



**INTEGRAZIONE  
ALL'INVESTIGAZIONE INIZIALE  
(D. LGS. 152/06)  
"IN STRALCIO" PER LE AREE  
DELLA NUOVA CENTRALE GTCC  
RAFFINERIA DI CREMONA  
MARZO 2007**

*preparato per*

*TAMOIL RAFFINAZIONE S.p.A.*

**Titolo Progetto:** INDAGINI AMBIENTALI – RAFFINERIA DI CREMONA, MARZO 2007

**Titolo Rapporto:** INTEGRAZIONE ALL'INVESTIGAZIONE INIZIALE (D.Lgs. 152/06) "INSTRALCIO" PER L'AREA DELLA NUOVA CENTRALE GTCC - RAFFINERIA DI CREMONA - MARZO 2007

**N° Progetto:** 43985-824

**Rif. Rapporto:** C:\Documents and Settings\palesina\Desktop\docs MAGGIO 2007\ris\_car\_aree\_GTCC\_mar07\Ind\_aree\_GTCC\_mag07.doc

**Stato:** BOZZA

**Nome del Contatto presso il Cliente:** Ing. Livio Tregattini / Ing. Enrico Gilberti

**Nome della Società Cliente:** TAMOIL RAFFINAZIONE S.p.A.

**Preparato Da:** URS ITALIA S.p.A.

**Percorso di Creazione / Approvazione del Documento**

Versione:	Nome	Firma	Data	Ruolo
Preparato da	Fabio Sepe		26/04/07	Project Geologist
Controllato da	Pierangelo Alesina		30/04/07	Project Manager
Approvato da	Pierangelo Alesina		12/05/07	Project Manager

**Percorso di Revisione del Documento**

Versione	Data	Dettagli delle Revisioni
REV. 00	12/05/07	FINALE

## **LIMITI**

URS ha preparato il presente Rapporto affinché venga usato unicamente da TAMOIL RAFFINAZIONE secondo quanto indicato dal Contratto che regola la prestazione del presente servizio. Nessun'altra garanzia, espressa o implicita, è data sulla consulenza professionale inclusa nel presente Rapporto o su qualsiasi altro servizio da noi fornito. Sul presente Rapporto non dovrà far affidamento nessun'altra parte senza il previo ed espresso accordo scritto di URS. Salvo quanto altrimenti indicato nel presente Rapporto, la valutazione fatta parte dall'assunzione che i siti e le strutture continueranno ad essere utilizzate nel modo presente, senza apportare significativi cambiamenti.

Laddove siano condotte delle indagini sul sito, esse sono limitate al livello di dettaglio richiesto per raggiungere gli obiettivi di servizio indicati. I risultati delle misurazioni possono variare rispetto allo spazio o al tempo e ulteriori misurazioni di conferma devono essere svolte qualora l'uso del presente Rapporto sia ritardato in modo significativo.

## **COPYRIGHT**

© Il presente Rapporto è di proprietà di URS Italia S.p.A. e URS Corporation Limited. Qualsiasi riproduzione non autorizzata o utilizzo da parte di qualsiasi soggetto, al di fuori del suo destinatario, è strettamente proibito.

## INDICE

Sezione	N° di Pag.
<b>1. INFORMAZIONI GENERALI SUL SITO .....</b>	<b>2</b>
1.1. Ubicazione del sito .....	2
1.2. Caratteristiche generali del nuovo impianto in progetto .....	2
1.3. Inquadramento geologico, idrogeologico e ambientale .....	3
<b>2. PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE .....</b>	<b>4</b>
2.1. Descrizione delle indagini pregresse .....	4
2.2. Indagini eseguite nel marzo 2007 .....	4
2.2.1. Impostazione metodologica .....	4
2.2.2. Modalità di esecuzione delle indagini in campo .....	6
2.2.3. Prelievo, conservazione e gestione dei campioni .....	7
2.2.4. Analisi chimiche di laboratorio .....	8
<b>3. RISULTATI .....</b>	<b>10</b>
3.1. Geologia ed idrogeologia locale .....	10
3.2. Qualità dei terreni .....	11
3.3. Qualità delle acque di falda .....	12
<b>4. ANALISI DEI LIVELLI DI CONTAMINAZIONE .....</b>	<b>14</b>
4.1. Sintesi dello stato ambientale del sottosuolo delle aree investigate .....	14
4.2. Modello concettuale .....	15
4.3. Determinazione dei volumi di terreno eccedenti le CSC .....	15
<b>5. INDICAZIONI PER LA BONIFICA DELL'INSATURO .....</b>	<b>17</b>

**TABELLE**

TABELLA 1	Risultati delle analisi chimiche dei terreni
TABELLA 2	Risultati delle analisi chimiche delle acque
TABELLA 3	Georeferenziazione delle aree e dei punti di indagine

**FIGURE**

FIGURA 1	Planimetria con l'ubicazione delle aree destinate alla nuova Centrale
FIGURA 2	Ubicazione indagini
FIGURA 3	Mappa delle isofreatiche al marzo 2007
FIGURA 4	Traccia delle sezioni litostratigrafiche
FIGURA 5	Sezioni litostratigrafiche interpretative
FIGURA 6	Qualità dei terreni dell'orizzonte insaturo
FIGURA 7	Qualità delle acque di falda

**ALLEGATI**

ALLEGATO 1	Stratigrafie
ALLEGATO 2	Fotografie delle cassette catalogatrici
ALLEGATO 3	Certificati analitici di laboratorio
ALLEGATO 4	Copia del Verbale Conferenza di Servizi del 2 marzo 2007
ALLEGATO 5	Copia del Verbale per l'allineamento con ARPA delle metodiche analitiche
ALLEGATO 6	Copia dei Verbali ARPA di prelievo campioni
ALLEGATO 7	Copia del Verbale di apertura dei campioni e assistenza alle analisi
ALLEGATO 8	Descrizione ed analisi preliminare di applicabilità delle tecnologie disponibili allo "stato dell'arte" per la bonifica dell'orizzonte insaturo

## INTRODUZIONE

Il presente rapporto costituisce la Relazione Tecnica Descrittiva delle attività di investigazione eseguite, nel marzo 2007, in attuazione al documento "Integrazione al Piano di Caratterizzazione 'Stralcio' delle aree destinate alla Nuova Centrale GTCC della Raffineria di Cremona" del Febbraio 2007; approvato con prescrizioni nella Conferenza di Servizi del 2 marzo 2007.

Il documento, redatto ai sensi del D.Lgs.152/06, integra le attività ed i risultati relativi alla precedente "Investigazione iniziale in stralcio per l'area della nuova centrale – Raffineria di Cremona" del Febbraio 2006.

In particolare, la caratterizzazione aggiuntiva qui descritta si è resa necessaria per la presenza delle seguenti nuove aree destinate agli impianti della nuova Centrale:

- la porzione Sud dell'area "ex reformer termico" (estensione di circa 2.560 m<sup>2</sup>);
- l'area "natural gas A" (estensione di circa 480 m<sup>2</sup>);
- l'area "control house" (estensione di circa 1.600 m<sup>2</sup>);
- l'area "demi water" (estensione di circa 1.030 m<sup>2</sup>);
- l'area "ammonia storage" (estensione di circa 560 m<sup>2</sup>);
- l'area "air compressor" (estensione di circa 400 m<sup>2</sup>);
- l'area "LPG" (estensione di circa 560 m<sup>2</sup>);
- e l'area "natural gas B" (estensione di circa 440 m<sup>2</sup>);

nonché per la validazione ai sensi del D.Lgs.152/06 dei risultati della precedente indagine eseguita, presso la porzione nord dell'area "ex reformer termico", nel Dicembre 2005.

Si precisa che la denominazione delle aree sopra riportata è puramente indicativa della destinazione impiantistica delle medesime. La collocazione definitiva di alcune apparecchiature di servizio, anche se avverrà all'interno delle aree in oggetto, potrà pertanto non avere corrispondenza con quanto sopra indicato.

La planimetria con l'inquadramento del sito e l'ubicazione delle aree destinate alla nuova Centrale GTCC è presentata in Figura 1.

Secondo quanto concordato con gli Enti, il documento è redatto "in stralcio" rispetto alle altre attività ambientali previste per la Raffineria e risulta pertanto focalizzato alla "restituzione per gli usi legittimi" delle aree destinate alla Centrale GTCC.

## 1. INFORMAZIONI GENERALI SUL SITO

### 1.1. Ubicazione del sito

Le aree oggetto del presente studio sono ubicate all'interno della Raffineria di Cremona di proprietà della Tamoil Raffinazione S.p.A.

### 1.2. Caratteristiche generali del nuovo impianto in progetto

La Raffineria TAMOIL di Cremona intende realizzare, sulle aree oggetto di caratterizzazione del sottosuolo, una nuova Centrale di Cogenerazione della potenza complessiva di 49 MW elettrici.

La Centrale è stata progettata per soddisfare le richieste sia della Raffineria in termini di potenza elettrica e produzione vapore, sia della Rete Locale della Città di Cremona (per ciò che concerne il Vapore adibito al Teleriscaldamento). L'eventuale eccesso di produzione di potenza elettrica alimenterà a Rete Nazionale.

L'alimentazione alla turbina a gas sarà fornita per mezzo di Gas Naturale proveniente dalla Rete Snam, di GPL da Raffineria o da una miscela dei due.

La Centrale di Cogenerazione sarà costituita dai seguenti elementi principali:

- turbina a gas;
- generatore di vapore a recupero;
- caldaia convenzionale;
- turbina a vapore;

e dai sistemi accessori di alimentazione e controllo che comprendono: la sala controllo; le stazioni di alimentazione gas naturale e GPL; l'impianto di produzione dell'acqua demi; l'impianto di produzione dell'aria compressa; gli stoccaggi dell'ammoniaca.

Le aree occupate dagli impianti sopra elencati sono dislocate perlopiù nella porzione centrale e meridionale della Raffineria, corrispondente al nucleo originario dello stabilimento risalente al 1950, ad eccezione di due piccole aree denominate :

- "LPG";
- "natural gas B";

che occupano rispettivamente il settore orientale e settentrionale della Raffineria; di sviluppo più recente.

Le otto nuove aree interessate dalla caratterizzazione integrativa hanno un'estensione complessiva di circa 7.630 m<sup>2</sup>.

### **1.3. Inquadramento geologico, idrogeologico e ambientale**

L'assetto geologico ed idrogeologico regionale è ampiamente trattato nel documento "Studio di Caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera – Raffineria di Cremona" del marzo 2001, di cui si fornisce nel seguito una sintesi per le parti di interesse.

#### Inquadramento litostratigrafico

Le stratigrafie dei sondaggi pregressi evidenziano la presenza nei primi metri superficiali, di una elevata eterogeneità della composizione dei terreni costituiti da sabbie fini o medio-fini, intercalate a limi sabbiosi, sabbie limose e rari livelli sabbioso-ghiaiosi. Inferiormente, sino a circa 10 m da p.c., si incontrano sabbie fini debolmente limose e sabbie medie di colore grigio scuro con intercalazioni marroni, sovrastanti, in alcuni casi, limi sabbiosi o debolmente argillosi.

#### Inquadramento idrogeologico

Da un punto di vista idrogeologico, nei primi metri di profondità è individuabile un acquifero sede della falda libera superficiale, la cui superficie freatica si attesta localmente alla profondità di circa 5,0 – 6,5 m da p.c..

Le linee isofreatiche, desunte sulla base dei rilievi disponibili (Figura 3), si sviluppano principalmente lungo la direttrice E-W, tracciando una direzione di deflusso principale N-S, verso il corso del fiume Po situato ad sud-sud-ovest del sito.

#### Assetto ambientale

Il quadro ambientale evidenzia che in alcuni settori della Raffineria il sottosuolo risulta contaminato da idrocarburi in concentrazioni eccedenti i valori di riferimento (CSC) definiti per le aree industriali dalla normativa vigente (D.Lgs.152/06).

Nei terreni sono risultati valori di concentrazione superiori ai limiti di riferimento soprattutto nella porzione centrale e sud-orientale della Raffineria, più antica dal punto di vista dello sviluppo industriale. La porzione oggetto della presente indagine va a collocarsi in questo quadro d'insieme, nel quale le sostanze più frequentemente rilevate nel terreno sono le miscele di idrocarburi leggere e pesanti e gli idrocarburi aromatici.

Nelle acque sotterranee la contaminazione interessa perlopiù la falda freatica la quale risulta impattata da idrocarburi aromatici, MTBE e miscele di idrocarburi a catena media e lunga.



## 2. PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE

### 2.1. Descrizione delle indagini pregresse

Presso le aree destinate alla realizzazione della nuova Centrale, nel marzo 2001 e dicembre 2005 sono state svolte le seguenti attività:

- perforazione di 7 sondaggi a carotaggio, spinti fino ad una profondità massima di 5 metri da p.c. (denominati S72÷S75 e S101÷S103);
- realizzazione di 2 piezometri, fino ad una profondità massima di 10 metri da p.c. (denominati P15 e P31);
- analisi chimiche di 11 campioni di terreno (S72 prof. 2,8 m, S73 prof. 2,8 m, S74 prof. 0,5 m e 2,5 m, S75 prof. 0,5 m, S101 prof. 2,7 m e 4,5 m, S102 prof. 2,5 m e 4,5 m, S103 prof. 2,5 m e 4,5 m);
- analisi chimiche di 2 campioni di acqua (dai relativi pozzi di monitoraggio P15 e P31).

### 2.2. Indagini eseguite nel marzo 2007

#### 2.2.1. Impostazione metodologica

I punti di indagine sono stati localizzati alla presenza dei tecnici dell'A.R.P.A. di Cremona, secondo una ubicazione sistematica casuale e in accordo con:

- il documento "Integrazione al Piano di Caratterizzazione 'stralcio' delle aree destinate alla Nuova Centrale GTCC della Raffineria di Cremona" redatto da URS Italia nel febbraio 2007 e approvato con prescrizioni nella Conferenza dei Servizi (CdS) del 02/03/07 (copia del verbale della CdS è riportata in Allegato 4);
- e le indicazioni metodologiche riportate nell'Allegato 5 del D.Lgs.152/06.

In particolare sono stati realizzati, presso le otto nuove aree:

- 7 pozzi di monitoraggio delle acque della falda superficiale (denominati AIP1÷AIP7);
- 10 sondaggi a carotaggio continuo (denominati AIS1÷AIS9 e AIS13);
- prelievo di campioni di terreni dai sondaggi (49 campioni);
- prelievo di 5 campioni di acque di falda e rilievi dello spessore di prodotto surnatante dai pozzi di monitoraggio di nuova realizzazione e da quelli già presenti nelle 8 aree in esame;

e, per la validazione dei risultati della precedente indagine del Dicembre 2005 nella porzione nord dell'area "ex reformer termico":

- 3 sondaggi a carotaggio continuo (denominati AIS10÷AIS12);

- prelievo di campioni di terreni dai predetti sondaggi (9 campioni).

L'ubicazione delle indagini eseguite nel marzo 2007 è riportata nella planimetria di Figura 2 unitamente alla localizzazione delle indagini pregresse del marzo 2001 e dicembre 2005.

Un riepilogo delle indagini realizzate e dei campioni prelevati per ciascun punto di indagine, con l'indagine del marzo 2007, viene presentato nella tabella alla pagina seguente.

Sondaggi / Piezometri realizzati nel marzo 2007	Profondità perforazione (m da p.c.)	Campioni di terreno (profondità in m da p.c.)		
AIP1 (sondaggio completato a pozzo di monitoraggio)	10,0	0,8 / 1,5	3 / 3,8	7,0 / 7,5
AIP2 (sondaggio completato a pozzo di monitoraggio)	10,0	1,5 / 2,5	4,5 / 5,5	6,8 / 7,3
AIP3 (sondaggio completato a pozzo di monitoraggio)	10,0	1,5 / 2,5	4 / 4,5	7,0 / 7,5
AIP4 (sondaggio completato a pozzo di monitoraggio)	10,0	1,0 / 1,5	4,5 / 5,0	6,0 / 6,5
AIP5 (sondaggio completato a pozzo di monitoraggio)	8,0	1,2 / 1,6	2,2 / 2,7	3,7 / 4,1
AIP6 (sondaggio completato a pozzo di monitoraggio)	10,0	1,5 / 2,5	3,5 / 4,5	5,5 / 6,5
AIP7 (sondaggio completato a pozzo di monitoraggio)	10,0	4,0 / 4,5	n.c.*	n.c.*
AIS1 (sondaggio)	6,5	1,0 / 2,0	3,0 / 4,0	6,0 / 6,4
AIS2 (sondaggio)	6,5	0,5 / 1,5	2,0 / 3,0	5,5 / 6,0
AIS3 (sondaggio)	7,0	1,0 / 1,5	3,5 / 4,5	6,5 / 7,0
AIS4 (sondaggio)	6,0	2,5 / 3,0	4,0 / 5,0	5,5 / 6,0
AIS5 (sondaggio)	7,5	1,0 / 1,5	4,5 / 5,5	6,5 / 7,2
AIS6 (sondaggio)	7,5	1,5 / 2,5	4,5 / 5,5	7,0 / 7,5
AIS7 (sondaggio)	7,5	1,0 / 1,5	4,0 / 4,5	6,5 / 7,0
AIS8 (sondaggio)	6,5	1,0 / 1,5	4,5 / 5,0	5,5 / 6,0
AIS9 (sondaggio)	6,0	1,2 / 1,5	3,5 / 4,5	5,5 / 6,0
AIS10 (sondaggio)	6,5	1,7 / 2,2	4,0 / 4,5	6,0 / 6,5
AIS11 (sondaggio)	6,5	1,0 / 1,5	4,0 / 4,5	6,0 / 6,5

AIS12 (sondaggio)	6,4	1,6 / 2,2	3,5 / 4,3	6,0 / 6,4
AIS13 (sondaggio)	7,0	1,5 / 2,5	4,0 / 5,0	6,0 / 6,5

*n.c.\* = campione non prelevato ( in accordo con ARPA) per la presenza di falda a circa a 4,5 m dal p.c..*

## 2.2.2. Modalità di esecuzione delle indagini in campo

Le perforazioni sono state condotte con tecnica a rotazione a carotaggio continuo, senza l'impiego di fluidi nell'intervallo non interessato dalla presenza della falda acquifera, impiegando un carotiere del diametro di 130 mm e tubazioni di rivestimento provvisorio di 152 mm.

Dopo l'estrazione tramite percussione dal carotiere, le carote di terreno sono state riposte in apposite cassette catalogatrici ricoverate in sito a disposizione della Committente. Il tecnico URS per ciascuna verticale di sondaggio, ha provveduto a redigere la stratigrafia dei terreni attraversati.

Oltre ad un rapido esame organolettico, sui terreni prelevati nell'ordine di circa 1 ogni metro, è stata effettuata l'analisi dello spazio di testa (Head Space Analysis) con fotoionizzatore portatile, per l'individuazione di eventuali livelli contaminati da sostanze volatili. Secondo le indicazioni emerse è stato quindi effettuato il prelievo di un massimo di 3 campioni di terreno per ciascuna verticale.

Per ciascuna perforazione è stata raggiunta la frangia capillare del livello freatico (attestata tra 5 e 6,5 m da p.c.) per i sondaggi e la quota di 10 m da p.c. per tutti i piezometri tranne per l'AIP5 (8 m, in virtù del livello localmente più elevato della falda). I fori di sondaggio sono stati ritombati con materiale di risulta e sigillati con boiaccia cementizia.

Per i piezometri di monitoraggio, completati con un tratto cieco da piano campagna fino a 4 m da p.c. (2 m per l'AIP5) e fenestrato a seguire, sono stati utilizzati tubi in PVC del diametro di 3" dotati di tappo di testa e di fondo. Nello spazio anulare interposto tra la tubazione fenestrata e il foro di sondaggio, partendo da fondo foro fino a circa 1,0 m da p.c. sopra al tratto filtrante, è stato posizionato un dreno artificiale costituito da ghiaietto siliceo, lavato e naturalmente arrotondato. Il rimanente tratto cieco è stato isolato con un tappo in boiaccia bentonitica e riempito con materiale granulare. La porzione superficiale del pozzo è stata cementata per impedire l'infiltrazione di acqua dalla superficie. A protezione della testa di ciascun pozzo, è stato posizionato un chiusino fuori terra (o carrabile ove ritenuto necessario) in lamiera predisposto per la chiusura con lucchetto.

Al termine dell'installazione, tutti i piezometri di monitoraggio di nuova realizzazione sono stati sviluppati tramite elettropompa sommersa fino alla completa chiarificazione delle acque emunte (fatta eccezione per i piezometri nei quali è stata riscontrata la presenza di prodotto surnatante).

In corrispondenza dei punti di sondaggio e degli estremi delle aree caratterizzate è stata condotto un rilievo con GPS differenziale per la determinazione delle coordinate

georeferenziate. In corrispondenza di ciascuno dei pozzi di monitoraggio, oltre alle coordinate x e y è stata rilevata quota relativa della testa pozzo.

Tutte le cassette catalogatrici formate, sono state identificate (cantiere, numero di progetto, numero del sondaggio, data e intervallo di perforazione), fotografate e stoccate in area indicata dalla Committente.

Le descrizioni stratigrafiche sono raccolte in Allegato 1, mentre le fotografie delle cassette catalogatrici sono riportate in Allegato 2.

I risultati delle attività di georeferenziazione delle aree e dei punti di indagine sono riportati in Tabella 3.

### **2.2.3. Prelievo, conservazione e gestione dei campioni**

Per il campionamento dei terreni, la carota estratta da ogni manovra di carotaggio è stata decorticata, descritta ed esaminata. Il prelievo è stato effettuato in corrispondenza degli intervalli che dall'analisi dello spazio di testa sono risultati interessati da condizioni anomale e per ogni intervallo è stato realizzato un campione composito.

Il terreno è stato prelevato dal centro della carota, utilizzando una spatola in acciaio inox opportunamente decontaminata dopo ogni singola operazione. Il tecnico incaricato dei campionamenti ha effettuato tutte le operazioni indossando guanti monouso che ha provveduto a sostituire dopo ogni singola operazione di campionamento. Le operazioni di campionamento sono state condotte su superfici opportunamente isolate con fogli in polietilene.

Il terreno così prelevato è stato immediatamente riposto in appositi contenitori in vetro con tappo a tenuta. Ogni contenitore a sua volta è stato contrassegnato con un codice identificativo, la data di prelievo, ed è stato sigillato e controfirmato dal tecnico rappresentante la Committente e dal tecnico dell'A.R.P.A. di Cremona.

Per ogni intervallo campionato sono state formate due aliquote di cui:

- una è stata trattenuta dal tecnico URS ed inviata al laboratorio per le analisi chimiche;
- una è stata trattenuta dal tecnico dell'A.R.P.A. di Cremona e consegnata al proprio laboratorio.

I campioni selezionati per le analisi chimiche sono stati conservati a bassa temperatura in appositi frigoriferi portatili fino alla consegna al laboratorio.

Per poter realizzare il campionamento delle acque di falda, nella giornata precedente al campionamento stesso, è stato effettuato uno spurgo mediante pompa sommersa, con estrazione di un quantitativo di acqua pari ad almeno tre volte il volume saturo del pozzo di monitoraggio.

Prima delle operazioni di campionamento delle acque, è stato effettuato il rilievo delle misure freatiche. Successivamente, previo utilizzo di un campionatore monouso (bailer), si è constatata la presenza in falda di prodotto surnatante (LNAPL) nei

piezometri AIP1, AIP6 e P16; in accordo con i tecnici rappresentanti gli Enti di controllo si è pertanto deciso di non effettuare il campionamento.

Al termine delle operazioni di cantiere, dopo ogni giornata, è stato redatto un verbale di campionamento in duplice copia, firmato da entrambe le parti (le copie dei verbali ARPA di prelievo campioni sono riportate in Allegato 6).

#### **2.2.4. Analisi chimiche di laboratorio**

Le analisi chimiche di laboratorio sono state eseguite dal laboratorio SOPRA di Milano, accreditato SINAL.

I campioni di terreni destinati all'analisi dei composti volatili sono stati aperti alla presenza dei tecnici del laboratorio ARPA di Cremona. La copia del verbale di apertura dei campioni e di assistenza alle analisi è riportata in Allegato 7.

Su un totale di 58 campioni di terreno è stato realizzato il seguente programma analitico:

- idrocarburi alifatici (C>12 e C≤12);
- idrocarburi aromatici (BTEX);
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA – lista D.Lgs.152/06);
- MTBE;
- Metalli (Cd, Fe, Pb, Mn e V).

Per i 5 campioni di acque di falda invece, è stato adottato il seguente programma:

- idrocarburi alifatici (n-esano);
- idrocarburi aromatici (BTEX);
- MTBE;
- Metalli (Cd, Fe, Pb, Mn e V);
- Composti alifatici clorurati (cancerogeni e non cancerogeni – lista D.Lgs.152/06).

Le analisi sono state effettuate utilizzando le metodiche analitiche concordate con l'A.R.P.A. di Cremona nella riunione del 12 settembre 2005, riepilogate nel seguito:

- per l'analisi dei terreni

- il parametro "idrocarburi alifatici" è stato determinato con tecnica gascromatografica per spazio di testa per gli idrocarburi C>12 e con tecnica FT-IR per gli idrocarburi C<12, sulla frazione granulometrica del prodotto secco;
- il parametro "BTEX" è stato analizzato mediante tecnica gascromatografica per spazio di testa;

- il parametro "IPA" è stato analizzato mediante tecnica GC-MS e con tecnica HPLC da parte dell'A.R.P.A;

- per l'analisi delle acque sotterranee

- il parametro "idrocarburi totali" è stato determinato con tecnica gascromatografica con Purge and Trap (met. EPA 5030) per gli Idrocarburi C<12, mentre si è utilizzata la tecnica FT-IR per la determinazione degli Idrocarburi totali (met. APAT IRSA 2003, estrazione in Freon, standard binario);
- il parametro "BTEX + MTBE" e "composti organici alogenati cancerogeni" sono stati analizzati mediante tecnica gascromatografica Purge and Trap (met. EPA 5030); mentre l'Arpa per i composti organici clorurati ha impiegato la tecnica SPME con analisi in GC – ECD (met. EPA 524.2);
- il parametro "IPA" è stato analizzato mediante tecnica GC – MS (met. EPA 3510+EPA 8270, estrazione liquido-liquido in cloruro di metilene) e con tecnica HPLC da parte dell'Arpa (met. interno);
- i parametri Ferro, Vanadio, Cadmio, Piombo e Manganese" sono stati analizzati mediante tecnica ICP – OES per quanto riguarda Fe, Mn e V e con tecnica GFAAS per i metalli Cd e Pb; per Fe e Mn sono stati determinati solo i metalli disciolti.

La copia del verbale per l'allineamento delle metodiche analitiche tra il laboratorio ARPA ed il laboratorio SOPRA di Milano è riportata in Allegato 5.

Tutte le analisi sono state realizzate adottando metodologie in linea con le indicazioni del D.Lgs. 152/06, anche per quanto concerne i limiti di rilevabilità.

### 3. RISULTATI

#### 3.1. Geologia ed idrogeologia locale

L'analisi dei risultati ottenuti dalle investigazioni realizzate presso il sito ha consentito di formulare un quadro geologico-stratigrafico in linea con le precedenti indagini del 2001 e 2005.

In tutti i sondaggi realizzati, le evidenze stratigrafiche confermano la presenza di materiale di riporto, per uno spessore di circa 1 metro, distinguibile in due intervalli, uno sovrastante, costituito da terreni inconsistenti quali sabbie grossolane e ghiaie, e uno sottostante, costituito prevalentemente da limo sabbioso consistente.

Al di sotto del riporto, ad una profondità di circa 1,0 - 2,0 m da p.c. e per tutta l'estensione delle colonne stratigrafiche esaminate (7,5 m nei sondaggi e 10,0 m nei piezometri), si attesta un intervallo costituito principalmente da sabbia fine in alternanza a rari intervalli limosi.

Facendo riferimento alle stratigrafie rilevate durante le perforazioni e a quelle pregresse, sono state tracciate 3 sezioni litostratigrafiche (Cfr. Figure 4 e 5), una lungo la direttrice NW-SE e due lungo la direttrice NNE-SSW, mediante la quale le aree indagate possono essere schematizzate come segue:

Intervallo (m da p.c.)	Stratigrafia
0,0 ÷ 0,6/1,5	Terreno di riporto costituito da ghiaia e sabbia limosi con ciottoli, insaturo, inodore, inconsistente e di colore marrone grigiastro. In AIP1 è presente una soletta in calcestruzzo a circa 2 m di profondità.
0,6/1,5 ÷ 2,0/2,5	Terreno di riporto costituito da limo grigio-azzurro, da debolmente sabbioso a sabbioso, debolmente argilloso in rari intervalli, insaturo, prevalentemente consistente.
2,0/2,5 ÷ fondo foro	Sabbia fine grigia, da limosa a debolmente limosa, inconsistente, insatura fino a circa 6,0 m da p.c..

La falda superficiale, sulla base dei rilievi piezometrici eseguiti in occasione dell'indagine, risulta attestarsi ad una profondità variabile da un minimo di 3,95 metri dal p.c. (nel pozzo di monitoraggio AIP5) ad una massimo di 7,50 metri dal p.c. (nel pozzo di monitoraggio AIP3). La direzione del flusso di falda è verso SSW.

La mappa con la morfologia della superficie piezometrica, ricostruita sulla base dei rilievi del marzo 2007, è riportata in Figura 3.

### 3.2. Qualità dei terreni

Le analisi chimiche eseguite su 58 campioni di terreno, prelevati nell'orizzonte insaturo, hanno evidenziato superamenti dei valori di riferimento (CSC) definiti dal D.Lgs.152/06 in Tabella 1, Allegato 5 alla Parte IV per siti ad uso industriale (Colonna B) per i seguenti parametri:

Benzene	rilevato in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 2 mg/kg in 12 campioni (provenienti da 10 sondaggi diversi) di cui 9 prelevati a profondità che vanno da 6,0 a 7,0 m circa da p.c.. La concentrazione massima di 128 mg/kg è stata rilevata nel campione AIS3(6,5-7,0).
Etilbenzene	rilevato in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 50 mg/kg nel campione AIS3(6,5-7,0) con una concentrazione di 167 mg/kg e nel campione AIP1(7,0-7,5) con una concentrazione di 66,4 mg/kg.
Toluene	rilevato in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 50 mg/kg nel campione AIS3(6,5-7,0) con una concentrazione di 132 mg/kg.
Xilene	rilevato in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 50 mg/kg in 10 campioni (8 sondaggi), tutti a partire da una profondità di 5,5 m dal p.c.. La concentrazione massima di 216 mg/kg è stata rilevata nel campione AIS1(6,0-6,4).
Idrocarburi leggeri C $\leq$ 12	rilevati in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 250 mg/kg in 14 campioni (11 sondaggi). La concentrazione massima di 19329 mg/kg è stata rilevata nel campione AIS1(6,0-6,4).
Idrocarburi pesanti C $>$ 12	rilevati in eccedenza rispetto ai limiti di riferimento di 750 mg/kg in 14 campioni (12 sondaggi). La concentrazione massima di 39601 mg/kg è stata rilevata nel campione AIS1(6,0-6,4).

I risultati delle analisi chimiche sui campioni di terreni sono riepilogati in Tabella 1 e presentati nella planimetria di Figura 6.

I certificati analitici di laboratorio sono riportati in Allegato 3.



### 3.3. Qualità delle acque di falda

Le analisi chimiche eseguite sui 5 campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri AIP2, AIP3, AIP4, AIP5 e AIP7 hanno evidenziato superamenti dei valori di riferimento (CSC) definiti dal D.Lgs. 152/06 in Tabella 2, Allegato 5 alla Parte IV per i seguenti parametri:

Metalli	<p>il Ferro eccede il limite di riferimento di 200 µg/l in tutti 5 i campioni prelevati.</p> <p>il Manganese presenta concentrazioni superiori al limite di riferimento di 50 µg/l in tutti 5 i campioni analizzati.</p> <p>il Piombo eccede il limite di riferimento di 10 µg/l nel AIP3 e AIP7 (rispettivamente con 18 e 30 µg/l).</p>
Benzene	rilevato in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 1 µg/l nel campione AIP2 (1678 µg/l), nel campione AIP3 (316 µg/l) e nel campione AIP4 (107 µg/l).
Toluene	rilevato in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 15 µg/l nel campione AIP2 (17,2 µg/l) e nel campione AIP3 (106 µg/l).
Xilene	rilevato in eccedenza rispetto al limite di riferimento di 10 µg/l nel campione AIP2 (1022 µg/l), nel campione AIP3 (174 µg/l) e nel campione AIP4 (21,6 µg/l).
Alifatici clorurati Cancerogeni	nei campioni analizzati, le concentrazioni sono risultate inferiori ai limiti di riferimento.
Alifatici clorurati NON cancerogeni	sono state rilevate concentrazioni di 1,2 dicloroetilene eccedenti il limite di riferimento 60 µg/l nei piezometri AIP2 (94 µg/l), AIP3 (130 µg/l) e AIP4 (108 µg/l).
Idrocarburi totali	sono state rilevate concentrazioni eccedenti il limite di riferimento 350 µg/l nei piezometri AIP2 (2310 µg/l) e AIP3 (1840 µg/l).
Composti non normati	sono state rilevate concentrazioni di MTBE eccedenti il valore guida di 40 µg/l, indicato dal I.S.S. con parere del 9 febbraio 2007, nei campioni dei piezometri AIP2 (35587 µg/l), AIP3 (3664 µg/l) e AIP4 (1530 µg/l).

Si evidenzia che, in accordo con i tecnici A.R.P.A. Dip. di Cremona, le acque di falda dei nuovi piezometri AIP1 e AIP6 nonché del pozzo di monitoraggio esistente P16 non sono state prelevate in quanto è stata rilevata la presenza di prodotto surnatante (LNAPL) con spessori fino a 70 cm.

I risultati delle analisi chimiche sui campioni di acque sono riepilogati in Tabella 2 e presentati nella planimetria di Figura 7.

I certificati analitici di laboratorio sono riportati in Allegato 3.

## 4. ANALISI DEI LIVELLI DI CONTAMINAZIONE

### 4.1. Sintesi dello stato ambientale del sottosuolo delle aree investigate

Le indagini eseguite hanno permesso di individuare, nei terreni, una contaminazione da idrocarburi aromatici (BTEX) e alifatici (idrocarburi C>12 e C<12) in sei delle otto aree sottoposte ad indagine.

La contaminazione rilevata nei terreni attraverso le analisi chimiche di laboratorio appare concentrata nel livello oscillazione periodica della falda (la cosiddetta "smearing zone"). Per contro, l'esame effettuato in campo mediante fotoionizzatore portatile (PID) con la tecnica dello spazio di testa ha evidenziato la presenza di Composti Organici Volatili in quasi tutti i campioni esaminati a partire dal primo metro superficiale; verosimilmente originati dagli orizzonti contaminati più profondi.

In particolare trattasi delle aree:

- porzione Sud dell'area "ex reformer termico";
- l'area "natural gas A";
- l'area "control house";
- l'area "demi water";
- l'area "ammonia storage";
- l'area "air compressor".

mente le aree "LPG" e "Natural Gas B" risultano esenti da contaminazione.

Le medesime aree interessate da contaminazione nei terreni presentano condizioni di degrado per le acque di falda. Infatti, è stata riscontrata la presenza di prodotto surnatante nel pozzo di monitoraggio AIP1 (ubicato nella porzione Sud dell'area "ex reformer termico"), nel pozzo di monitoraggio AIP6 (in area "air compressor") e nel pozzo di monitoraggio P16 (in area "natural gas A") mentre le acque dei pozzi di monitoraggio AIP2, AIP3 e AIP4 hanno evidenziato una contaminazione da metalli (Ferro, Manganese e in due casi Piombo), Composti Organici Aromatici, Idrocarburi alifatici, MTBE e 1,2-dicloroetilene Clorurati non cancerogeni, Idrocarburi Totali e MTBE.

I pozzi di monitoraggio AIP5 e AIP7 nelle aree "LPG" e "Natural Gas B" registrano invece unicamente la presenza di Ferro, Manganese e Piombo; a conferma della assenza di impatti significativi di contaminazione in dette porzioni della Raffineria.

## 4.2. Modello concettuale

Il sottosuolo delle aree destinate alla nuova Centrale è caratterizzato, nei metri superficiali, da una successione litologica costituita da intervalli a permeabilità media (limo sabbioso) e medio – alta (sabbia debolmente limosa); la superficie piezometrica si attesta indicativamente ad una soggiacenza variabile da 5,5 a 6,5 m di profondità dal piano campagna.

L'assenza di uno strato impermeabile superiore rende l'acquifero superficiale vulnerabile a fenomeni di diffusione dei contaminanti; le investigazioni eseguite hanno evidenziato infatti la presenza di idrocarburi nelle acque di falda e nei terreni della "smearing zone".

La distribuzione dei contaminanti e le caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, indicano che i principali meccanismi di veicolazione dei contaminanti sono stati i seguenti:

- dispersioni da strutture e infrastrutture,
- migrazione attraverso infiltrazione superficiale nel mezzo insaturo di eventuali spill accidentali di sostanze utilizzate nei cicli produttivi.

L'oscillazione stagionale del livello freaticometrico può essere considerata come una delle cause di contaminazione dei livelli insaturi più profondi e della frangia capillare.

## 4.3. Determinazione dei volumi di terreno eccedenti le CSC

Premesso che:

- ai sensi del D.Lgs. 152/06, un sito è definito come contaminato solo quando sono superate le concentrazioni soglia di rischio (CSR), determinabili con una procedura di analisi di rischio sito specifica eseguita secondo i principi illustrati in Allegato 1 al D.Lgs medesimo;
- e che per la Raffineria di Cremona dette CSR non sono state ancora definite;

nel presente paragrafo vengono determinati, in via preliminare per le aree indagate, i volumi di terreno "potenzialmente contaminati" con riferimento alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) riportate nella Colonna B della Tabella 1, Allegato 5 alla Parte IV del D.Lgs. 152/06.

La determinazione dei volumi di terreno potenzialmente contaminato, ovvero dei volumi di terreno con superamenti delle CSC è stata basata sui risultati analitici relativi alle indagini attuali del marzo 2007.

Con tale ipotesi, il volume totale di terreno potenzialmente contaminato sottostante le nuove aree oggetto di caratterizzazione risulta essere pari a circa 12.500 m<sup>3</sup>. A questo volume vanno aggiunti i 15.000 m<sup>3</sup> precedentemente definiti per porzione nord dell'area "ex reformer termico", caratterizzata nel Dicembre 2005.

La tabella di seguito presenta il riepilogo dei volumi di terreno potenzialmente contaminato stimati all'interno dell'orizzonte insaturo per le aree destinate alla nuova Centrale GTCC.

**AREE CARATTERIZZATE NEL MARZO 2007**

Area Denominazione	Superficie m <sup>2</sup>	Livello insaturo contaminato			Volume Corrispondente (m <sup>3</sup> )
		da * m	a ** m	spessore m	
porzione Sud "ex reformer termico"	2.560	5,5	7,5	2,0	5.120
"natural gas A"	480	3,5	7,0	3,5	1.680
"control house"	1.600	6,5	7,2	0,7	1.120
"demi water"	1030	4,0	7,5	3,5	3.605
"ammonia storage"	560	4,0	5,0	1,0	560
"air compressor"	400	5,5	6,5	1,0	400
"LPG"	560	-	-	0,0	0
"natural gas B"	440	-	-	0,0	0
<b>Subtotale (m<sup>3</sup> arrotondati)</b>					<b>12.500</b>

\* profondità primo campione con concentrazioni eccedenti CSC

\*\* profondità ultimo campione con concentrazioni eccedenti CSC

**AREE CARATTERIZZATE NEL DICEMBRE 2005**

Area Denominazione	superficie impattata m <sup>2</sup>	Livello insaturo contaminato			Volume Corrispondente (m <sup>3</sup> )
		da * m	a ** m	spessore m	
porzione Nord "ex reformer termico"	3.000	-	-	5,0	15.000
<b>Subtotale (m<sup>3</sup>)</b>					<b>15.000</b>

**TOTALE aree destinate alla nuova Centrale GTCC (m<sup>3</sup>)**

**27.500**

## 5. INDICAZIONI PER LA BONIFICA DELL'INSATURO

In questa sezione vengono fornite le linee di intervento per la bonifica dell'insaturo nell'area destinata alla realizzazione della nuova Centrale, nell'ipotesi di operare in "stralcio" rispetto ad altri interventi ambientali eventualmente previsti per le restanti aree della Raffineria.

Le linee di intervento sono state definite considerando la tipologia di inquinanti rinvenuti nel sottosuolo, le caratteristiche litostratigrafiche dell'area nonché i volumi verosimilmente interessati dagli interventi.

In base a quanto esposto nel presente documento e ad una analisi preliminare delle tecnologie (riportata in Allegato 8), si può ritenere applicabile:

- un intervento di scavo e smaltimento limitato ai primi metri del terreno insaturo o semplicemente alla parte interessata dalle opere di fondazione necessarie per il nuovo impianto (da p.c. fino a circa  $-2\div 3$  m da p.c.);
- ed un trattamento con tecniche in situ e/o on site di bioremediation da operare sulle porzioni sottostanti, prevalentemente sabbiose (da  $-2\div 3$  m fino a  $-6\div 7$  m dal p.c.).

Per gli orizzonti sabbiosi posti da  $-2\div 3$  m fino a  $-6\div 7$  m dal p.c., la presenza contemporanea di BTEX, Idrocarburi leggeri e Idrocarburi pesanti suggerisce l'utilizzo di tecnologie combinate volte a:

- lo strippaggio dei contaminanti volatili;
- la stimolazione dei naturali processi di biodegradazione dei contaminanti.

Fra le tecnologie di bonifica del sottosuolo, la combinazione Soil Vapour Extraction – Bioventing è sicuramente una tra le più indicate per il recupero e la successiva biodegradazione dei contaminanti organici nella zona insatura.

# FIGURE

# TABELLE



# ALLEGATI

# ALLEGATO 1

## Stratigrafie

## ALLEGATO 2

### Fotografie delle cassette catalogatrici

## ALLEGATO 3

### Certificati analitici di laboratorio

## ALLEGATO 4

Copia del Verbale Conferenza di Servizi del 02/03/07

## ALLEGATO 5

Copia del Verbale per l'allineamento con ARPA delle  
metodiche analitiche

## ALLEGATO 6

Copia dei Verbali ARPA di prelievo campioni

## ALLEGATO 7

Copia del Verbale di apertura dei campioni e assistenza  
alle analisi



## ALLEGATO 8

Descrizione ed analisi preliminare di applicabilità delle tecnologie disponibili allo “stato dell’arte” per la bonifica dell’orizzonte insaturo