in fase separata (**SK**) con sistemi mobili;
2. Aspirazione dei vapori (**SVE**);
3. Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ (**BV**).

Fronte mare

È operativo un programma di monitoraggio trimestrale della qualità delle acque nei pozzi di monitoraggio ubicati lungo la linea di costa del reparto SG13, finalizzato ad ottenere una serie storica di dati interpretabile statisticamente.

Attualmente è prevista la realizzazione un Campo Prova per la conduzione di prove idrauliche finalizzate a definire nel dettaglio le caratteristiche idrogeologiche locali per il supporto ad uno studio di fattibilità relativo ad un sistema di contenimento idraulico lato mare.

Area Esterna - Oleodotto Erg Med - Sasol (ex Condea)

Nel breve tratto dell'oleodotto Erg Med - Sasol (ex Condea) in cui i terreni sono contaminati, si interverrà rimuovendo i medesimi e conferendoli presso impianti di smaltimento autorizzati Scavo e Smaltimento – **SS**. Successivamente, si introdurrà un piano di monitoraggio della falda superficiale per verificare gli effetti dei fenomeni di attenuazione spontanea Monitored Natural Attenuation - **MNA**.

SEZIONE 2 – DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA SELEZIONATE

In questa sezione sono riportate descrizioni in termini generali delle tecniche individuate attraverso il processo di screening, condotto nell'ambito della progettazione preliminare (a cui si rimanda per maggiori dettagli) e la cui applicabilità al caso specifico è stata verificata attraverso l'esecuzione delle specifiche prove pilota. La scelta delle tecnologie di bonifica da adottare descritte nel presente Progetto Definitivo di Bonifica, è stata realizzata sulla base delle indicazioni fornite nel Progetto Preliminare di Bonifica (Progetto Preliminare degli interventi sul sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo -SR – agosto 2002) ed approvato nella conferenza dei servizi del 10 gennaio 2003.

I meccanismi che regolano il movimento degli idrocarburi nel sottosuolo con anche un accenno ai fenomeni di attenuazione naturale è riportato in Appendice III.

2.1 Terreno

2.1.1 Scavo e Smaltimento - SS

I terreni contaminati possono, in certe condizioni, essere rimossi e trasportati off-site presso impianti autorizzati di smaltimento per permettere il loro trattamento e/o stoccaggio.

L'asportazione dei terreni contaminati avviene di norma attraverso la realizzazione delle seguenti operazioni:

- scavo mediante escavatore: durante le operazioni di scavo viene realizzata una preliminare selezione in base alle evidenze organolettiche in modo da consentire una prima separazione qualitativa delle frazioni con evidenze di contaminazione da quelle apparentemente inerti;
- stoccaggio in cumuli presso aree predisposte;
- caratterizzazione dei cumuli, realizzata mediante campionamento dei terreni e successiva caratterizzazione di laboratorio;
- carico dei terreni contaminati su autocarri, trasporto e smaltimento presso discariche esterne autorizzate.

Dopo la verifica della qualità del fondo scavo si procede al ripristino delle condizioni originali del sito. I terreni provenienti dai cumuli eventualmente non contaminati possono essere riutilizzati per il riempimento degli scavi. Il completo ritombamento e ripristino delle aree di scavo viene in genere realizzato mediante posa di inerti provenienti da cave di prestito.

2.1.2 Estrazione di vapori dal sottosuolo (Soil Vapour Extraction - SVE)

Il Soil Vapour Extraction (SVE), è una tecnica in situ di rimozione fisica di contaminanti organici volatili dalla zona insatura del sottosuolo.

La tecnologia prevede, utilizzando un sistema di aspirazione dei gas attraverso dei pozzi di estrazione, di creare nel sottosuolo una opportuna depressione, con il duplice scopo di diminuire la concentrazione di inquinanti contenuti in fase gassosa nell'insaturo e di volatilizzare i contaminanti presenti in fase adsorbita sulla matrice

terreno, rendendoli disponibili a loro volta per essere estratti.

Oltre ai pozzi di estrazione dei vapori, l'impianto di ventilazione è costituito da pozzi di monitoraggio (nests probes) e da eventuali pozzi di immissione di aria pulita, che hanno lo scopo di creare un ambiente aerobico per favorire la degradazione dei contaminanti.

L'aria estratta viene avviata a trattamento, solitamente costituito da filtri a carbone attivo o da combustori catalitici o termici (solo per concentrazioni di VOCs elevate).

Come già indicato in precedenza, la tecnologia SVE è principalmente applicabile ai composti organici volatili, cioè quelli che, alla temperatura del suolo, hanno una costante di Henry maggiore di $1,8 \cdot 10^{-6}$ m³·atm/mol ed una pressione di vapore maggiore di 0,5 mm Hg.

I parametri di maggior importanza necessari per progettare in via preliminare un sistema di bonifica SVE sono la concentrazione di VOCs, la permeabilità del mezzo all'aria, la velocità di estrazione dell'aria, il raggio di influenza dei pozzi di ventilazione, il numero dei pozzi necessari ed infine il dimensionamento della pompa per estrazione (blower).

La valutazione dei parametri di progetto viene effettuata attraverso l'implementazione di un test pilota.

2.1.3 *Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ Bio Venting - BV*

Con il termine Bioventing viene indicata una tecnologia consolidata che sfrutta la naturale attività di biodegradazione dei composti organici stimolando, in situ, l'attività vitale dei microrganismi aerobici presenti nel sottosuolo.

Il sistema prevede l'apporto di ossigeno nel sottosuolo per innescare i processi di biodegradazione.

Tale tecnica è particolarmente indicata per la degradazione degli idrocarburi e la loro bonifica, quando presenti in fase adsorbita sui terreni.

I parametri di maggior importanza necessari per la progettazione di un sistema di bonifica BV sono, ovviamente, la definizione della presenza naturale di colonie di microrganismi aerobici e la garanzia che possano essere mantenuti in vita con un'adeguata aerazione del sottosuolo. Per questo motivo occorre, da un lato, misurare la permeabilità all'aria e il grado di saturazione dei terreni e, dall'altro, definire la temperatura, il pH (che deve essere compreso tra i valori 6 ed 8) e il contenuto di nutrienti (azoto e fosforo) ottimali per creare l'habitat di crescita per i microrganismi.

2.2 Falda superficiale

2.2.1 *Sistemi di contenimento idraulico*

Uno dei metodi classici per il controllo di una piuma di contaminante e per la bonifica di un acquifero è la realizzazione di sistema di contenimento idraulico che può essere costituita da una batteria di pozzi, disposta trasversalmente rispetto alla direzione di deflusso delle acque di falda, in grado di catturare la piuma di contaminante in fase dissolta e bloccare l'eventuale fase separata impedendone così la migrazione sotto gradiente, verso potenziali bersagli.

La realizzazione di un sistema di contenimento idraulico con funzione di sbarramento è uno dei metodi principalmente utilizzati per la messa in sicurezza di

un sito, caratterizzato dalla presenza di contaminanti dissolti in falda. Nel caso in cui sia presente anche LNAPL, i pozzi del sistema di contenimento idraulico possono essere attrezzati con sistema dual pump per permettere il recupero del prodotto in fase separata.

Il sistema viene installata subito a valle della sorgente di contaminazione e può essere considerata un intervento di "source control".

2.2.2 *Skimming – Sk (Sistemi mobili Single Pump SP, Dual Pump DP e Total Fluid TF)*

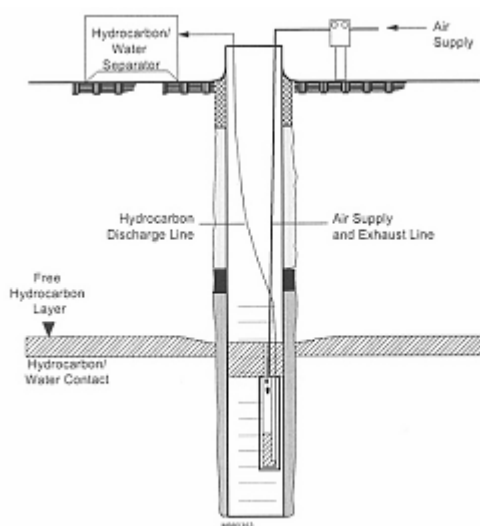
Nelle aree impattate dalla dispersione di idrocarburi leggeri si può verificare l'accumulo nel sottosuolo di idrocarburi in fase separata surnatanti sulla falda, all'interno di pozzi e/o di piezometri di monitoraggio. Per la rimozioni delle fasi surnatanti possono essere impiegati differenti sistemi meccanici ed idraulici, mobili e facilmente trasferibili da un pozzo all'altro, secondo le esigenze di recupero.

Il prodotto recuperato può essere stoccato in un apposito serbatoio, dotato di un sistema di tank full shut off che permette di interrompere il funzionamento della pompa di estrazione del prodotto, nel caso di serbatoio pieno.

I sistemi di skimming che impiegano una pompa singola selettiva sono comunemente detti Single Pump SP o skimmer.

Si può utilizzare uno skimmer nella versione con filtro idrofobico o in alternativa nella versione "a gravità". Il separatore va posizionato in maniera da restare sempre in galleggiamento sull'interfaccia acqua/prodotto. Il separatore sarà in grado di muoversi liberamente su un'asta con un'escursione di alcuni decimetri e di seguire quindi le normali oscillazioni della superficie di falda.

Figura c – Sistema SP - Schema Concettuale



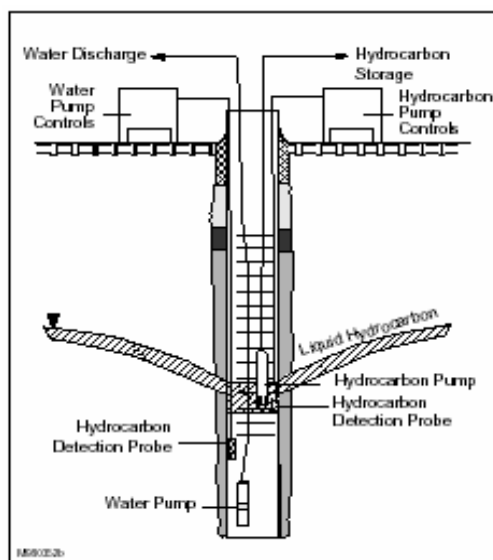
Il periodo di funzionamento dello skimmer verrà regolato utilizzando un timer installato sullo skid all'interno del quadro elettrico o del quadro pneumatico.

Con il termine Dual Pump DP si intendono invece i sistemi di skimming associati ad una pompa per acqua. I sistemi che recuperano LNAPL tramite la depressione della superficie freatica pompano separatamente LNAPL e acqua di falda. Il pompaggio dell'acqua determina un cono di depressione vicino all'area di estrazione che favorisce l'afflusso di LNAPL verso il pozzo favorendo il recupero rispetto ai pozzi

attrezzati unicamente con skimmer.

Nel caso dei sistemi Dual Pump si utilizza una elettropompa sommersa o una pompa pneumatica per deprimere la falda e una pompa selettiva (tipo skimmer) al di sopra dell'acqua per rimuovere il prodotto surnatante; i sistemi possono quindi essere elettrico-elettrico, elettrico e pneumatico o totalmente pneumatici.

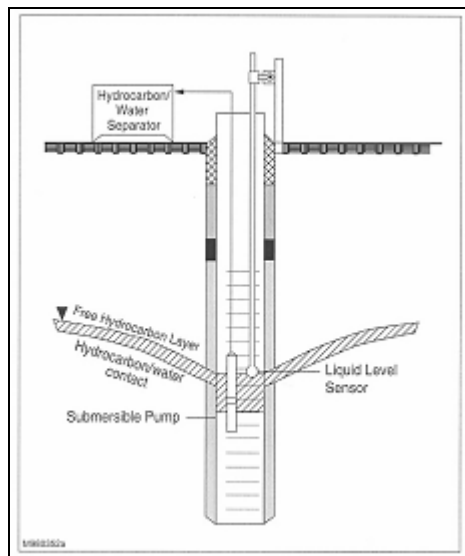
Figura d1 – Sistema DP - Schema Concettuale



I sistemi Total Fluid - TF sono invece dei sistemi di skimming a pompa singola che pompano solo dalla superficie freatica, indipendentemente dalla presenza di idrocarburi surnatanti o no. Alcuni sono detti top inlet proprio per la posizione dell'ingresso dei liquidi nella pompa che è posizionata nella parte alta del sistema.

Il sistema a pompa singola Total Fluid comporta in genere costi di investimento e di gestione inferiori rispetto al sistema a due pompe e consente inoltre un controllo operativo più semplice. Per contro si rende necessaria la separazione della miscela acqua idrocarburi in appositi impianti. La pompa singola può indurre inoltre la formazione di emulsioni che possono rendere più complessa la fase di trattamento delle acque contaminate recuperate.

Figura d2 – Sistema TF - Schema Concettuale



Il pompaggio del prodotto in fase galleggiante (LNAPL) è efficace per il recupero quando l'acquifero ha una conduttività da media ad alta in quanto un acquifero con alta conduttività idraulica offre meno resistenza all'afflusso di LNAPL nel pozzo.

È opportuno osservare che i sistemi sopra descritti consentono il recupero unicamente degli idrocarburi mobili che affluiscono nei pozzi sotto l'effetto della gravità. Gli idrocarburi in condizioni residuali (che in alcune condizioni possono costituire sino al 40% dell'intera massa nel sottosuolo) non vengono recuperati.

Le tecniche convenzionali di rimozione di LNAPL recuperano contaminanti organici attraverso meccanismi fisici. Il LNAPL in galleggiamento sull'acqua nel pozzo viene recuperato da un'azione di aspirazione da una pompa o utilizzando "skimmer" con tecnologia selettiva. Il successo del recupero richiede uno spessore sufficiente, che è regolato attraverso il flusso avvertivo per gravità di LNAPL dentro il pozzo.

SEZIONE 3 – PROVE PILOTA IN SITU

Nell'autunno del 2002 sono stati effettuati alcuni test per valutare l'applicabilità della tecnologia di bonifica di Soil Vapour Extraction (SVE), in corrispondenza di tre differenti aree ubicate all'interno della Raffineria di Priolo (SR).

Nella presente sezione sono sintetizzate le attività ed i risultati delle Prove Pilota condotte in situ per verificare l'applicabilità della tecnologia di Soil Vapour Extraction e per acquisire i parametri necessari al dimensionamento dei sistemi. Le tabelle, i grafici, le figure, i log stratigrafici ed i certificati analitici di laboratorio delle Prove Pilota condotte sono riportati in Appendice IV.

Oltre alle prove specifiche per l'implementazione della tecnologia del Soil Vapour Extraction – SVE, sono state condotte diverse azioni di recupero del prodotto idrocarburico surnatante i cui risultati sono raccolti in Appendice V.

3.1 Prove Pilota di Soil Vapour Extraction - SVE

L'esecuzione di Prove Pilota di SVE si è resa necessaria per la valutazione dell'efficacia di tale tecnologia nella riduzione della contaminazione da idrocarburi, del terreno non saturo, in alcune zone del sito in oggetto.

Le aree della Raffineria in cui è stata riconosciuta la potenziale applicabilità della tecnologia SVE sono descritte nel documento *"Progetto preliminare degli interventi sul sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo – Agosto 2002"* e di seguito elencate:

- Area SG10;
- Area Monte Ferrovia (Area 8);
- Area Valle Ferrovia (Area 2).

Le aree oggetto del test sono state delineate in base all'omogeneità della struttura del sottosuolo ed alle caratteristiche della contaminazione. Le caratteristiche di permeabilità dei suoli nelle aree individuate, la volatilità dei composti organici presenti e la loro biodegradabilità, permettono di ipotizzare l'applicabilità della tecnologia di SVE.

L'estrazione forzata dell'aria interstiziale dal terreno non saturo permette, infatti, la rimozione fisica delle frazioni volatili dei contaminanti presenti nell'area interessata dalla prova ed il richiamo di aria dall'ambiente circostante e dall'atmosfera. In questo modo viene favorita la biodegradazione degli idrocarburi presenti nel terreno per mezzo dei microrganismi aerobici naturalmente presenti nel sottosuolo.

Le prove effettuate hanno evidenziato che la tecnologia del Soil Vapour Extraction si è confermata come una tecnica efficace per la rimozione dei composti organici e biodegradabili dal sottosuolo del sito di Priolo.

Le attività necessarie alla realizzazione delle Prove Pilota di SVE sono state articolate in due fasi:

Fase 1 realizzazione delle perforazioni ed allestimento dei punti di estrazione vapori e di monitoraggio nei tre campi prova.

Fase 2 installazione dell'impianto di SVE ed esecuzione, su ciascun campo prova, delle seguenti attività:

- prova a gradini di depressione;

- prova di estrazione vapori di lunga durata;
- prova respirometrica.

L'analisi dei dati ottenuti nel corso delle tre prove condotte in tre differenti aree della raffineria porta ai seguenti risultati:

AREA SG10:

- raggio di influenza indotto (R.O.I.) valutato mediante l'interpretazione delle prove a gradini di Soil Vapour Extraction è stato valutato in circa **25 m**;
- i composti organici volatili (V.O.C.) estratti dal sistema di Soil Vapour Extraction durante la prova di lunga durata sono stati sempre **>4.000 ppm**;
- l'interpretazione della prova respirometrica ha evidenziato consumo di ossigeno, confermando l'attività di biodegradazione in atto.

Monte Ferrovia - AREA 2:

- raggio di influenza indotto (R.O.I.) valutato mediante l'interpretazione delle prove a gradini di Soil Vapour Extraction è stato valutato in circa **35 m**;
- i composti organici volatili (V.O.C.) estratti dal sistema di Soil Vapour Extraction durante la prova di lunga durata sono stati quasi sempre **>4.000 ppm**;
- l'interpretazione della prova respirometrica ha evidenziato consumo di ossigeno, confermando l'attività di biodegradazione in atto.

Valle Ferrovia - AREA 8:

- raggio di influenza indotto (R.O.I.) valutato mediante l'interpretazione delle prove a gradini di Soil Vapour Extraction è stato valutato in circa **20 m**;
- i composti organici volatili (V.O.C.) estratti dal sistema di Soil Vapour Extraction durante la prova di lunga durata sono stati sempre nell'ordine dei **700-900 ppm**;
- l'interpretazione della prova respirometrica ha evidenziato consumo di ossigeno, confermando l'attività di biodegradazione in atto.

La tecnica del Soil Vapour Extraction si è dunque confermata come una tecnica efficace per la rimozione dei composti organici e biodegradabili dal sottosuolo del sito di Priolo.

Nello sviluppo delle azioni di rimozione dei contaminanti le attività di SVE potranno gradualmente essere convertite a Bioventing, tecnica ove l'aria insufflata nel sottosuolo favorisce una maggiore stimolazione della biodegradazione dei composti organici ad opera delle flore batteriche autoctone.

3.2 Prove di recupero degli idrocarburi surnatanti, Skimmig - Sk

Le prove di recupero prodotto sono state condotte in corrispondenza di 5 piezometri (P85, P93, P1, P2, P61) ubicati come indicato in Figura 1 di Appendice V. I punti di prova sono stati scelti in modo tale da coprire zone della Raffineria caratterizzate da differenti strutture geologiche.

Nel corso delle attività sono state utilizzate differenti tecniche di skimming in modo tale da poter valutare i sistemi di recupero prodotto più adatti, in funzione degli spessori di prodotto e velocità di ricarica dei singoli piezometri. Le principali tecniche utilizzate sono di seguito indicate:

- Sistemi Single Pump formati da uno skimmer (pompa selettiva per

idrocarburi) pneumatico;

- Sistemi Single Pump formati da una pompa pneumatica Total Fluid top inlet;
- Sistemi Dual Pump formati da una pompa di emungimento delle acque di falda e da uno skimmer (pompa selettiva per idrocarburi) di tipo elettrico.

I risultati ottenuti dalle prove condotte in sito (più di 700 mc di prodotto idrocarburico recuperati in circa 1 anno – cfr. appendice V, allegato 8) confermano l'applicabilità, ed il buon rendimento, dei sistemi di skimming per il recupero del prodotto surnatante che interessa alcune aree del sito in oggetto.

In generale si può affermare che le attività di skimming dovrebbero procedere come da indicazioni di seguito riportate:

- Con spessori di prodotto superiori ad 1 m e buona ricarica è sicuramente più adatto, per il recupero del prodotto surnatante, l'uso di pompe pneumatiche di tipo Total Fluid. In ogni caso, per valutare la ricarica del pozzo, prima di installare i sistemi di recupero, è consigliabile eseguire prove di bail down.
- Per pozzi che presentano spessori di prodotto inferiori a 1 m (tra i quali anche i pozzi del punto precedente che dovessero evidenziare un'evidente riduzione dello spessore del prodotto idrocarburico dopo l'avviamento dei sistemi) è più adatta l'installazione di una pompa selettiva (skimmer) con sistema di intake formato da un filtro idrofobico/oleofilo in grado di seguire le oscillazioni di falda.
- Per ogni singolo pozzo, sarà inoltre da valutare la possibilità di installare un'elettropompa sommersa che consenta di creare un cono di emungimento al fine di incrementare la ricarica del prodotto idrocarburico. Per spessori esigui di prodotto idrocarburico volatile, l'andamento asintotico dei recuperi con sistemi di skimming potrà suggerire l'opportunità di attivare sistemi di SVE Soil Vapour Extration per il prosieguo delle azioni di rimozione.

SEZIONE 4 – AZIONI DI MESSA IN SICUREZZA

A seguito dei risultati delle attività di caratterizzazione, la Raffineria di Priolo ha attivato numerose opere di messa in sicurezza ed alcune sono attualmente in corso di realizzazione (Figura 13). Queste azioni costituiscono parte integrante del programma di bonifica del sottosuolo della raffineria.

Elementi in merito a tali opere ed attività sono forniti nei seguenti documenti:

- "Sintesi degli studi e delle opere di messa in sicurezza" redatto da FWE nell'ottobre 2001;
- "2° stato di avanzamento della caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera" – redatto da URS Dames & Moore nel marzo 2002;
- "Relazione tecnico descrittiva delle attività Relazione Tecnico Descrittiva della caratterizzazione del sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo" Agosto 2002;
- "Progetto Preliminare degli interventi sul sottosuolo della raffineria Agip Petroli di Priolo" Agosto 2002;

Nei seguenti paragrafi si forniscono informazioni generali relative allo stato di tali attività ed opere.

4.1 Interventi realizzati ed operativi

4.1.1 *Trincea drenante Vallone della Neve*

Un primo intervento di messa in sicurezza del sito è stato attivato nel 1994 con la realizzazione della *trincea drenante "Vallone della Neve"*, per proteggere il canale "Vallone della Neve" da potenziale contaminazione. L'ubicazione della trincea è indicata in Figura 13.

L'opera consiste in una trincea riempita di materiale drenante, con il lato sottogradiante impermeabilizzato da una geomembrana in HDPE da 2,5 mm di spessore, che si sviluppa per una lunghezza di circa 260 metri lungo la sponda nord del suddetto canale.

Dettagli in merito a quest'opera sono contenuti nella "Sintesi degli studi e delle opere di messa in sicurezza" dell'ottobre 2001.

4.1.2 *Barriera idraulica Vallone della Neve*

Nel periodo aprile – luglio 2003, a completamento della Trincea Drenante lungo il tratto medio - terminale del Vallone della Neve, è stato realizzato un sistema di drenaggio delle acque mediante pozzi verticali tipo "well point".

Sono stati realizzati 176 piezometri di diametro 4", profondi mediamente 3 - 3,5 m da p.c., e 16 scavi a mano attrezzati con una tubazione in cls di diametro 50 cm, profondi circa 1,5 m da p.c., che saranno utilizzati per il controllo idraulico e l'estrazione del prodotto surnatante.

Attualmente il sistema è stato attivato in un settore ubicato nei pressi della strada 1 (Figura 13), mentre in seguito saranno avviati i sistemi di drenaggio nella restante parte del Vallone della Neve.

4.1.3 *Estrazione del prodotto surnatante*

Dal giugno 2002 la raffineria ha iniziato a rimuovere gli idrocarburi in fase separata che fluiscono all'interno dei piezometri, attraverso l'utilizzo di sistemi tipo skimmer. Nella Figura 13 sono indicati i piezometri da cui si provvede ad estrarre gli idrocarburi. Complessivamente sono stati estratti, sino a fine luglio 2003, oltre 1000 mc di idrocarburi surnatanti, nel rispetto delle necessarie autorizzazioni al reintegro nel ciclo di raffinazione.

4.1.4 *Pozzi di spurgo margine orientale area SG10*

Lungo il margine orientale (sotto gradiente) del parco serbatoi in area SG10 sono stati installati 13 pozzi, per il monitoraggio delle acque della falda superficiale, utilizzabili eventualmente come pozzi di spurgo (Figura 13).

I pozzi di monitoraggio interessano un fronte totale di circa 600 m e sono stati installati ad una distanza media reciproca pari a 50 metri; la profondità media di installazione è di circa 11 metri, con valori compresi tra 14 e 7 m, in modo da intestarsi di circa un metro nel livello impermeabile costituito dalle argille grigio-azzurre.

I 13 pozzi, allineati lungo il confine meridionale del reparto SG10, fanno parte di un sistema di monitoraggio settimanale-quindicinale (denominato *Sistema d'Allerta*), allo scopo di rilevare tempestivamente eventuali idrocarburi surnatanti ed avviare le necessarie misure di messa in sicurezza d'emergenza.

Nel giugno 2003 sono stati installati, tra la Zona CVI e la Zona CVII 3, ulteriori pozzi di monitoraggio a completamento dei 13 già presenti per estendere l'allineamento di pozzi di controllo inserito nel *Sistema d'Allerta*.

4.1.5 *Piezometro P61*

Nel corso della Conferenza di Servizi del 17 marzo 2003, si concordò di mettere in sicurezza un tratto del settore orientale del reparto SG13, intercettando un "plume" di contaminazione diretto verso la costa attraverso il pompaggio di acqua della falda superficiale dal piezometro P61. È stato pertanto installato un sistema *dual pump* mobile per estrarre sia le acque di falda sia gli eventuali idrocarburi surnatanti.

A seguito di prove di emungimento si è accertato che la portata della falda diretta a mare è estremamente modesta. L'azione di messa in sicurezza è stata pertanto indirizzata all'estrazione degli eventuali idrocarburi surnatanti tramite l'installazione di un recuperatore tipo *skimmer*.

4.1.6 *Barriera idraulica Area SG11*

La barriera idraulica nell'area orientale della raffineria è costituita da una batteria di cinque pozzi barriera da 200 mm di diametro, profondi circa 20 metri, disposta trasversalmente rispetto alla direzione di deflusso delle acque di falda verso la linea di costa (Figura 13). Lo sbarramento del deflusso verso mare è stato impostato artificialmente abbattendo la superficie freatica di circa 50-70 cm fino al livello medio del mare, ed estraendo una portata complessiva dell'ordine di 60 mc/h.

Quattro pozzi sono già stati realizzati sulla Strada 1-2, ad una distanza dalla costa tale da limitare il richiamo di acqua di mare e in modo da garantire lo sbarramento di un fronte di circa 350 metri. Al momento sono stati attivati i 4 pozzi tramite l'installazione di un sistema temporaneo per l'emungimento delle acque di falda.

L'installazione definitiva delle attrezzature ed i collegamenti sono attualmente in fase di attuazione a seguito del completamento della progettazione di dettaglio dell'ingegneria.

Nella Conferenza di Servizi del 10 febbraio 2003 si concordò la realizzazione, per prolungare il fronte di sbarramento a circa 400 m, di un quinto pozzo ubicato nel settore SG13 a nord del Vallone della neve, attualmente in corso di realizzazione.

4.2 Interventi in corso di realizzazione

4.2.1 Chiusura pozzi industriali

Il pozzo 28 è in via di chiusura e sigillatura applicando metodologie sulla base delle specifiche fornite dalla Regione Siciliana N. Prot. 10219/02/AR, al fine di impedire che in futuro possano costituire una via di comunicazione tra acquiferi diversi.

4.2.2 Barriera idraulica ex area OXO – SG10

All'interno della proprietà di Polimeri Europa (ex Area OXO) sarà realizzata una barriera idraulica, costituito da dreni orizzontali, per intercettare le acque della falda superficiale impedendone il deflusso verso est.

Considerando le caratteristiche idrogeologiche dell'area, le acque di falda saranno drenate per tutta la lunghezza del dreno, pari a circa 200m, generando l'abbassamento della falda fino alla quota di posizionamento della base del dreno.

Le operazioni di installazione della barriera idraulica sono in corso di avviamento, i tempi di realizzazione sono quantificabili in circa due mesi di lavoro.

4.2.3 Barriera idraulica lato orientale SG10

Come per l'opera di messa in sicurezza ex area OXO, la barriera idraulica lungo il lato orientale del reparto SG10 sarà formata da un sistema di drenaggio delle acque di falda che si prevede sarà costituito da dreni orizzontali.

Il fronte intercettato dall'opera sarà di circa 850 m, la profondità raggiunta varierà da 5 a 9 metri dal piano campagna. È attualmente in corso lo studio di fattibilità dell'opera, supportato dall'elaborazione di un modello idrogeologico.

4.2.4 Barriera idraulica lato mare SG13

È in corso di esecuzione lo studio di fattibilità di un sistema di contenimento idraulico/fisico da realizzare nel settore nord orientale, lato mare, del reparto SG13 della Raffineria.

Gli obiettivi di tale studio sono:

- Verificare nel dettaglio lo stato di contaminazione delle acque sotterranee lato mare del reparto SG13
- Ricostruire dettagliatamente l'azione di insalinamento da acqua di mare delle acque di falda
- Valutare la profondità del cuneo salino e la sua interazione con le acque di falda dolce
- Mappare la distribuzione della permeabilità e del gradiente idraulico

Al termine dello studio di fattibilità, previsto per novembre 2003, saranno progettate e realizzate le opere di messa in sicurezza applicabili.

4.2.5 *Opere di scarifica e smaltimento all'interno delle trincee tubazioni*

Nei punti delle trincee tubazioni, ove visivamente si evidenzia presenza di idrocarburi, sono in corso di esecuzione idonei interventi di scarifica e smaltimento dei terreni di risulta presso impianti autorizzati.

Si prevede la scarifica di almeno 10 cm di terreno delle aree in cui si evidenzia presenza di idrocarburi; successivamente, in funzione dei risultati analitici potranno essere effettuati eventuali successivi interventi di scarifica.

SEZIONE 5 – OBIETTIVI DEGLI INTERVENTI

L'esperienza diretta in campo nazionale ed internazionale e la numerosa casistica riportata nella letteratura tecnica internazionale indicano come il completo risanamento (inteso come raggiungimento ubiquitario delle concentrazioni obiettivo stabilite dalla normativa italiana) sia un obiettivo irrealizzabile nel breve-medio termine in siti di grandi dimensioni, con struttura complessa ed operativi come quello di Priolo. Ciò per l'impossibilità di introdurre azioni capillari ed uniformemente distribuite data l'esistenza di innumerevoli strutture ed impianti con cui le azioni di bonifica interferirebbero pregiudicando o comunque penalizzando le operazioni industriali del sito.

In tali realtà industriali è pertanto concretamente proponibile tralasciare obiettivi di risanamento sul medio e lungo termine, perseguendo obiettivi di messa in sicurezza sul breve termine (1-2 anni).

Gli **obiettivi a medio termine** sono conciliabili con l'operatività industriale del sito interferendo con la stessa in maniera sostenibile. Essi consistono:

- nella messa in sicurezza del sito o di settori di esso allo scopo di impedire la diffusione degli inquinanti verso potenziali recettori;
- nel raggiungimento delle concentrazioni stabilite dalla normativa in aree accessibili senza interferire significativamente con le attività industriali. L'obiettivo è perseguibile attraverso localizzati interventi di bonifica conciliabili con l'operatività del sito;
- nella rimozione di inquinanti (riduzione progressiva della massa nel sottosuolo) interferendo in modo sostenibile con le operazioni del sito. L'obiettivo è perseguibile attraverso azioni di bonifica con una configurazione parcellizzata che sia progressivamente integrabile per il raggiungimento del risanamento del sito.
- nella messa in sicurezza permanente di materiali contaminati nei casi in cui la bonifica degli stessi non sia tralasciabile neppure sul lungo termine.

Gli **obiettivi a lungo termine** sono perseguibili successivamente alla dismissione delle attività industriali del sito o di singoli settori di esso. Essi consistono:

- nel risanamento completo del sito o di porzioni di esso, raggiungendo le concentrazioni stabilite dalla normativa o, in alternativa qualora queste si dimostrassero irraggiungibili, concentrazioni accettabili per la tutela della salute umana e dell'ambiente sulla base di una valutazione del rischio. L'obiettivo è perseguibile attraverso l'integrazione ed estensione della configurazione parcellizzata delle azioni di bonifica;
- nella interruzione delle azioni di messa in sicurezza a protezione dei potenziali recettori.

Gli obiettivi di risanamento del sito così definiti e programmati sono perseguibili attraverso la combinazione di azioni gestionali delle operazioni produttive finalizzate a minimizzare l'impatto delle stesse sul sottosuolo e di azioni dirette sul sottosuolo finalizzate a ridurre progressivamente la massa di inquinanti. ~~Le prime costituiscono parte del sistema certificato di gestione ambientale di cui la raffineria si è da tempo dotata e che prevede un continuo e progressivo adeguamento e miglioramento di processi, pratiche operative e strutture per minimizzare l'impatto sull'ambiente. Le seconde costituiscono l'oggetto del presente documento.~~

SEZIONE 6 - PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

6.1 Strategia d'intervento

La strategia d'intervento, traguardando gli obiettivi a medio termine, tiene conto dei seguenti elementi.

- La principale contaminazione del sottosuolo della raffineria è determinata dall'esistenza di idrocarburi all'interfaccia tra la zona satura e quella insatura, frequentemente in fase surnatante. Si tratta principalmente di frazioni leggere e medie dei prodotti di raffinazione del greggio, in particolare benzine ($C < 12$), e gasoli ($12 < C < 20$). Solo una percentuale minore è costituita dalle frazioni idrocarburiche pesanti ($C > 20$).
- In alcune aree limitate i terreni sono contaminati da idrocarburi e da metalli, anche nel primo metro superficiale.
- Lungo la costa del settore SG13 si rileva contaminazione da metalli sino a circa dieci metri di profondità, per il passato utilizzo di terreni contaminati quali materiali di riempimento per guadagnare la terra al mare.
- Le acque della falda superficiale sono contaminate da idrocarburi, ed in misura molto minore da metalli, in soluzione. Tale contaminazione è diretta conseguenza della presenza di idrocarburi in fase libera, surnatanti sulla falda, ed adsorbiti sul terreno all'interfaccia tra la zona vadosa e la zona satura
- I numerosi presidi di messa in sicurezza introdotti o in corso di introduzione tutelano i potenziali recettori;
- La natura del sottosuolo, le caratteristiche di media permeabilità dei terreni contaminati, la distribuzione della contaminazione (che interessa uno spessore ridotto di terreno) e le caratteristiche delle sostanze inquinanti (in massima parte volatili e facilmente biodegradabili), rendono applicabili e preferibili tecniche di bonifica *in situ*, che consentono di minimizzare la movimentazione dei terreni contaminati e le interferenze con le operazioni produttive dello stabilimento.
- I campi prova condotti ed i sistemi di messa in sicurezza operativi da tempo hanno permesso di verificare l'applicabilità al sito delle tecniche di bonifica individuate nell'ambito del Progetto Preliminare; queste sono tra le più efficaci, collaudate e consolidate per la rimozione dal sottosuolo della tipologia di idrocarburi in questione. La sistematica applicazione in sito di queste tecniche consentirà una sostanziale riduzione dei contaminanti presenti nel sottosuolo della raffineria.

Il programma degli interventi prevede:

1. Il mantenimento in esercizio delle azioni di messa in sicurezza introdotte o in corso di introduzione a tutela di potenziali recettori;
2. Interventi di bonifica in situ di tipo fisico e biologico, secondo una configurazione finalizzata a:
 - i. ridurre il volume di idrocarburi surnatanti sulla falda acquifera superficiale, che costituiscono una fonte secondaria di rilascio dei contaminanti in falda;
 - ii. rimuovere gli idrocarburi volatili e biodegradabili dalla porzione insatura del terreno;

3. La bonifica mediante scavo e smaltimento presso discariche autorizzate dei nuclei di terreno superficiale contaminato da metalli ubicati nelle aree accessibili senza interferire in maniera non sostenibile con le attività della raffineria; i terreni profondi contaminati da metalli saranno invece lasciati in sito in quanto non sono accessibili con le comuni tecniche di bonifica e non presentano rischio come risulta dall'allegata Analisi di Rischio presentata in appendice VI;
4. La bonifica mediante scavo e smaltimento presso discariche autorizzate dei nuclei di terreno contaminati da idrocarburi ubicati lungo l'oleodotto Condea (con successivo monitoraggio dell'attenuazione naturale delle concentrazioni di inquinanti dissolti nella falda superficiale);
5. La messa in sicurezza permanente della zona San Cusumano Basso in cui esiste un accumulo di materiali contaminati;
6. il monitoraggio delle componenti ambientali per valutare gli effetti degli interventi realizzati e per seguire lo sviluppo dei processi di biodegradazione spontanea degli inquinanti nel sottosuolo.

Le azioni di messa in sicurezza, al punto 1, saranno mantenute in esercizio sino a quando le condizioni di contaminazione dei settori posti in sicurezza saranno tali da tutelare la salute umana e l'ambiente.

Gli interventi citati al punto 2 saranno sviluppati nelle aree accessibili, con limitate e sostenibili interferenze con le operazioni industriali. Ci si attende che l'effetto delle azioni di bonifica si estenda gradualmente all'intorno dei singoli punti di estrazione, richiamando potenzialmente gli idrocarburi dispersi anche dalle aree non direttamente accessibili. Il monitoraggio in corso d'opera consentirà di valutare l'effetto delle azioni introdotte sulle matrici ambientali; saranno mantenuti sotto costante controllo i trend evolutivi sia in termini di massa di idrocarburi rimossa sia in termini di valori asintotici di massa rimossa; questi rappresentano i limiti d'efficacia delle tecniche stesse, oltre i quali non risulta efficiente protrarre l'azione.

Gli interventi di cui ai punti 3 sono sviluppati con dettaglio nelle relative appendici.

Gli interventi di cui al punto 5, Area San Cusumano, saranno sviluppati con dettaglio in un documento progettuale specifico.

Concretamente, la logica degli interventi previsti, che integreranno quelli di messa in sicurezza del sito già in essere o in corso di realizzazione, è sintetizzata nei seguenti punti ed è esposta graficamente nelle Figure 14-19.

- Gli idrocarburi surnatanti saranno estratti dal sottosuolo con la tecnica di estrazione Skimming. Saranno realizzati pozzi di piccolo diametro, intercettanti la falda superficiale, che saranno attrezzati con pompe per l'estrazione d'acqua sotterranea e pompe selettive (total fluid, skimmer, dual pump) per l'estrazione del prodotto surnatante.
- Gli idrocarburi volatili saranno estratti dalla zona insatura mediante Soil Vapour Extraction – SVE. L'applicazione di questa tecnica, oltre a determinare la volatilizzazione degli idrocarburi leggeri, richiama aria ossigenata dagli strati non contaminati favorendo in tal modo l'innescarsi di processi di biodegradazione degli idrocarburi non volatili ad opera delle comunità microbatteriche, naturalmente presenti nel sottosuolo, altrimenti inibite dall'assenza di ossigeno.
Negli stadi avanzati di trattamento, cioè quando saranno drasticamente diminuite le concentrazioni delle sostanze volatili presenti nei vapori estratti dal sottosuolo, il sistema potrà essere modificato per permettere l'insufflazione di aria ambiente nel sottosuolo (Bioventing – BV), massimizzando pertanto la

biodegradazione della frazione idrocarburica meno leggera ancora presente nel sottosuolo.

Per tutta la durata degli interventi, sarà seguito un rigoroso programma di monitoraggio finalizzato a verificare il funzionamento dei sistemi ed a valutare l'effetto degli stessi sulla qualità delle componenti ambientali d'interesse.

Sul lungo termine, l'applicazione estesa e capillare, combinata ed integrata degli interventi indicati permetterà di ridurre la massa di idrocarburi presente nella zona non satura ed all'interfaccia insaturo/saturo. Ci si attende che l'azione sulle fonti secondarie di contaminazione della falda superficiale determini benefici effetti sulla qualità di quest'ultima. A fronte della riduzione del carico contaminante, l'attività spontanea di biodegradazione ad opera dei microrganismi naturalmente presenti nell'acquifero, determinerà nel tempo un ulteriore miglioramento delle qualità della falda superficiale (Natural Attenuation).

6.2 Interventi all'interno della raffineria

6.2.1 Interventi di messa in sicurezza

I sistemi di contenimento idraulico di seguito descritti fanno parte degli interventi di messa in sicurezza già attivati o in via di progettazione e realizzazione all'interno della raffineria. Essi costituiscono parte integrante del programma di risanamento del sottosuolo del sito (Figura 13).

6.2.1.1 Sistema di contenimento idraulico lato mare SG13

È operativo da oltre un anno un programma di monitoraggio trimestrale della qualità delle acque nei pozzi di monitoraggio ubicati lungo la linea di costa del reparto SG13, finalizzato ad ottenere una serie storica di dati interpretabile statisticamente.

Per intercettare le acque contaminate della falda superficiale, impedendone il deflusso verso mare, verrà realizzato un sistema di contenimento idraulico lungo la linea di costa, per uno sviluppo di circa 1200m. Attualmente è in corso d'avviamento un Campo Prova per la conduzione di prove idrauliche finalizzate a definire nel dettaglio le caratteristiche idrogeologiche locali.

Si sta sviluppando inoltre uno studio idrogeologico per valutare le migliori tecnologie applicabili. Per limitare fenomeni di intrusione marina e conseguente insalinamento delle falde, lo studio prenderà anche in esame la possibilità di contenere il flusso di acque contaminate attraverso l'iniezione nel sottosuolo di acque reflue urbane opportunamente trattate.

6.2.1.2 Sistema di contenimento idraulico Area SG10

Lungo il margine orientale (sotto gradiente) del parco serbatoi in area SG10 sono stati installati 16 pozzi, per il monitoraggio delle acque della falda superficiale, utilizzabili eventualmente come pozzi di spurgo.

È attualmente in corso lo studio di fattibilità tecnica per la realizzazione di una trincea drenante mediante perforazioni orizzontali, supportato dall'elaborazione di un modello idrogeologico esteso a tutto il margine orientale del parco serbatoi in area SG10 ed in ex Area OXO.

6.2.1.3 Sistema di contenimento idraulico Area SG11

La barriera idraulica nell'area orientale della raffineria è costituita da una batteria di cinque pozzi. Tali pozzi sono stati realizzati con le seguenti modalità esecutive:

- perforazione a distruzione di nucleo senza recupero di materiale, con rivestimento provvisorio di diametro finale pari a 300 mm fino a fondo foro;
- completamento della perforazione con tubazione in PVC, fessurata in corrispondenza dell'acquifero (da -1 a -20 m da p.c.) e cieco nel tratto rimanente, avente diametro di 200 mm (8 pollici), dotato di tappo di fondo e di testa;
- nello spazio anulare compreso tra la tubazione e il foro, in corrispondenza del tratto fessurato e dell'acquifero, è stato costituito un dreno con ghiaietto lavato, naturalmente arrotondato;
- il tratto cieco è stato cementato con miscela ternaria (acqua, cemento, bentonite);
- al termine dell'installazione, il pozzo è stato sviluppato mediante elettropompa sommersa fino a completa chiarificazione delle acque.

Al termine della realizzazione dei pozzi, sono state effettuate su ciascuno dei pozzi barriera prove a gradini di portata.

I risultati conseguiti hanno permesso di definire la portata critica e la portata ottimale di esercizio di ogni pozzo (curva caratteristica del pozzo), ed il calcolo dell'efficienza del sistema pozzo - acquifero.

La portata di esercizio e la efficienza del pozzo hanno permesso una corretta "taratura" delle portate di esercizio della barriera idraulica e potranno essere utilizzate anche in futuro per verificare il mantenimento delle caratteristiche idrauliche di efficienza dei pozzi e/o il loro eventuale deterioramento.

Attualmente il contenimento idraulico viene effettuato con pompe autoadescanti di superficie, i sistemi di emungimento definitivi sono in fase di installazione.

6.2.1.4 Sistema di contenimento idraulico Trincea Vallone della Neve

Nel periodo aprile - luglio 2003, a completamento della Trincea Drenante lungo il tratto medio - terminale del Vallone della Neve, è stato realizzato un sistema di drenaggio delle acque mediante pozzi verticali tipo "well point".

Sono stati realizzati 176 piezometri con le seguenti modalità esecutive:

- perforazione a distruzione di nucleo senza recupero di materiale, con rivestimento provvisorio di diametro finale pari a 171 mm fino alla profondità compresa tra 3 e 3,5 m da p.c.;
- completamento della perforazione con tubazione in PVC, interamente fessurata, avente diametro di 4", dotato di tappo di fondo e di testa;
- nello spazio anulare compreso tra la tubazione e il foro, in corrispondenza del tratto fessurato, è stato costituito un dreno con ghiaietto lavato, naturalmente arrotondato;
- il tratto sommitale è stato cementato con miscela ternaria (acqua, cemento, bentonite);
- al termine dell'installazione, il pozzo è stato sviluppato mediante elettropompa sommersa fino a completa chiarificazione delle acque.

Nelle aree dove non era possibile intervenire con una perforatrice sono stati

realizzati 16 scavi a mano per l'installazione di una tubazione drenante in cls di diametro 50 cm, profondi circa 1,5 m da p.c.

Dopo avere realizzato i primi piezometri in alcuni settori del Vallone della Neve, sono state condotte prove di emungimento utilizzando pompe di superficie. Tali prove hanno permesso di valutare una portata media di esercizio ed il chimismo delle acque emunte, al fine di dimensionare il sistema full scale attualmente in fase di progettazione.

6.2.2 *Interventi di bonifica dei terreni superficiali contaminati*

I nuclei dei terreni contaminati superficiali, presenti in aree ove l'escavazione risulta compatibile con le attività industriali in essere, saranno scavati e conferiti presso una idonea discarica autorizzata. Le aree in cui sono previsti gli interventi sono:

- **Area SS1:** area nell'intorno del piezometro P21 immediatamente a monte della Strada 8 (limite nord dell'area omogenea Monte Ferrovia), contaminazione da **mercurio (1 m)**;
- **Area SS2:** area in prossimità della Zona XXXVIII (area omogenea Monte Ferrovia), contaminazione da **zinco** nei sondaggi S104 e S216 (**1 m**), nel sondaggio S217 (**2 m**) e nel sondaggio S218 (**5 m**);
- **Area SS3:** area in prossimità della Strada O1, contaminazione da **mercurio** alla profondità di **1 m** nel sondaggio S126;
- **Area SS4:** area in prossimità del confine ENI - M.M., contaminazione da **mercurio, arsenico (2 m)** nel sondaggio S235 e da **mercurio (1 m)** nel sondaggio S133;
- **Area I54 - Oleodotto ErgMed - Sasol (ex Condea):** area esterna alla Raffineria, unicamente in un tratto di poche decine di metri prossimo al torrente Cantera, contaminazione da **idrocarburi C>12**.

Per ogni area è stato predisposto uno specifico piano, riportato in Appendice VII, contenente le necessarie indicazioni in merito all' ai limiti dell'area da bonificare, alle installazioni di cantiere, alle procedure di campionamento e verifica del completamento dell'intervento, alle norme di sicurezza per gli operatori.

Si stima nel complesso di rimuovere e smaltire circa 14.000 tonnellate di terreni contaminati da metalli e da idrocarburi. La massa di terreno stimata, così come l'estensione delle aree indicate nell'Appendice VII, è da intendersi indicativa: i volumi di terreno da bonificare saranno stabiliti in situ sulla base sia di indagini propedeutiche agli interventi finalizzate a delimitare in dettaglio le aree da bonificare sia delle osservazioni dei tecnici che sovrintenderanno i lavori e dei risultati delle analisi chimiche sui terreni che si intenderà lasciare in posto.

6.2.3 *Interventi di bonifica della contaminazione da idrocarburi*

È previsto uno schema di interventi che tiene conto del fatto che gli idrocarburi nel sottosuolo del sito sono distribuiti principalmente alla sommità dell'acquifero superficiale e del fatto che si andrà ad operare in una raffineria attiva che costituisce uno dei principali poli produttivi dell'area.

Le azioni si svilupperanno comunque in un contesto in cui le molteplici azioni di messa in sicurezza implementate permettono di prevenire la migrazione delle frazioni dissolte all'esterno del sito e di conseguenza di poter pianificare gli interventi di rimozione degli idrocarburi con una tempistica ed una modularità

comunque congruente con le funzioni produttive specifiche del sito.

Per intervenire sulle aree interessate dalla contaminazione è necessaria un'azione sistematica e gradualmente distribuita. Si prevede, al proposito, di utilizzare circa 30 piezometri esistenti, da adibire a pozzi di recupero, e di installare circa 200 nuovi pozzi di estrazione e bonifica; questi saranno realizzati nelle aree individuate come impattate, tenendo conto dell'esistenza di impianti produttivi, di parchi serbatoi e di linee tecnologiche interrato ed aeree.

I pozzi di bonifica potranno variare in numero e/o posizione sulla base della effettiva possibilità di installazione ed in base alle ulteriori informazioni che si andranno via via acquisendo in merito alla struttura del sottosuolo, alla distribuzione degli inquinanti dispersi ed alla verificata efficacia degli stessi anche nelle aree non direttamente accessibili.

Le differenti tecnologie di recupero degli **idrocarburi surnatanti** individuate sono raccolte sotto il termine Skimming – Sk e sono previste con differenti sistemi mobili di recupero:

- **Dual Pump**, utilizza una pompa selettiva per idrocarburi (skimmer) abbinato ad una pompa tradizionale che estrae acqua di falda deprimendo il livello freatico e favorendo l'afflusso di idrocarburi nel pozzo (Figura 20);
- **Single Pump**, utilizza un'unica pompa selettiva (skimmer) laddove si accumulano spessori di idrocarburi, senza indurre un emungimento della falda (Figura 20);
- **Total Fluid**, utilizza una pompa che recupera indifferentemente i fluidi presenti in pozzo (olio e/o acqua), a seconda del livello del posizionamento dell'ingresso della pompa rispetto alla superficie freatica (Figura 20).

I sistemi installati, modulari e mobili, permetteranno di intervenire efficacemente laddove si verificheranno le migliori condizioni di recupero idrocarburico, adattando le azioni di rimozione all'effettiva presenza di idrocarburi nei pozzi installati.

Un altro sistema, individuato nel presente progetto, verrà utilizzato anche per il recupero degli idrocarburi surnatanti, oltre che per rimuovere i vapori presenti nel sottosuolo, laddove si accumulano spessori esigui:

- **Soil Vapour Extraction**, utilizza una *pompa a vuoto* per estrarre i gas interstiziali, inducendo anche la rimozione, per evaporazione, di idrocarburi surnatanti presenti con spessori modesti (millimetrici) nei pozzi (Figura 20).

Le tecniche individuate nel presente progetto saranno applicate in modo graduale ed integrato in base alle effettive condizioni che si verranno a creare nei singoli punti d'intervento; in questo modo si potrà agire efficacemente nelle differenti aree attraverso cui si svilupperà la bonifica del sottosuolo.

Per quanto riguarda le azioni mirate alla rimozione degli **idrocarburi adsorbiti** al terreno insaturo si prevede di procedere ad attivare gradualmente i sistemi del **Soil Vapour Extraction – SVE**.

Tutte le azioni di rimozione previste avranno prevedibilmente degli andamenti asintotici che indicheranno il decrescere dell'efficacia dell'azione stessa; il costante monitoraggio dei sistemi condotti permetterà di definire di conseguenza gli asintoti dei sistemi di rimozione, al raggiungimento dei quali si considererà inefficiente ogni ulteriore prosieguo delle azioni intraprese, essendosi raggiunto il limite tecnico/fisico della tecnologia.

Al termine delle azioni di rimozione fisica degli idrocarburi, surnatanti ed adsorbiti, si svilupperà la fase di **degradazione biologica stimolata** degli idrocarburi residui che sarà indirizzata, gradualmente, per le differenti aree, alla porzione non

satura del terreno. La tecnologia che sarà applicata sarà il **Bio Venting - BV**, che comporta l'apporto d'ossigeno nel sottosuolo attraverso la veicolazione di aria ambiente nel terreno (Figura 20).

I terreni profondi contaminati da metalli saranno invece lasciati in sito in quanto non sono accessibili con le comuni tecniche di bonifica e non presentano rischio come risulta dall'allegata Analisi di Rischio presentata in appendice VI

6.2.3.1 **Dettaglio degli interventi**

Nei paragrafi seguenti è illustrato il programma degli interventi che si intendono realizzare per ciascuna delle aree omogenee (Figura 14). La programmazione degli interventi tiene conto della struttura del sottosuolo e delle caratteristiche di contaminazione delle singole aree omogenee.

Area SG10

Per ridurre la massa di idrocarburi nella porzione insatura del sottosuolo verrà impiegata la tecnologia Soil Vapour Extraction - **SVE**. Quando i sistemi di SVE giungeranno ai valori asintotici di rimozione delle frazioni volatili, questi verranno convertiti in sistemi di immissione nel sottosuolo di aria ambiente per stimolare i processi di biodegradazione degli idrocarburi non volatili Bio Venting - **BV** (Figura 15 e 20).

Pertanto gli interventi previsti nella zona insatura sono:

- Soil Vapour Extraction - **SVE**;
- Bio Venting - **BV**.

Le azioni sulla falda superficiale consisteranno nella realizzazione di due barriere idrauliche drenanti, in grado di intercettare le acque contaminate impedendone la migrazione verso le aree a valle idrogeologico (Vedi 6.2.1).

Area Monte Ferrovia

In questo settore della raffineria si riconoscono zone caratterizzate da:

- prodotto petrolifero surnatante;
- contaminazione dei terreni da idrocarburi prevalentemente in corrispondenza dell'interfaccia saturo/insaturo.

Si prevede l'installazione combinata di sistemi Skimming (**SK**) e Soil Vapour Extraction (**SVE**). I primi saranno installati nelle zone interessate da significativi spessori apparenti di prodotto petrolifero in fase separata. In linea di massima si prevede di installare i sistemi di Skimming circa ogni 30 metri, secondo una maglia regolare, ed in funzione delle infrastrutture esistenti. Saranno possibili eventuali infittimenti nelle zone in cui si osserverà un maggior recupero degli idrocarburi. Parallelamente si procederà alla estrazione degli idrocarburi volatili dalla zona vadosa mediante sistemi di SVE.

Quando i sistemi di SVE giungeranno ai valori asintotici di rimozione delle frazioni volatili, questi verranno convertiti in sistemi di immissione nel sottosuolo di aria ambiente per stimolare i processi di biodegradazione degli idrocarburi non volatili Bio Venting - **BV** (Figura 16 e 20).

In sintesi, gli interventi previsti sono i seguenti:

- Estrazione di prodotto in fase separata (**SK**) con sistemi mobili,
- Aspirazione dei vapori (**SVE**),

- Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ (**BV**).

Area Valle Ferrovia

Nel settore centrale sono stati rilevati prodotto petrolifero surnatante sulla falda e contaminazione dei terreni, principalmente in corrispondenza del livello di interfaccia saturo/insaturo. Il programma degli interventi prevede l'applicazione delle tecnologie già indicate per l'Area Monte Ferrovia. Gli interventi verranno effettuati principalmente in corrispondenza dei settori adibiti allo stoccaggio degli idrocarburi (Figura 17).

In linea di massima si prevede di installare i sistemi di Skimming circa ogni 30 metri, secondo una maglia regolare, ed in funzione delle infrastrutture esistenti. Saranno possibili eventuali infittimenti nelle zone in cui si osserverà un maggior recupero degli idrocarburi. Parallelamente si procederà alla estrazione degli idrocarburi volatili dalla zona vadosa mediante sistemi di SVE.

Quando i sistemi di SVE giungeranno ai valori asintotici di rimozione delle frazioni volatili, questi verranno convertiti in sistemi di immissione nel sottosuolo di aria ambiente per stimolare i processi di biodegradazione degli idrocarburi non volatili Bio Venting – **BV** (Figura 17 e 20).

In sintesi gli interventi previsti sono i seguenti:

- Estrazione di prodotto in fase separata (**SK**) con sistemi mobili,
- Aspirazione dei vapori (**SVE**),
- Stimolazione biologica attraverso ventilazione in situ (**BV**).

6.2.3.2

Sistemi e criteri operativi

Nel presente capitolo si descrivono nel dettaglio i sistemi ed il programma delle azioni finalizzate all'estrazione degli idrocarburi surnatanti ed alla riduzione delle concentrazioni di idrocarburi nel sottosuolo.

Pozzi di estrazione e bonifica

Si prevede la perforazione di circa 200 pozzi di estrazione e bonifica localizzati nell'area di interesse come illustrato nelle Figure 15-17.

Le perforazioni saranno realizzate a carotaggio continuo con carotiere del diametro minimo di 152 mm spinti fino ad una profondità indicativa di -15 m dal p.c., comunque fino a raggiungere la base dell'acquifero superficiale.

Nel corso delle perforazioni saranno prelevati circa un campione di terreno per carotaggio, in corrispondenza della frangia capillare e/o dei livelli che dovessero mostrare evidenze di contaminazione, da destinare ad analisi di laboratorio.

Su tali campioni saranno determinate le concentrazioni di idrocarburi totali ed idrocarburi aromatici. I perfori di sondaggio saranno completati con tubazione in acciaio da 6", fessurata nel tratto che intercetta l'acquifero e la frangia capillare dotata di tappo di fondo. La testa pozzo sarà protetta da un chiusino fuori terra o carrabile a seconda delle necessità di usufruizione dell'area.

Nello spazio anulare compreso tra la tubazione ed il perforo, in corrispondenza del tratto fessurato e dell'acquifero, sarà costituito un dreno con ghiaietto lavato, naturalmente arrotondato. L'altezza di riempimento sarà verificata mediante scandaglio. Il tratto cieco sarà cementato con miscela ternaria (acqua, cemento, bentonite).

Al termine dell'installazione si provvederà a sviluppare adeguatamente il pozzo, mediante elettropompa sommersa e/o attrezzatura per air – lift fino ad eliminazione delle frazioni fini.

Al termine delle attività di perforazione ed installazione dei pozzi, sarà liberata l'area da tutte le attrezzature i residui solidi e i fluidi reflui della perforazione.

Skimming – SK (Dual Pump, Single Pump e Total Fluid)

Man mano che le installazioni dei punti di estrazione saranno completate, in funzione dell'accumulo di idrocarburi nei pozzi di bonifica, si provvederà ad installare i sistemi mobili di recupero degli idrocarburi surnatanti.

Le azioni di Skimming sono previste all'interno delle aree delimitate come definito nelle Figure 15-17.

Si prevede nel complesso l'attivazione di circa 30 sistemi mobili di recupero idrocarburi alimentati ad aria compressa; i sistemi saranno tali da poter essere agevolmente riposizionati sui differenti pozzi, secondo necessità in base all'evidenza di idrocarburi nei pozzi. Saranno allestite circa 45 piazzole per il posizionamento dei sistemi mobili in prossimità di gruppi di circa 5 pozzi di estrazione; le piazzole saranno attrezzate con alimentazione elettrica, collettore idrocarburi afferente a serbatoio di stoccaggio, e punto di collettamento delle acque e dei vapori estratti.

I sistemi di skimming avranno le seguenti caratteristiche:

Single pump o skimmer per il recupero del solo prodotto in fase separata:

- diametro galleggiante (a gravità): 100 mm;
- lunghezza: 1.900-2.000 mm;
- portata aria compressa di alimentazione: 1 Nmc/h;

Pompe Total Fluid, per il recupero del prodotto petrolifero in fase mista ad acqua:

- diametro: 50 mm;
- lunghezza: 1.300-1.500 mm;
- portata aria compressa di alimentazione: 4 Nmc/h;

Dual pump, per deprimere il livello freatico e favorire l'afflusso di idrocarburi nel pozzo:

- diametro: 50 - 75 mm;
- portata acqua emunta da ciascun pozzo: 1.5 mc/h circa.

L'aria compressa necessaria all'alimentazione di skimmer e total fluid, sopra descritti, sarà fornita da n. 30 compressori completi di essiccatore alloggiati su carrelli. Le caratteristiche di ciascuna stazione di compressione sono di seguito riportate:

- portata: 25 Nmc/h;
- pressione di mandata: 9 bar;
- potenza installata: 3 kW.

Gli schemi meccanici tipici per i sistemi Single Pump e Total Fluid sono riportati in Figura 20.

I sistemi mobili di recupero idrocarburo o skimming saranno posizionati, secondo

necessità, nei punti di estrazione e bonifica perforati; sulla base dell'effettiva ricarica di idrocarburi all'interno dei pozzi, i sistemi saranno movimentati e gestiti in modo da ottimizzare le azioni di recupero degli idrocarburi nelle differenti aree di intervento in armonia con l'implementazione delle altre tecnologie adottate.

Sulla base delle attuali conoscenze si può stimare indicativamente un tempo di permanenza di circa uno/due anni di ogni singolo sistema all'interno di un pozzo in funzione dell'accumulo di idrocarburo nel pozzo e la ricarica effettiva dello stesso.

La durata effettiva di attivazione sarà compatibile con il raggiungimento di valori asintotici delle attività di skimming, definibili sulla base dei monitoraggi da condurre nel corso delle azioni di bonifica.

Secondo la presenza di idrocarburi nei pozzi ed il loro effettivo recupero, si potranno allestire ulteriori sistemi mobili di skimming in aggiunta a quelli attualmente previsti.

Soil Vapour Extraction - SVE

Man mano che le installazioni dei punti di estrazione saranno completate si provvederà ad installare i sistemi mobili SVE Soil Vapour Extraction per il recupero degli idrocarburi surnatanti in spessori millimetrici, ed adsorbiti al terreno non saturo.

Le azioni di SVE sono previste all'interno dell'area delimitata come definito nelle Figure 15-17; si prevede nel complesso l'attivazione di 14 sistemi Soil Vapour Extraction su skid.

Ogni sistema sarà composto da:

- N. 1 soffiante rotativa a lobi, dotata di box di insonorizzazione;
- N. 1 separatore di condensa (K.O. pots), installato anche esso su skid.

Le caratteristiche di ciascuna soffiante sono di seguito riportate:

- portata: 920 Nmc/h;
- pressione differenziale: 300 mbar;
- potenza installata: 25 kW.

Lo schema meccanico tipico dell'impianto SVE è riportato nella Figura 20.

Ogni sistema SVE potrà essere collegato sino a circa 15 punti di estrazione contemporaneamente; le tubazioni saranno posizionate, secondo necessità, sulla base dell'effettiva aspirazione di vapori organici dai pozzi, i sistemi saranno gestiti in modo da ottimizzare le azioni di recupero degli idrocarburi.

Sulla base delle attuali conoscenze e dei tempi tipicamente necessari, si può stimare indicativamente un tempo di permanenza di circa uno / due anni di ogni linea di aspirazione per pozzo; la durata effettiva di installazione dipenderà dalla concentrazione di vapori estratti da ogni singolo pozzo, sulla base dell'andamento asintotico dei recuperi.

La durata effettiva di attivazione sarà compatibile con il raggiungimento di valori asintotici delle attività di estrazione vapori, definibili sulla base dei monitoraggi da condurre nel corso delle azioni di bonifica.

Bio Venting – BV

Al decrescere delle concentrazioni di idrocarburi nei gas estratti dai pozzi di bonifica, al raggiungimento quindi dei valori asintotici limite della tecnologia SVE,

(riduzione drastica dell'efficienza dell'intervento), si provvederà a commutare i sistemi di SVE in sistemi mobili Bio Venting - BV per la biodegradazione aerobica delle frazioni residue adsorbite al terreno non saturo.

Si prevede nel complesso l'attivazione di 14 sistemi mobili bio-venting, distribuiti in differenti aree.

Le stesse soffianti utilizzate per i sistemi SVE, potranno essere convertite al funzionamento in pressione per l'alimentazione dei sistemi di bio-venting, operando una semplice modifica delle tubazioni di connessione.

Ogni sistema sarà composto da:

- N. 1 soffiante rotativa a lobi, dotata di box di insonorizzazione;
- N. 1 separatore di condensa (K.O. pots), installato anche esso su skid.

Le caratteristiche di ciascuna soffiante sono di seguito riportate:

- portata: 920 Nmc/h;
- pressione differenziale: 300 mbar;
- potenza installata: 25 kW.

Lo schema meccanico tipico di un sistema di bio-venting è riportato nella Figura 20.

Ogni sistema di BV potrà collegarsi a circa 20 punti di insufflazione contemporaneamente; rispetto ai processi di SVE risulta minore la quantità di aria in quanto le portate devono essere sufficienti al solo apporto di ossigeno per la stimolazione della biodegradazione dei composti organici.

Le tubazioni di immissione dell'aria nel sottosuolo saranno posizionate, secondo necessità, sulla base dell'effettivo raggiungimento delle condizioni residue di presenza di composti organici (bassi valori di vapori nei gas interstiziali); i sistemi saranno gestiti in modo da ottimizzare le azioni di biodegradazione aerobica degli idrocarburi adsorbiti residuali sulla base delle indicazioni di test respirometrici appositamente condotti.

La durata effettiva di attivazione sarà compatibile con il raggiungimento di valori asintotici delle attività di biodegradazione, definibili sulla base di specifiche prove respirometriche da condurre periodicamente nel corso delle azioni di bonifica (Vedi paragrafo 9.1.2).

6.3 Interventi all'esterno della raffineria (Oleodotto Condea)

Nel breve tratto dell'oleodotto Erg Med - Sasol (ex Condea) in cui i terreni sono contaminati, si interverrà rimuovendo i medesimi e conferendoli presso impianti di smaltimento autorizzati (Figura 18).

I nuclei di terreno contaminato saranno scavati e conferiti presso una idonea discarica autorizzata.

Per l'area è stato predisposto uno specifico piano, riportato in Appendice VII, contenente le necessarie indicazioni in merito ai limiti dell'area da bonificare, alle installazioni di cantiere, alle procedure di campionamento e verifica del completamento dell'intervento, alle norme di sicurezza per gli operatori.

Si stima nel complesso di rimuovere e smaltire circa 680 tonnellate di terreni contaminati da idrocarburi.

Successivamente, si introdurrà un piano di monitoraggio della falda superficiale per

verificare gli effetti dei fenomeni di attenuazione spontanea.

In sintesi si prevede quanto segue. L'area cantiere, delimitata con idonea recinzione e segnalazioni di pericolo secondo le normative vigenti, conterrà l'area di scavo, i cassoni per lo stoccaggio provvisorio dei terreni scavati e le attrezzature ed i macchinari necessari alle attività di bonifica.

Nell'area di scavo saranno approntate, oltre alle dotazioni normali di cantiere, strutture specifiche per la minimizzazione dell'impatto delle operazioni sull'ambiente.

Al termine delle operazioni di rimozione del terreno contaminato da idrocarburi, lo scavo sarà riempito con terreno granulare, appositamente fornito da una cava e costipato per garantire che non si verifichino successivi cedimenti.

Nel caso in cui le analisi di laboratorio dovessero confermare il non superamento dei limiti previsti dalla normativa di riferimento nel terreno di copertura, temporaneamente stoccati nelle apposite aree, questi potranno essere utilizzati per il ripristino finale dell'area.

L'area in cui sono previsti gli interventi viene indicata nella Figura 18 e in Appendice VII.

SEZIONE 7 – INSTALLAZIONI DI CANTIERE

Prima dell'inizio delle attività operative si dovrà procedere all'installazione del cantiere in accordo con le prescrizioni di legge applicabili. Nel paragrafo seguente si forniscono alcune indicazioni riferite in particolare alle installazioni specifiche per le attività di bonifica. In Figura 19 è illustrata schematicamente la sistemazione del cantiere e la viabilità interna con la delimitazione dell'area temporaneamente occupata dai lavori.

7.1.1

Allestimento del cantiere

La realizzazione degli interventi di progetto prevede le seguenti strutture ausiliarie:

- La recinzione delle aree di cantiere, in relazione alla loro specifica destinazione d'uso, in modo da consentire l'accesso al solo personale autorizzato;
- La predisposizione dei servizi logistici generali. In corrispondenza delle aree di intervento dovrà essere prevista la presenza di uno spogliatoio e dei servizi per il personale da realizzare a norma delle vigenti disposizioni in materia di igiene del lavoro, e dei necessari collegamenti elettrici ed idraulici;
- La predisposizione di un locale con funzione di ufficio e archivio per il capo cantiere e per il direttore dei lavori; sarà opportuno prevedere un'area a disposizione delle autorità di controllo dotata di frigoriferi per la conservazione di eventuali campioni di terreno o acqua.

Per quanto riguarda le escavazioni di terreni contaminati, l'area cantiere, delimitata con idonea recinzione e segnalazioni di pericolo secondo le normative vigenti, conterrà l'area di scavo, i cassoni per lo stoccaggio provvisorio dei terreni scavati e le attrezzature ed i macchinari necessari alle attività di bonifica.

Nell'area di scavo saranno approntate, oltre alle dotazioni normali di cantiere, strutture specifiche per la minimizzazione dell'impatto delle operazioni sull'ambiente.

Per quanto riguarda l'allestimento di cantiere per le attività di scavo e smaltimento si rimanda all'Appendice VII.

SEZIONE 8 – GESTIONE DEI REFLUI E DEI RIFIUTI

8.1 Introduzione

Le operazioni di bonifica daranno origine a reflui la cui gestione è descritta nei successivi paragrafi:

- acque emunte;
- prodotto idrocarburico surnatante;
- vapori contaminati da idrocarburi;
- terreni contaminati da metalli e da idrocarburi.

La gestione di tali reflui è riportata schematicamente nella Figura 21 (Schema a blocchi sistemi di trattamento).

8.2 Acque emunte

8.2.1 Caratteristiche e quantitativi

Dai nuovi sistemi di bonifica verranno estratti circa 116.5 mc/h di acque di falda; in particolare le acque saranno estratte da:

- Sistemi dual pump (25 mc/h);
- 5 pompe di emungimento dei pozzi barriera SG11 (50 mc/h);
- sistema di pompaggio Vallone della Neve (20 mc/h);
- pompe di emungimento barriera SG10 (1.5 mc/h).

Altri 20 mc/h circa, sono attualmente estratti dalla trincea già esistente nel Vallone della Neve.

Le acque emunte saranno conferite all'impianto di trattamento.

8.3 Prodotto idrocarburico

8.3.1 Caratteristiche e quantitativi

L'idrocarburo surnatante sarà recuperato come prodotto in fase separata dai sistemi di skimming (SP/DP) o in fase mista ad acqua dai sistemi Total Fluid (TF).

Il prodotto recuperato in fase mista dai sistemi Total Fluid sarà inviato alla fognatura della raffineria.

Il prodotto petrolifero recuperato in fase separata sarà inviato direttamente a serbatoi di stoccaggio ad esso dedicati.

Il prodotto petrolifero accumulato nei serbatoi di stoccaggio sarà inviato alla raffineria, e riutilizzato all'interno del ciclo produttivo.

I quantitativi estratti sono difficilmente stimabili, ma si può prevedere che nella fase iniziale saranno pari ad alcuni mc/giorno, per poi successivamente diminuire.

8.4 Idrocarburi in fase vapore

8.4.1 Impianto trattamento vapori

I vapori saturi di idrocarburi volatili saranno trattati in due impianti mobili di combustione termica, in presenza di fiamma, che trasformano i composti idrocarburici in anidride carbonica ed acqua attraverso un'ossidazione termica diretta: i due impianti hanno potenzialità diverse ma presentano gli stessi principi di funzionamento.

I vapori estratti dai sistemi SVE, (circa 12000 Nmc/h, con concentrazioni di idrocarburi volatili comprese tra 10 e 20 g/Nmc), e tramite apposite soffianti introdotti in una camera di combustione refrattaria dove uno o più bruciatori forniscono calore ai contaminanti organici da ossidare termicamente. Le soffianti, che fanno parte dell'impianto di combustione stesso forniscono ai vapori la prevalenza necessaria per attraversare l'intero sistema fino al camino di scarico dei gas combusti. Quando la concentrazione dei vapori in ingresso è bassa, il bruciatore è alimentato con combustibile ausiliario (GPL o metano) per mantenere la temperatura richiesta per assicurare la reazione chimica di trasformazione. Quando la concentrazione dei vapori è troppo alta, potrebbe essere necessaria la diluizione con aria atmosferica.

La portata del gas ausiliario, metano o GPL, viene regolata automaticamente tramite il controllo della temperatura all'interno della camera di combustione che agisce sulle valvole di adduzione e dell'aria comburente.

Un sistema di diluizione con aria sulla condotta di aspirazione del combustore, esercita una funzione di controllo dei vapori estratti, essendo la portata e la concentrazione dei vapori in ingresso, e dunque il contributo entalpico, variabili nel tempo. La valvola di regolazione della portata dell'aria di diluizione è comandata dall'analizzatore in continuo di LEL (Lower Explosion Limit), che controlla la concentrazione di composti organici volatili (V.O.C.) nei vapori estratti. L'analizzatore è del tipo a ionizzazione di fiamma.

Per ragioni di sicurezza, le concentrazioni sono comunque limitate al di sotto del 50% del L.E.L. L'inizio della diluizione avviene al 25% del L.E.L.

L'espulsione in atmosfera dell'aria depurata avviene per mezzo di un camino opportunamente isolato.

La posizione dei due combustori è riportata in Figura 15. Durante la progettazione di dettaglio dei sistemi di bonifica sarà valutato l'eventuale spostamento dei due o di un solo combustore in posizione più centrale rispetto ai punti di intervento.

I due impianti mobili di trattamento vapori sono descritti nell'Appendice X (Descrizione tecnica impianti di combustione termica).

Le caratteristiche dei due impianti di combustione sono riportate nelle tabelle di seguito allegate.

Tabella 1 – Impianto di Combustione 1

Impianto 1	15.000 Nmc/h
Portata max gas trattati	15.000 N m3/h
Concentrazione SOV max	20 g/Nm3 (per 15.000 Nm3/h di vapori trattati)
Temperatura max. camera di combustione	900°C
Temperatura norm. camera di combustione	820°C
Tempo di residenza in camera di combustione	> 1 sec.
Temperatura max fumi in uscita	680 °C
Gas di supporto	Metano
Tipo di catalizzatore	Honeycomb
Elementi catalitici attivi	Platino (1%)
Supporto	Allumina
Temperatura max. con catalizzatore	675°C

Tabella 2 – Impianto di Combustione 2

Impianto 2	5.000 Nmc/h
Portata max. gas trattati	5.000 Nm3/h
Concentrazione SOV max.	20 g/Nm3 (per 5.000 Nm3/h di vapori trattati)
Concentrazione SOV min.	10 g/Nm3
Temperatura max. camera di combustione	820°C;
Temperatura norm. camera di combustione	760°C
Portata max aria di combustione diluizione	5.542 Nm3/h
Tempo di residenza in camera di combustione	> 1 sec.
Temperatura max fumi in uscita	650 °C
Gas di supporto	GPL o Metano
Potenzialità massima del combustore	2.800.000 kcal/h

L'impianto 1 può essere convertito al funzionamento con ossidazione catalitica piuttosto che termica. Il combustore è realizzato in modo da limitare al minimo gli interventi per la trasformazione del combustore termico in catalitico, in particolare sono già predisposti tutti gli attacchi per la strumentazione aggiuntiva e l'alloggiamento del catalizzatore.

Il funzionamento con ossidazione catalitica può risultare vantaggioso se il tenore di composti organici volatili (V.O.C.) nei vapori è dell'ordine di 5-10 g/Nmc; in questo caso, i gas opportunamente diluiti e preriscaldati vengono immessi nella camera di combustione dove vengono ulteriormente riscaldati fino alla temperatura ottimale di funzionamento del catalizzatore, di circa 350-400°C. I gas vengono quindi immessi sul letto di catalisi dove vengono a contatto con il catalizzatore sul quale avviene l'ossidazione.

A protezione del catalizzatore saranno installati una serie di prefiltri intercambiabili, con media filtrante in fibra di cotone e rayon e una serie di filtri multiedri, con media filtrante in carta di fibra di vetro pieghettata.

8.4.2 Caratteristiche delle emissioni al camino

Il processo di combustione dei vapori ha la funzione di ossidare gli idrocarburi, rilasciando in atmosfera fumi con caratteristiche conformi alle normative vigenti.

Verranno inoltre tarati i punti di lavoro per i due impianti, in termini di temperatura di esercizio e di tempo di contatto all'interno della camera di combustione per il rispetto dei seguenti parametri dei fumi in uscita al camino:

▪ Conc. max di Benzene	5	mg/ Nmc
▪ Conc. max di NOx (espressi come biossido di azoto)	500	mg/ Nmc
▪ Conc. max di C.O.T. (espresso come n-esano)	150	mg/Nmc.

In base alla portata media di vapori inviata ai sistemi di trattamento (circa 12000 Nmc/h) le quantità massime emesse sono le seguenti:

▪ Benzene	60	g/ h
▪ NOx (espressi come biossido di azoto)	6	kg/ h
▪ C.O.T. (espresso come n-esano)	1,8	kg/ h.

8.5 Terreni contaminati

Le attività di scavo e smaltimento dei terreni che, a seguito delle indagini di caratterizzazione svolte, sono risultati contaminati negli orizzonti superficiali del sottosuolo:

- da metalli in alcune aree della Raffineria;
- da idrocarburi nell'area esterna (Area Oleodotto ErgMed – Sasol, ex Condea).

Saranno inoltre adeguatamente smaltiti i terreni derivanti dalle perforazioni, per le porzioni che risulteranno contaminate.

Le aree definite sono le seguenti:

- **Area SS1:** area nell'intorno del piezometro P21 immediatamente a monte della Strada 8 (limite nord dell'area omogenea Monte Ferrovia), contaminazione da **mercurio (1 m)**;
- **Area SS2:** area in prossimità della Zona XXXVIII (area omogenea Monte Ferrovia), contaminazione da **zinco** nei sondaggi S104 e S216 (**1 m**), nel sondaggio S217 (**2 m**) e nel sondaggio S218 (**5 m**);
- **Area SS3:** area in prossimità della Strada O1, contaminazione da **mercurio** alla profondità di **1 m** nel sondaggio S126;
- **Area SS4:** area in prossimità del confine ENI - M.M., contaminazione da **mercurio, arsenico (2 m)** nel sondaggio S235 e da **mercurio (1 m)** nel sondaggio S133;
- **Area I54 - Oleodotto ErgMed - Sasol (ex Condea):** area esterna alla Raffineria, unicamente in un tratto di poche decine di metri prossimo al torrente Cantera, contaminazione da **idrocarburi C>12**.

Obiettivo dell'intervento è la bonifica ed il recupero delle aree sopra indicate, attraverso la rimozione, la caratterizzazione ed il conferimento dei materiali contaminati in un impianto di smaltimento autorizzato.

Successivamente sarà ripristinata la morfologia originaria delle aree di intervento

utilizzando, per il riempimento, materiale granulare proveniente da cave di prestito ed, eventualmente, il terreno scavato che le analisi di caratterizzazione indicheranno non contaminato.

L'intervento sarà strutturato nel modo seguente:

- rimozione dei terreni superficiali contaminati individuati nelle fasi di caratterizzazione;
- stoccaggio temporaneo dei terreni rimossi in appositi cassoni scarrabili a tenuta;
- analisi di classificazione ed omologa dei terreni scavati e conferimento dei materiali contaminati presso idoneo impianto di smaltimento autorizzato;
- verifica dell'avvenuto completamento delle operazioni di rimozione mediante analisi di laboratorio sul suolo di fondo scavo (collaudo di fondo scavo);
- ripristino della morfologia originaria delle aree di intervento.

Per ogni area è stato predisposto uno specifico piano, riportato in Appendice VII, contenente le necessarie indicazioni in merito ai limiti dell'area da bonificare, alle installazioni di cantiere, alle procedure di campionamento e verifica del completamento dell'intervento, alle norme di sicurezza per gli operatori.

Si stima nel complesso di rimuovere e smaltire circa 14.000 tonnellate di terreni contaminati da metalli e da idrocarburi.

SEZIONE 9 – PIANO DI MONITORAGGIO DELLE OPERE

In questa sezione sono definiti i controlli da effettuare per la verifica della conduzione delle opere di bonifica e dei relativi effetti nel tempo sul sottosuolo. Per chiarezza espositiva, i controlli sono suddivisi secondo le principali tipologie di opera che saranno realizzate.

9.1 Monitoraggio delle opere

I monitoraggi delle opere sono descritti nei paragrafi seguenti.

9.1.1 *Monitoraggio sistemi di contenimento idraulico*

Il funzionamento delle opere di contenimento idraulico dell'acquifero superficiale è indirizzato al contenimento della falda all'interno della Raffineria: Trincea Vallone della Neve, Barriera Idraulica SG10, Barriera Idraulica SG11, Area ex OXO, Barriera SG13 lato mare.

Viene dunque definito il seguente piano di monitoraggio e campionamento:

- rilievo freaticometrico nei pozzi in pompaggio con frequenza mensile;
- verifica della presenza e dello spessore di idrocarburi surnatanti nei pozzi di pompaggio mediante sonda di interfaccia e ispezione visiva con frequenza settimanale;
- campionamento ed analisi delle acque:
 - frequenza mensile allo scarico,
 - frequenza semestrale per i singoli pozzi;

I parametri da analizzare in laboratorio sono:

- Idrocarburi totali C<12 e C>12;

Campionamento ed analisi del prodotto idrocarburico con cadenza quadrimestrale:

- Curva di distillazione;
- Densità, Viscosità;
- Punto di Ebollizione.

Il monitoraggio dei parametri sopra indicati permetterà di:

- valutare nel tempo la quantità di prodotto petrolifero che viene recuperato dai pozzi;
- valutare l'evoluzione nel tempo della qualità delle acque estratte dai pozzi;
- valutare la quantità di massa fisicamente rimossa dai pozzi installati tramite campionamento delle acque estratte da sottoporre ad analisi di laboratorio;

9.1.2 *Monitoraggio Sistemi SK / SVE / BV*

La valutazione dell'andamento della bonifica sarà effettuata sulla base dei risultati dei campionamenti effettuati sui piezometri costituenti la Rete di Monitoraggio.

La Rete di Monitoraggio sarà costituita dai pozzi di volta in volta attivati sui quali saranno monitorati i seguenti parametri:

- verifica della presenza di idrocarburi surnatanti mediante ispezione visiva con frequenza mensile;
- valutazione nel tempo della quantità di prodotto petrolifero che viene recuperato dai singoli sistemi installati;
- valutazione trimestrale della qualità di prodotto petrolifero che viene recuperato dai singoli sistemi installati;
- valutazione semestrale della qualità delle acque estratte dai singoli sistemi installati (esclusi i sistemi di contenimento trattati nel paragrafo precedente);
- valutazione quindicinale dei vapori estratti dai singoli sistemi installati (misurando le concentrazioni di VOC e la percentuale volumetrica di O₂, CO₂, CH₄);

I parametri da analizzare in laboratorio sono:

- Idrocarburi totali C<12 e C>12;
- Curva di distillazione;
- Densità, Viscosità;
- Punto di Ebollizione.

Il monitoraggio dei parametri sopra indicati permetterà di:

- valutazione della quantità di massa fisicamente rimossa dai singoli sistemi installati tramite campionamento dei vapori, sulla mandata dei sistemi, con fiale a carbone attivo da sottoporre ad analisi di laboratorio;
- valutazione della quantità di contaminante biodegradata per via aerobica, favorita dall'ossigenazione del terreno insaturo indotta dai sistemi di SVE/BV, mediante l'esecuzione di prove respirometriche nella zona vadosa del terreno; le prove respirometriche consistono nella determinazione, dopo lo spegnimento dei sistemi di bonifica cioè dopo avere eliminato le fonti di ossigenazione, della velocità di "consumo" dell'ossigeno nel terreno. Il consumo di ossigeno è imputabile all'attività batterica aerobica di degradazione dei composti organici. Conseguentemente è possibile calcolare la massa di contaminante biodegradata.

Il programma sarà rivisto dopo i primi 12 mesi dall'avviamento dei singoli sistemi.

Nelle seguenti tabelle vengono riportati in dettaglio i controlli che devono essere effettuati:

Tabella 3 – Sistemi di contenimento idraulico (Trincea Vallone della Neve, Barriera Idraulica SG10, Barriera Idraulica SG11, Area ex OXO, Barriera SG13 lato mare)

Periodicità	Attività	Analisi chimiche
Settimanale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misura spessore prodotto surnatante 	
Mensile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misure livelli freaticometrico ▪ Campionamento acque scarico 	TPH C<12 C>12
Trimestrale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Campionamento prodotto 	Curva distillazione Densità, Viscosità Punto di Ebollizione
Semestrale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Campionamento acque pozzi 	TPH C<12 C>12

Tabella 4 – Sistemi SK

Periodicità	Attività	Analisi chimiche
Mensile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misura livelli freaticometrici ▪ Misura spessore prodotto surnatante 	
Trimestrale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Campionamento prodotto SK 	Curva distillazione Densità, Viscosità Punto di Ebollizione
Semestrale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Campionamento acque pozzi SK 	TPH C<12 C>12

Tabella 5 – Sistema SVE

Periodicità	Attività	Analisi chimiche
Quindicinale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misura pressioni / depressioni ▪ Misure di campo vapori estratti 	VOC, O ₂ , CO ₂ , CH ₄
Mensile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Campionamento vapori Fiala AC 	TPH C<12 C>12
Trimestrale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prove Respirometriche 	VOC, O ₂ , CO ₂ , CH ₄

Tabella 6 – Sistema BV

Periodicità	Attività	Analisi chimiche
Quindicinale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misura pressioni 	
Trimestrale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prove Respirometriche 	VOC, O ₂ , CO ₂ , CH ₄

9.1.3
Monitoraggio Oleodotto ErgMed - Sasol

Nel breve tratto dell'Oleodotto ErgMed - Sasol (ex Condea), successivamente allo scavo e smaltimento dei terreni contaminati, si introdurrà un piano di monitoraggio della falda superficiale per verificare gli effetti dei fenomeni di attenuazione spontanea.

Le periodicità dei monitoraggi e le analisi chimiche da realizzare sono sintetizzate nella seguente tabella:

Tabella 7 – Sistema MNA

Periodicità	Attività	Analisi chimiche
Trimestrale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Campionamento acque di falda 	TPH C<12 C>12 TPH C9-C32 FP Nitrati, Solfati, Fosfati, Ferro (II), Manganese (II), Metano, TOC, COD, alcalinità pH, O ₂ disciolto, Redox, conducibilità elettrica, temperatura

9.2 Piano di manutenzione delle opere

9.2.1 *Impianti meccanici ed elettro-strumentali*

Per garantire il corretto funzionamento dei sistemi di bonifica saranno effettuati interventi di manutenzione e controllo sia in corrispondenza dei pozzi di estrazione sia in corrispondenza dei sistemi installati.

La periodicità di massima di tali controlli dovrà essere quindicinale per tutto il periodo di funzionamento degli impianti.

- Nel corso di questi interventi saranno effettuati, come minimo, i seguenti controlli.
- Controllo delle linee idrauliche, pneumatiche ed elettriche;
- Controllo funzionamento pompe installate, eventuale sostituzione fusibili e lampade spia;
- Controllo quadri elettrici, apparecchiature elettromeccaniche, strumenti di misura e dispositivi per la protezione delle pompe;
- Controllo ore di funzionamento delle singole pompe;
- Controllo portate, volumi estratti da ogni singolo pozzo e complessivamente;
- Eventuale regolazione delle portate in funzione dei monitoraggi, del rendimento del sistema;
- Controllo pressione in corrispondenza dei filtri a carbone attivo;
- Controllo funzionamento compressore, interventi di manutenzione ordinaria quindicinale ed eventuali interventi di manutenzione straordinaria;
- Controllo sistema di essiccamento aria;
- Controllo quantità prodotto recuperato nel serbatoio di stoccaggio;
- Controllo delle linee idrauliche, pneumatiche ed elettriche;
- Controllo quadri elettrici, apparecchiature elettromeccaniche, strumenti di misura e dispositivi per la protezione delle pompe;
- Drenaggio dell'acqua che periodicamente si accumula nelle tubazioni, tale inconveniente è minimizzato nell'impianto dall'inserimento di sezioni di spurgo;
- Verifica della depressione in aspirazione ed in mandata al blower; regolare la diluizione con aria ambiente e/o la regolazione delle valvole se necessario;
- Verificare che il separatore delle condense e la pompa di rilancio funzionino correttamente;
- verificare i blowers in base alle indicazioni dl costruttore;
- monitorare le pressioni attraverso le superfici filtranti (ove presenti), pulirle periodicamente.

I principali interventi legati ai sistemi installati saranno come di seguito indicato:

- Soffianti a canale laterale:
Pulizia filtri;

Sostituzione filtri;
Verifica taratura valvole di sicurezza;
Verifica stato cuscinetti / sostituzione

- Gruppo recupero condensa:
Pulizia serbatoi separatori;
Pulizia sensori di livello.
- Filtri a carbone attivo:
Pulizia;
sostituzione periodica carboni attivi

SEZIONE 10 – COLLAUDO DEGLI INTERVENTI

In questa sezione sono definiti i criteri in base ai quali verrà stabilita la sospensione degli interventi descritti nelle sezioni precedenti ed i controlli da effettuare al fine di collaudare gli interventi identificati dal presente progetto.

Per chiarezza espositiva, nella presente sezione i collaudi sono suddivisi secondo le principali tipologie d'intervento.

- escavazione e conferimento a discarica di terreni contaminati;
- interventi di bonifica in situ della zona insatura;
- interventi di contenimento della falda per la messa in sicurezza del sito.

Ogni tipologia di intervento sarà verificata attraverso uno specifico collaudo di seguito descritto.

10.1 Escavazione e conferimento in discarica di terreni contaminati

Per decretare la sospensione dei lavori di scavo, si procederà al campionamento ed all'analisi chimica del terreno sul fondo dello scavo, verificando che le concentrazioni delle sostanze inquinanti non siano superiori a quelle stabilite per un sito ad uso commerciale ed industriale dal D.M. n. 471/99, come descritto in Appendice VII.

I risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni compositi di terreno rappresentativi di un'area di 200 mq saranno confrontati con le concentrazioni massime ammissibili definite dal D.M. n. 471/99. Si porranno le seguenti possibili situazioni.

- se la concentrazione di ciascuna sostanza è inferiore a quella di riferimento, la bonifica dell'area di cui il campione è rappresentativo viene considerata conclusa;
- se la concentrazione di una o più sostanze è superiore a quella di riferimento, si procederà all'approfondimento dello scavo nella relativa area, provvedendo a rimuovere uno spessore di circa 0,5 metri di terreno.

Se il procedimento descritto nel punto precedente sarà ripetuto per 2 volte senza ottenere risultati positivi in termini di concentrazioni di contaminanti, sarà valutato come procedere, in relazione all'approfondimento dello scavo ed alla conseguente possibile instabilità delle pareti di scavo.

Se l'ulteriore scavo non sarà compatibile, si provvederà a sviluppare un'adeguata Analisi di Rischio tesa alla valutazione dell'eventuale livello di rischio per i recettori, come descritto al punto 10.3, relativamente alla presenza di metalli nel terreno.

10.2 Interventi di bonifica in situ della zona insatura

In questo paragrafo vengono indicati i criteri per la sospensione dei singoli interventi di bonifica in situ descritti nel progetto per il risanamento della zona insatura.

Il monitoraggio in corso d'opera permette di determinare, per le singole tecnologie, i valori asintotici di massa rimossa che rappresentano i limiti delle tecnologie

stesse, oltre i quali non risulta efficiente protrarre le azioni. I limiti asintotici delle tecnologie, unitamente all'andamento asintotico dei valori di concentrazione nel sottosuolo determineranno il completamento delle azioni di bonifica e l'accettabilità, in termini di tutela dell'ambiente, delle eventuali concentrazioni residue di idrocarburi nel sottosuolo.

Come indicato nella Sezione 5, gli interventi di bonifica in situ della zona insatura saranno finalizzati a massimizzare la massa di idrocarburi rimossa nell'ambito dell'applicabilità delle singole tecniche proposte e compatibilmente con le attività industriali dello stabilimento.

Per ogni singolo settore o area della raffineria gli interventi verranno sospesi quando sarà accertato il verificarsi delle condizioni di seguito descritte.

10.2.1 *Sistemi di skimming – SK (Single Pump, Dual Pump e Total Fluid)*

Gli skimmer potranno essere disattivati quando i tassi di recupero giungeranno a valori asintotici, nei pozzi non affluirà più il prodotto idrocarburico oppure quando non sarà più possibile recuperarlo per i limiti dei sistemi stessi (film di prodotto con spessori millimetrici). In tali condizioni i costi di gestione non sono giustificati dalla capacità di estrazione degli idrocarburi dal sottosuolo.

10.2.2 *Sistemi Soil Vapour Extraction*

I sistemi SVE saranno disattivati nel momento in cui le concentrazioni di idrocarburi nei gas estratti avranno raggiunto valori asintotici e non si registreranno significativi fenomeni di "rebounding".

In tali condizioni i costi di gestione, in particolare i costi dell'abbattimento termico, non sono giustificati dalla capacità di estrazione degli idrocarburi dal sottosuolo.

10.2.3 *Sistemi Bio Venting*

I sistemi di Bio Venting saranno disattivati quanto le prove respirometriche, periodicamente condotte, segnaleranno l'assenza di una significativa attività biodegradativa in atto associabile all'assenza di sufficiente substrato idrocarburico necessario all'attività dei microrganismi presenti nel terreno.

In tali condizioni i costi di gestione non sono giustificati dalla capacità di degradazione, degli idrocarburi, nel sottosuolo.

10.3 **Interventi di contenimento della falda**

Il funzionamento delle opere di contenimento delle acque di falda per la messa in sicurezza del sito potrà essere arrestato nei settori in cui le concentrazioni degli inquinanti dissolti nelle acque di falda campionate dai pozzi di monitoraggio in prossimità delle opere stesse saranno inferiori ai valori limite stabiliti dalla normativa.

10.4 **Collaudo dell'avvenuta bonifica**

Al fine di procedere al collaudo dell'avvenuta bonifica, dopo essere giunti ai valori asintotici di riferimento per le differenti tecniche implementate in sito, area per area, ed aver proceduto all'escavazione e smaltimento dei terreni contaminati, si

procederà ad effettuare dei carotaggi di collaudo.

Il collaudo delle singole aree oggetto di bonifica verrà quindi effettuato sia col monitoraggio dei parametri di controllo dei sistemi di bonifica descritti nel paragrafo precedente sia mediante realizzazione di specifici sondaggi di collaudo, 6 carotaggi per ettaro di area sottoposta a bonifica.

I terreni saranno campionati ed analizzati per la ricerca delle frazioni idrocarburiche C<12 e C>12, BTEX, IPA e metalli.

La chiusura dell'intervento, per le singole aree, avverrà quando le analisi ottenute sui terreni hanno raggiunto un valore al di sotto dei limiti di riferimento per aree commerciali ed industriali del DM 471/99 o un valore tale da ritenere irrilevante il rischio residuo per l'ambiente e la salute umana.

10.4.1 *Analisi di rischio*

La procedura di analisi di rischio che si utilizzerà sarà impostata sulla metodologia "Risk-Based Approach Applied at a Petroleum Release Site" (RBCA) dell'ASTM ("American Standard for Testing and Materials", ASTM, 1995), successivamente modificata dalla ASTM PS104 a un livello 2 di approfondimento. I composti di interesse saranno gli idrocarburi oggetto dell'intervento di bonifica, considerando accettabile il limite di 1.00E-5.

Laddove necessario a chiusura degli interventi verrà valutata l'opportunità di implementare modelli con una scala di dettaglio maggiore.

10.5 **Monitoraggi post operam**

Sulla base dei risultati analitici del collaudo e di quanto sarà definito dall'eventuale sviluppo dell'analisi di rischio descritta al precedente paragrafo sarà definito un programma dei controlli da eseguire successivamente alla interruzione degli interventi di bonifica ed al collaudo.

I controlli post operam, da eseguire successivamente alla interruzione degli interventi di bonifica, sono finalizzati a verificare il mantenimento di condizioni stabili o di trend migliorativi.

L'eventuale presenza di idrocarburi surnatanti ed il relativo afflusso nei piezometri verrà valutata mediante prove di recupero (bail down test).

Il monitoraggio dei gas interstiziali e le prove respirometriche saranno effettuati nei pozzi di bonifica.

Le verifiche saranno effettuate su base trimestrale per un anno dallo spegnimento dei singoli sistemi.

SEZIONE 11 – PIANO TEMPORALE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

Il dettaglio del piano temporale degli interventi di bonifica descritti nel presente documento, è riportato in Appendice VIII

Attualmente si prevede di sviluppare gli interventi descritti nell'arco di circa sei anni, procedendo in modo integrato nelle differenti fasi di recupero degli idrocarburi dispersi, applicando consequenzialmente le differenti tecniche di Skimming, SVE e Bioventing.

SEZIONE 12 – COSTI DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

Nella tabella seguente sono illustrati i costi relativi agli interventi di bonifica descritti nel presente documento; il dettaglio di tali costi è riportato in Appendice IX.

Tabella 8 – Tabella Riassuntiva Costi Interventi Bonifica

COSTI INTERVENTI BONIFICA		
Progr.	Descrizione	Euro
1	Installazione dei sistemi	7.118.000
1.1	Perforazioni	838.000
1.2	Sistemi di bonifica	715.000
1.3	Meccanico	3.750.000
1.4	Elettro-strumentale	591.000
1.5	Civile	396.000
1.6	Imprevisti	828.000
2	Scavo e smaltimento	1.985.000
3	O&M	4.440.000
4	Consumi elettrici e metano	5.430.000
TOTALE		18.973.000

SEZIONE 13 – CRITERI DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI

Nell'ambito dei lavori di bonifica, dovrà essere adeguatamente affrontato il tema della sicurezza per i lavoratori e per i fruitori delle aree influenzate dal cantiere. Questo potrà avvenire mediante la redazione e l'applicazione di uno specifico documento di valutazione e mitigazione dei rischi.

Il documento recepirà le direttive del D.Lgs. 626/94 e del D.Lgs. 494/96 e s.m.i., ove applicabili, e comprenderà la valutazione dei rischi connessi alle attività da svolgere in sito e la predisposizione di misure di protezione e prevenzione.

Elementi essenziali del piano saranno:

- la definizione di una struttura organizzativa incaricata della valutazione e della gestione della problematica della sicurezza;
- l'individuazione di sistemi di protezione definiti sulla base di una analisi dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori e finalizzati alla minimizzazione di tali rischi;
- la definizione di un protocollo di verifica dell'applicazione delle prescrizioni del piano.

La valutazione dei rischi sarà associata alle specifiche attività svolte in sito, prescrivendo le misure di protezione da attuare per ridurre al minimo il rischio per il personale.

Le attività specifiche previste dal progetto di bonifica saranno, in sintesi, le seguenti:

- scavi e movimenti terra;
- realizzazione pozzi e piezometri;
- montaggi meccanici, idraulici ed elettrici;
- messa in marcia, regolazione e gestione dei sistemi di bonifica;
- realizzazione di prove idrauliche;
- prelievo di campioni di suolo, acqua, gas interstiziale prodotto;
- interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sui sistemi installate;

Queste attività comportano alcuni rischi potenziali, riassunti nella tabella seguente, dove sono indicate anche le azioni di eliminazione o mitigazione di tali rischi. L'elenco è puramente indicativo e non deve essere considerato esaustivo.

Tabella 9 – Rischi, misure di prevenzione e protezione da attuare nelle attività di cantiere

Area di rischio	Rischio	Azioni Preventive
Spazi e ambienti di lavoro	atmosfera contaminata	monitoraggio della qualità dell'aria programma di comunicazione piano di sicurezza dispositivi di protezione individuale (*) proibizione accesso a spazi confinati
	contatto con sostanze nocive	monitoraggio della qualità dell'aria programma di comunicazione piano di sicurezza dispositivi di protezione individuale (*)

SEZIONE 13 – CRITERI DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI

	lavori concomitanti	programma di comunicazione piano di sicurezza delimitazione e segnalazione dell'area di lavoro
	Passaggio automezzi	delimitazione e segnalazione dell'area di lavoro
Scavi e movimenti terra	contatto con sostanze nocive	piano di sicurezza dispositivi di protezione individuale (*)
	Contusioni e schiacciamenti	rispetto delle distanze di manovra delle macchine operatrici protezione degli organi meccanici in movimento segnalazione e delimitazione dell'area di lavoro restrizione di accesso all'area di lavoro
	instabilità degli scavi	sostentamento delle pareti degli scavi divieto di accesso agli scavi non stabilizzati
	cadute accidentali	segnalazione e protezione degli scavi
	Udito	dispositivi di protezione individuale (*)
Realizzazione pozzi e piezometri	contatto con sostanze nocive	piano di sicurezza dispositivi di protezione individuale (*)
	caduta oggetti dall'alto	verifica della efficienza della attrezzatura di perforazione e dei sistemi di sicurezza procedure operative corrette casco di protezione (*) restrizione di accesso all'area di lavoro
	Contusioni e/o schiacciamento degli arti	procedure operative corrette dispositivi di protezione individuale (*) protezione degli organi meccanici in movimento e delle leve di manovra abbigliamento idoneo restrizione di accesso all'area di lavoro
	Udito	dispositivi di protezione individuale (*)
Montaggi meccanici, idraulici ed elettrici	contatto con sostanze nocive	procedure operative corrette piano di sicurezza dispositivi di protezione individuale (*)
	Contusioni e schiacciamenti	rispetto delle distanze di manovra delle macchine operatrici protezione degli organi meccanici in movimento procedure operative corrette dispositivi di protezione individuale (*) abbigliamento idoneo restrizione di accesso all'area di lavoro
	Udito	dispositivi di protezione individuale (*)
Servizi interrati	folgorazione	verifica dei punti di scavo da parte di un responsabile dell'impianto permesso dei lavori di scavo ricerca linee elettriche interrate
	incendio o esplosione	verifica dei punti di scavo da parte di un responsabile dell'impianto permesso dei lavori di scavo ricerca sottoservizi interrati predisposizione mezzi di emergenza
Strumenti di misura e attrezzature di campionamento	contatto con sostanze nocive	dispositivi di protezione individuale (*) procedure operative atte a minimizzare i contatti
	folgorazione	verifica dello stato delle attrezzature, dei cavi e delle connessioni elettriche collegamenti elettrici corretti e adeguatamente dimensionati rete di messa a terra
Impianti elettrici		installazioni a norma di legge effettuate da tecnici abilitati utilizzo di materiali omologati collegamento delle attrezzature alla rete di messa a terra

(*): Tutti i D.P.I. dovranno essere conformi ai disposti di cui al D.Lvo 4/12/92 n°475 e D.Lvo 2/1/97 n°10.

APPENDICE I

**INQUADRAMENTO GEOLOGICO
ED IDROGEOLOGICO**

APPENDICE II

SINTESI DELLA

CONTAMINAZIONE DEL

SOTTOSUOLO

APPENDICE III

**COMPORTAMENTO DEGLI
IDROCARBURI NEL
SOTTOSUOLO**

APPENDICE IV

PROVE PILOTA DI SVE *IN SITU*

APPENDICE V

PROVE DI RECUPERO
IDROCARBURI SURNATANTI

APPENDICE VI

**ANALISI DI RISCHIO SUI
TERRENI PROFONDI IMPATTATI
DA METALLI**

APPENDICE VII

**SCAVO E SMALTIMENTO DEI
TERRENI SUPERFICIALI**

APPENDICE VIII

**PIANO TEMPORALE DEGLI
INTERVENTI DI BONIFICA**

APPENDICE IX

**COSTI DEGLI INTERVENTI DI
BONIFICA**

APPENDICE X

DESCRIZIONE TECNICA
IMPIANTI DI COMBUSTIONE
TERMICA MOBILI

FIGURE