



ENVIRONMENTAL DIVISION

**Per**  
**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**

**PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA**  
**DELLA FALDA CONFINATA**  
**AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E S.M.I.**

**Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A**

# INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
1.1	PREMESSA .....	5
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	9
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>ATTIVITÀ DI INDAGINE AMBIENTALE CONDOTTE SUL SITO .....</b>	<b>13</b>
4.1	ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE (2002).....	13
4.2	ATTIVITÀ INTEGRATIVE DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE (2003) .....	13
4.3	CAMPAGNE PERIODICHE DI MONITORAGGIO DELLA FALDA CONFINATA (2004 – 2008).....	14
4.4	MONITORAGGI PIEZOMETRICI - SETTORE NORD (2005 – 2008) .....	16
4.5	ATTIVITÀ DI INDAGINE PROPEDEUTICHE ALLA REDAZIONE DEL PROGETTO DI BONIFICA (2006).....	17
4.5.1	<i>Attenuazione naturale</i> .....	18
4.5.2	<i>Bioremediation assistita</i> .....	18
4.5.3	<i>Campionamento multiprofondità del piezometro PZPBA020</i> .....	21
4.6	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI INDAGINE ESEGUITE (2002 – 2008) .....	21
4.7	VALIDAZIONE DEI RISULTATI ANALITICI DA PARTE DI ARPA .....	21
<b>5</b>	<b>MODELLO CONCETTUALE DEL SITO .....</b>	<b>23</b>
5.1	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL' AREA .....	23
5.2	STATO QUALITATIVO DELL' ACQUIFERO OSPITANTE LA FALDA CONFINATA .....	27
5.3	PRINCIPALI PROPRIETÀ DELLE SOSTANZE RILEVATE .....	30
<b>6</b>	<b>OBIETTIVI DI QUALITÀ PER LA FALDA CONFINATA.....</b>	<b>33</b>

<b>7</b>	<b>STATO DI CONTAMINAZIONE DELLA FALDA CONFINATA ALLA LUCE DELLE CSR INDIVIDUATE.....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>TECNOLOGIA DI BONIFICA SELEZIONATA.....</b>	<b>36</b>
8.1	BIOREMEDIATION ASSISTITA.....	36
8.1.1	<i>Descrizione dei processi .....</i>	<i>36</i>
8.1.2	<i>Modalità di applicazione degli ORC.....</i>	<i>36</i>
<b>9</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI BONIFICA .....</b>	<b>38</b>
9.1	BIOREMEDIATION ASSISTITA.....	38
9.2	REALIZZAZIONE E MONITORAGGIO DEL PRIMO MODULO DEI SISTEMI DI BONIFICA .....	41
<b>10</b>	<b>MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA DELLA BONIFICA .....</b>	<b>44</b>
10.1	MONITORAGGIO DELLA PERFORMANCE DEI SISTEMI DI BIOREMEDIATION ASSISTITA.....	44
10.2	MONITORAGGIO DELLO STATO DI AVANZAMENTO DELLA BONIFICA .....	45
10.2.1	<i>Criteria di verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica.....</i>	<i>47</i>
10.3	GESTIONE ACQUE DI SPURGO E ALIQUOTE DI CAMPIONAMENTO NON UTILIZZATE.....	48
10.4	REPORTISTICA .....	48
<b>11</b>	<b>VERIFICA DI STABILITÀ DELLE CONDIZIONI DI CONFORMITÀ DELLE ACQUE DELLA FALDA CONFINATA.....</b>	<b>49</b>
11.1	CRITERI DI VERIFICA DEL PERMANERE DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA.....	52
11.2	GESTIONE ACQUE DI SPURGO E ALIQUOTE DI CAMPIONAMENTO NON UTILIZZATE.....	53
11.3	REPORTISTICA .....	53
11.4	DISMISSIONE DI PIEZOMETRI ANOMALI.....	53
<b>12</b>	<b>CRITERI DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI E DELLA POPOLAZIONE E COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI ....</b>	<b>54</b>
<b>13</b>	<b>TEMPISTICA DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>56</b>
<b>14</b>	<b>COMPUTO METRICO ESTIMATIVO .....</b>	<b>58</b>

## ALLEGATI

ALLEGATO 1: Ubicazione dei piezometri in falda confinata .....	59
ALLEGATO 2: Tabulato piezometri di monitoraggio acque sotterranee e piezometria della falda confinata - Giugno 2008 (estratto dal Report di monitoraggio piezometrico Gennaio – Giugno 2008, FWIENV Giugno 2008).....	60
ALLEGATO 3: Stato qualitativo della matrice falda confinata alla luce delle CSR calcolate .....	62
ALLEGATO 4: Dimensionamento dei sistemi di bonifica .....	63
ALLEGATO 5: Piezometri di monitoraggio della qualità delle acque di falda .....	64
ALLEGATO 6: Piezometria della falda confinata (febbraio 2008) – Estratto dal documento “Campagna di monitoraggio della acque della falda confinata”, FWIENV, febbraio 2008 .....	65
ALLEGATO 7: Cronogramma delle attività di bonifica .....	66
ALLEGATO 8: Computo metrico estimativo .....	67

## APPENDICI

APPENDICE 1: Sintesi delle attività di indagine ambientale condotte sul sito (2002 – 2008) .....	68
APPENDICE 2: Analisi di Rischio sulla falda confinata ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.....	69

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa

Le Società coinsediate dello Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara:

- Basell Poliolefine Italia S.r.l.
- Centro Energia Ferrara S.p.A.
- Sapio Produzione Idrogeno Ossigeno S.r.l.
- Nylco S.r.l. (già P-Group S.r.l.)
- Polimeri Europa S.p.A.
- S.E.F. S.r.l.
- Syndial S.p.A. (già Enichem S.p.A. ed incorporante Agricoltura in Liquidazione S.p.A. e Ambiente S.p.A.)
- Yara Italia S.p.A. (già Hydro Agri S.p.A.)

hanno richiesto a Foster Wheeler Italiana S.p.A. - Environmental Division, (di seguito per brevità FWIENV) di procedere alla predisposizione del Progetto operativo di bonifica della falda confinata sottostante l'intera area dello Stabilimento Petrolchimico di Ferrara, ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.

Già nel dicembre del 2003 le società sopra identificate avevano presentato il Progetto Preliminare di bonifica della falda (FWIENV, dicembre 2003), ai sensi del D.M. 471/99 (all'epoca vigente), che era stato approvato con Delibera di Giunta del Comune di Ferrara del 02/12/04 (Prot.Gen. n° 92478). A seguito dell'entrata in vigore del DLgs 152/06, le stesse avevano comunicato con lettera del 2 agosto 2006 alle PP.AA. la volontà di volersi avvalere della facoltà di rimodulare gli obiettivi di bonifica, ai sensi dell'art. 265, comma 4, del D.lgs. 152 del 3 aprile 2006.

In data 17 ottobre 2006, nell'ambito di un incontro con il Comune di Ferrara, è stato illustrato l'approccio metodologico relativo all'applicazione dell'Analisi di rischio (in

seguito AdR) per la rimodulazione degli obiettivi di bonifica. In data 24 ottobre 2006, le Società coinsediate hanno provveduto a trasmettere l'AdR alle PP.AA.

Il 9 giugno 2008, nell'ambito della Conferenza di Servizi tenutasi presso il Comune di Ferrara, gli EE.PP., anche alla luce del nuovo decreto correttivo D.lgs 04/2008, hanno disposto una serie di prescrizioni all'AdR presentata (cfr. Verbale n.090608).

Il presente documento costituisce il progetto operativo di bonifica della falda confinata, e riporta contestualmente la revisione dell'AdR trasmessa ad ottobre 2006, aggiornata sulla base dei dati di qualità della matrice ambientale acquisiti nel frattempo, delle modifiche legislative intervenute (cfr D.Lgs 4/2008) e delle osservazioni delle PP.AA., finalizzata a definire gli obiettivi di bonifica della matrice falda confinata.

## 1.2 Documenti di riferimento

Il presente documento si basa sul contenuto dei seguenti elaborati:

- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord Gennaio – Giugno 2008” (FWIENV, Giugno 2008)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Febbraio 2008” (FWIENV, Marzo 2008)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord Luglio - Dicembre 2007” (FWIENV, Febbraio 2008)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Luglio - Agosto 2007” (FWIENV, Settembre 2007)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord Gennaio - Luglio 2007” (FWIENV, Agosto 2007)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Novembre - Dicembre 2006” (FWIENV, Marzo 2007)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord Ottobre - Dicembre 2006” (FWIENV, Febbraio 2007)
- “Attività propedeutiche alla redazione del progetto Definitivo di bonifica della falda confinata – Progress report Agosto - Ottobre 2006” (FWIENV, Gennaio 2007)

- “Analisi di rischio sulla falda confinata ai sensi del D.lgs. 152/06 – Criteri metodologici di applicazione” (FWIENV, Ottobre 2006)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord Luglio - Settembre 2006” (FWIENV, Ottobre 2006)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord Aprile - Giugno 2006” (FWIENV, Settembre 2006)
- “Attività propedeutiche alla redazione del progetto Definitivo di bonifica della falda confinata – Progress report Giugno - Luglio 2006” (FWIENV, Agosto 2006)
- “Attività propedeutiche alla redazione del progetto Definitivo di bonifica della falda confinata – Progress report Aprile - Maggio 2006” (FWIENV, Giugno 2006)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord Ottobre 2005 - Marzo 2006” (FWIENV, Aprile 2006)
- “Attività propedeutiche alla redazione del progetto Definitivo di bonifica della falda confinata – Progress report Febbraio 2006 - Marzo 2006” (FWIENV, Aprile 2006)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Dicembre 2005 - Gennaio 2006” (FWIENV, Marzo 2006)
- “Attività propedeutiche alla redazione del Progetto definitivo di bonifica della falda confinata – Progress report Dicembre 2005 - Gennaio 2006” (FWIENV, Febbraio 2006)
- “Criteri per la Manutenzione Straordinaria della “Zona Torce” – Stabilimento di Ferrara” (Environ, Dicembre 2005)
- “Protocollo Tecnico per esecuzione Test Pilota sulla falda confinata “Zona PZPEC023” - Stabilimento di Ferrara” (Environ, Dicembre 2005)
- Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord” (FWIENV, Ottobre 2005)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Maggio - Giugno 2005” (FWIENV, Settembre 2005)

- “Addendum Progettuale al Progetto Preliminare di Bonifica ai sensi del D.M. 471/99 della falda confinata “Zona PZPEC023” – Stabilimento di Ferrara” (Environ, Maggio 2005)
- “Monitoraggio della faldina superficiale in corrispondenza della “Zona Torce” – Stabilimento di Ferrara” (Environ, Maggio 2005)
- “Proposte per il prosieguo delle attività di monitoraggio della falda confinata” (FWIENV, Aprile 2005)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Settembre - Novembre 2004” (FWIENV, Febbraio 2005)
- “Attività integrative al Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 – Realizzazione degli interventi di integrazione della rete piezometrica di monitoraggio dell’area denominata “Zona Torce” nello stabilimento Syndial S.p.A. di Ferrara” (Ambiente, Ottobre 2004)
- Progetto Preliminare di Bonifica ai sensi del D.M. 471/99 della falda confinata “Zona PZPEC023” – Stabilimento di Ferrara” (Environ, Settembre 2004)
- “Progetto preliminare di bonifica della falda confinata” (FWIENV, Dicembre 2003)
- “Messa in sicurezza e caratterizzazione dell’area Nord Orientale sito Syndial S.p.A. di Ferrara - Zona PZPEC023” (Environ; Giugno 2003)
- “Piano della caratterizzazione dello stabilimento petrolchimico di Ferrara – Monitoraggi della zona di messa in sicurezza denominata “Area Torce” e dell’area discarica “ex-Monteco”” (Ambiente, Giugno 2003)
- “Documentazione tecnica di messa in sicurezza d'emergenza dell’area del PZPEC023 - Stabilimento Enichem di Ferrara” (Environ; Febbraio 2003)
- Nota Tecnica "Realizzazione della messa in sicurezza in emergenza del punto PZSEC007" di Ambiente S.p.A. Gen. 2003 rev.1
- “Relazione Tecnica descrittiva – Interventi di caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99” (Ambiente, FWEnvI, Simpes; Dicembre 2002)
- “Protocollo Operativo per l'esecuzione degli interventi di caratterizzazione nello Stabilimento Multisocietario di Ferrara” (Ambiente, Aprile 2002)

- "Piano della caratterizzazione dello Stabilimento Petrolchimico di Ferrara" (Ambiente; Aprile 2001).

Inoltre, il presente progetto si basa sul contenuto del recente documento del Comune di Ferrara:

- Situazione e prospettive dei procedimenti di bonifica del Polo Petrolchimico di Ferrara – Linee metodologiche per il proseguimento delle attività nel confronto tra legislazione nazionale e legislazione regionale” (Comune di Ferrara – Servizio Ambiente, Maggio 2008 – rev.5)

### 1.3 Normativa di riferimento

Il presente documento è stato redatto in accordo alla seguente normativa:

- D.Lgs 3 aprile 2006, n° 152 – Norme in materia ambientale;
- D.Lgs 16 gennaio 2008, n° 4 – Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recate norme in materia ambientale.

## 2 SCOPO DEL LAVORO

Nel presente Progetto operativo di bonifica, FWIENV, sulla base delle indagini di caratterizzazione, dei monitoraggi ambientali condotti tra il 2004 e il 2008, dei risultati delle prove di campo e dei test di laboratorio eseguiti, e degli esiti della revisione dell'Analisi di rischio, ha definito gli interventi di bonifica finalizzati al risanamento della falda confinata.

Il documento comprende principalmente:

- la sintesi dei risultati delle attività di caratterizzazione condotte nel 2002 e 2003, dei test di campo e di laboratorio eseguiti nel 2006, di monitoraggio periodico (2004-2008), eseguite sulle acque della falda confinata;
- il modello concettuale definitivo del sito;
- la descrizione dello stato qualitativo della falda confinata, definito alla luce dei risultati dell'analisi di rischio condotta;
- una sintesi della descrizione delle tecnologie applicabili al sito in esame e la definizione dei criteri che hanno ispirato la scelta dei sistemi di bonifica;
- il dimensionamento dei sistemi di bonifica previsti e la descrizione del primo modulo da realizzare;
- il piano di monitoraggio e controllo finalizzato a verificare la prestazione dei sistemi di bonifica di cui è prevista la messa in opera ed il raggiungimento degli obiettivi di bonifica;
- il piano di monitoraggio della qualità della falda confinata nelle aree non sottoposte a bonifica;
- la stima dei tempi e dei costi degli interventi previsti.

Particolare attenzione, nella redazione del presente documento, è stata rivolta alle problematiche connesse con la necessità di procedere all'esecuzione di attività di bonifica presso un insediamento produttivo in esercizio, caratterizzato dalla presenza di numerose strutture superficiali (impianti, serbatoi di stoccaggio prodotto, edifici, linee elettriche fuori terra ecc.) ed interrato (aste fognarie bianche e di processo, linee

elettriche, rete antincendio, condotte acque di raffreddamento, rete acqua potabile ecc.). Da rilevare è anche il contesto territoriale nel quale si colloca la realtà dello Stabilimento Petrolchimico Multisocietario, caratterizzato dalla presenza di siti limitrofi nei quali sono attualmente in corso attività di bonifica/messa in sicurezza in grado di influire sulle tecnologie di risanamento proposte per il sito in oggetto e sul relativo dimensionamento.

Dalle aree oggetto del presente documento deve intendersi esclusa la “zona PZPEC023”, attualmente sottoposta a messa in sicurezza d'emergenza mediante pump & treat, per la quale Syndial ha intrapreso un iter amministrativo ad hoc, presentando il documento “Progetto Preliminare di Bonifica ai sensi del D.M. 471/99 della falda confinata “Zona PZPEC023” – Stabilimento di Ferrara” (Environ, Settembre 2004) nell'ottobre del 2004, integrato successivamente con il documento “Addendum Progettuale al Progetto Preliminare di Bonifica ai sensi del D.M. 471/99 della falda confinata “Zona PZPEC023” – Stabilimento di Ferrara” (Environ, Maggio 2005), approvato con atto della Giunta Comunale di Ferrara trasmesso in data 26/09/2005 (Rif. Prot.Gen. 65417 pubblicato il 11/08/2005).

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**11 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata  
ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

### 3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

Lo Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara è situato nella porzione settentrionale del territorio comunale, a pochi chilometri dalla città, alla destra idrografica del fiume Po, che scorre in direzione Ovest-Est pochi chilometri più a Nord. Caratterizzano la zona dell'insediamento industriale le numerose infrastrutture ferroviarie, con la linea Bologna – Venezia, e viarie, con l'autostrada Bologna – Padova e le strade statali che collegano l'Emilia al Veneto.

Il complesso produttivo di Ferrara costituisce uno degli stabilimenti facenti parte del quadrilatero industriale padano con Porto Marghera, Ravenna e Mantova ed a questi è collegato da una rete di pipeline oltre che dalle infrastrutture sopra descritte.

Lo Stabilimento occupa nel suo complesso una superficie pari a circa 250 ha. Le materie prime e i prodotti finiti sono movimentati all'interno dell'intero sito attraverso una fitta rete interna di strade (40 km circa) ed una ferrovia (20 km circa).

Per quanto riguarda la descrizione delle attività produttive di stabilimento e l'inquadramento geologico ed idrogeologico dell'area si rimanda all'APPENDICE 1.

## 4 ATTIVITÀ DI INDAGINE AMBIENTALE CONDOTTE SUL SITO

Tra il 2002 e il 2008 sono state condotte sul sito una serie di indagini ambientali volte a caratterizzare dal punto di vista fisico-chimico, geologico ed idrogeologico le matrici suolo, sottosuolo e acque sotterranee. In particolare, nel seguito del capitolo, sono descritte sinteticamente le attività relative alla falda confinata. Una trattazione più diffusa delle medesime ed i risultati ottenuti è riportata in APPENDICE 1.

### 4.1 Attività di caratterizzazione ambientale (2002)

In accordo con il "Piano della caratterizzazione dello Stabilimento Petrolchimico di Ferrara" (Ambiente, Aprile 2001) approvato dal Comune di Ferrara con Atto di Giunta del 11 gennaio 2002 e con le indicazioni operative riportate nel "Protocollo Operativo per l'esecuzione degli interventi di Caratterizzazione nello Stabilimento Multisocietario di Ferrara" dell'aprile 2002, nel corso delle attività di caratterizzazione ambientale eseguite nel 2002 si è provveduto alla realizzazione di piezometri profondi di monitoraggio (fenestrati nella sola porzione superiore dell'acquifero), alla misura di Ossigeno disciolto e Potenziale Redox in campo ed alla determinazione in laboratorio di n° 33 parametri idrochimici sui campioni di acqua della falda confinata prelevati da n° 33 piezometri. Di questi, n° 13 sono risultati non conformi per almeno uno dei parametri indagati. In particolare, i composti eccedenti i limiti tabellari sono stati: Alluminio, Arsenico, Nichel, Piombo, Cloroformio, Cloruro di Vinile, 1,2 Dicloroetano, 1,2 Dicloroetilene.

### 4.2 Attività integrative di caratterizzazione ambientale (2003)

A partire dal mese di agosto 2003, in accordo alle prescrizioni della Conferenza di Servizi del 17/06/03 relative alla falda confinata, sono state eseguite le seguenti attività integrative di indagine ambientale:

- N° 12 coppie di piezometri esterni al sito (profondo/superficiale), per il monitoraggio della qualità delle acque sotterranee lungo le aree perimetrali dello stabilimento;

- N° 9 coppie di piezometri (n° 4 profondo/profondo e n° 5 profondo/superficiale), per il monitoraggio della qualità delle acque sotterranee e l'esecuzione di prove di pompaggio di lunga durata;
- N° 7 piezometri profondi interni al sito per il monitoraggio della qualità delle acque sotterranee
- N° 4 prove di pompaggio a portata costante della durata di 72 ore
- N° 5 prove di pompaggio a portata costante della durata di 48 ore
- Prelievo ed analisi di laboratorio di n° 69 campioni di acqua prelevati dai piezometri profondi esistenti
- Rilievo piezometrico di tutti i piezometri esistenti e di nuova realizzazione;
- Rilievo topografico di tutti i piezometri, nuovi ed esistenti.

I nuovi piezometri profondi sono stati spinti, in accordo alle prescrizioni della CdS, fino ad intercettare la base della prima falda confinata, ubicata, mediamente, ad una profondità di 40 ÷ 45 metri da piano campagna.

Sui campioni di acqua prelevati sono stati ricercati tutti gli analiti stabiliti dal protocollo operativo approvato nel giugno 2002, con l'aggiunta dei seguenti parametri: Rame (Cu), Zinco (Zn) e Cromo esavalente (Cr VI), come richiesto dalla CdS in data 17/06/03.

La sintesi dei risultati delle attività integrative di caratterizzazione è riportata in APPENDICE 1.

### **4.3 Campagne periodiche di monitoraggio della falda confinata (2004 – 2008)**

La Conferenza di Servizi svoltasi a Ferrara in data 1 luglio 2004 ha ritenuto il "Progetto Preliminare di Bonifica della Falda Confinata", redatto ai sensi del D.M. 471/99 e presentato in data 30/12/03, approvabile con prescrizioni. In particolare, al punto 2 del verbale datato 27/08/04 (Protocollo Generale n° 74830), per quanto riguarda le attività di monitoraggio, si richiedeva di eseguire a partire dal mese di settembre 2004 una nuova campagna di monitoraggio su tutti i piezometri profondi presenti, sia interni che esterni al sito.

Ottobre 2008  
Rev. 0  
14 di 69

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Progetto operativo di bonifica della falda confinata  
ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.  
Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A

A tal fine, nel periodo settembre – novembre 2004, è stata eseguita una campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata su n° 85 piezometri, sia interni sia esterni al sito, e, nel febbraio 2005, è stato trasmesso alle PP.AA. il documento “Campagna di monitoraggio delle acque di falda Settembre - Novembre 2004”, FWIENV Febbraio 2005, riportante la descrizione ed i risultati di tale attività.

A seguito di quanto contenuto ai capoversi A e B del punto 6 ed al capoverso A del punto 4 della Delibera di Giunta del Comune di Ferrara del 02/12/04 (Prot.Gen. n° 92478), che ha approvato con prescrizioni il “Progetto Preliminare di Bonifica della Falda Confinata”, in data 8 aprile 2005, presso gli uffici del Servizio Ambiente del Comune di Ferrara, si è svolto un Tavolo Tecnico nell’ambito del quale FWIENV, a nome delle società coinsediate, ha presentato il documento “Proposte per il proseguo delle attività di monitoraggio della falda confinata” (Aprile 2005). Il suddetto Servizio Ambiente, valutata la proposta, ha richiesto (cfr verbale datato 03/05/05, Protocollo Generale n° 36844):

- *l'esecuzione del campionamento della rete piezometrica completa della falda confinata del sito Petrolchimico di Ferrara, con frequenza annuale per tutti gli 85 piezometri presenti. Si dovranno analizzare tutti i parametri previsti dal protocollo operativo dell'Aprile 2002, con l'aggiunta dei parametri Cu, Zn, Cr (VI). Lo spurgo e campionamento avverrà con metodo a basso flusso e con misura dei parametri chimico-fisici di campo, come riportato nel protocollo relativo alle modalità di spurgo e campionamento dei piezometri del Luglio 2003 di F.W. La prima campagna di monitoraggio dovrà partire nei mesi di Maggio-Giugno 2005.*
- *l'esecuzione del campionamento della rete piezometrica ridotta del sito Petrolchimico di Ferrara. Il campionamento avverrà con frequenza annuale per i 62 piezometri indicati in allegato 3 al documento Rif. n. 1- BH-0257A. Le campagne di monitoraggio della rete piezometrica ridotta saranno sfalsate di 6 mesi rispetto alla campagna piezometrica completa riportata al punto 1 (omissis).*
- *l'integrazione nelle campagne di monitoraggio dei piezometri PZPES081 e PZPES082, ubicati nell'area del Lotto 8 di Syndial S.p.A.*

FWIENV, sulla base del verbale del tavolo tecnico del 08/04/05 e delle specifiche comunicazioni successivamente inviate dal Comune di Ferrara, ha condotto, per conto

delle società coinsediate, n° 5 campagne di monitoraggio della qualità delle acque della falda confinata sulla rete dei piezometri individuata e concordata con gli EE.PP.:

1. sulla rete piezometrica completa, nel periodo maggio – giugno 2005 (cfr verbale Comune di Ferrara datato 03/05/05, Protocollo Generale n° 36844)
2. sulla rete piezometrica ridotta, nel periodo dicembre 2005 – gennaio 2006 (cfr verbale Comune di Ferrara datato 03/05/05, Protocollo Generale n° 36844)
3. sulla rete piezometrica completa, nel periodo novembre – dicembre 2006 (nota Comune di Ferrara dell'11/10/06, Protocollo Generale n° 86271)
4. sulla rete piezometrica ridotta, nel periodo luglio – agosto 2007 (nota del Comune di Ferrara del 29/05/07 Protocollo Generale n° 48176)
5. sulla rete piezometrica completa, nel periodo febbraio 2008 (nota del Comune di Ferrara del 08/01/2008).

La sintesi dei risultati delle suddette campagne di monitoraggio è riportata in APPENDICE 1.

#### **4.4 Monitoraggi piezometrici - Settore Nord (2005 – 2008)**

A partire dal mese di luglio 2005, così come prescritto dal verbale del Tavolo Tecnico dell'8 aprile 2005 (cfr Capoverso A punto 6), al fine di monitorare l'andamento del deflusso di falda ed eventuali inversioni piezometriche, sono stati effettuati rilievi periodici dei livelli piezometrici in corrispondenza del settore Nord Est dello stabilimento. In particolare sono state intraprese le letture manuali dei livelli piezometrici della falda confinata su n° 9 piezometri PZPES007, PZPES008, PZPES009, PZPES010, PZPES011, PZPES012, PZPAM002, PZPEC025, PZPPE004 e le letture in automatico mediante trasduttori di pressione installati nei piezometri PZPES007, PZPES008, PZPES009 e PZPES012, ubicati nel settore Nord Ovest del Multisocietario.

Le letture manuali sono state eseguite con cadenza settimanale nel periodo estivo (giugno – settembre) e quindicinale da ottobre a maggio, fino a dicembre 2006.

Alla luce dei dati acquisiti nelle prime campagne effettuate, al fine di ricostruire con più precisione l'andamento della superficie piezometrica in corrispondenza dell'area a Nord

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**16 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

Est dello stabilimento, a partire da settembre 2005, sono stati inclusi nella rete di monitoraggio anche i piezometri PZPES080, PZPES081 e PZPES082.

In seguito, sulla base di quanto previsto dal Verbale del Servizio Ambiente del Comune di Ferrara del 5 marzo 2007 (Prot. Gen.le n°19949), riguardante la riunione del 15 febbraio 2007, avente ad oggetto la prosecuzione delle attività di monitoraggio piezometrico della falda profonda, si è passati al monitoraggio piezometrico della falda confinata in continuo, tramite l'ausilio di datalogger, nei soli piezometri profondi PZPES009 e PZPES012 e ad un rilievo piezometrico con cadenza trimestrale su tutti i piezometri totalmente penetrati.

Nell'ambito delle attività di rilievo piezometrico trimestrale richieste dai Tavoli Tecnici di cui sopra, sono stati registrati i livelli di falda nei piezometri profondi interni ed esterni al sito ed è stata ricostruita la piezometria dell'intero sito nei seguenti periodi:

1. settembre e dicembre 2005,
2. marzo, giugno, settembre e dicembre 2006,
3. aprile, luglio, settembre e dicembre 2007,
4. marzo e giugno 2008.

La sintesi dei risultati delle attività di monitoraggio piezometrico è riportata in APPENDICE 1.

#### **4.5 Attività di indagine propedeutiche alla redazione del progetto di bonifica (2006)**

Nel periodo dicembre 2005 – maggio 2006 sono state eseguite attività di monitoraggio, tese a valutare il fenomeno dell'attenuazione naturale nel sito in oggetto, ed allestiti n° 2 campi prova di bioremediation assistita, finalizzati alla valutazione della performance del sistema nella riduzione delle concentrazioni dei composti organici di interesse (cloruro di vinile, BTEX e TPH) ed al suo dimensionamento finale, in accordo a quanto previsto nel Progetto Preliminare di Bonifica della Falda Confinata approvato.

#### **4.5.1 Attenuazione naturale**

Si è proceduto alla valutazione dei processi di attenuazione naturale mediante il monitoraggio di n° 29 piezometri esistenti, opportunamente scelti sul sito.

I monitoraggi sono stati eseguiti con cadenza indicativamente mensile, per la durata complessiva di circa n° 3 mesi, nei seguenti periodi:

- 05/12/05 – 14/12/05;
- 13/01/06 – 26/01/06;
- 27/02/06 – 10/03/06.

Oltre alla misura effettuata in campo dei parametri chimico-fisici (pH; temperatura, Ossigeno disciolto, potenziale redox, conducibilità elettrica e torbidità), sui n° 87 campioni di acqua complessivamente prelevati ed inviati al laboratorio, sono state effettuate analisi, per la determinazione dei n° 38 parametri previsti. La descrizione di dettaglio delle attività e dei risultati ottenuti è riportata in APPENDICE 1.

#### **4.5.2 Bioremediation assistita**

Allo scopo di verificare l'applicabilità della bioremediation assistita come tecnologia di bonifica delle acque della falda confinata sono stati condotti n° 2 test pilota di campo e n° 2 test in laboratorio utilizzando campioni prelevati in corrispondenza delle aree dei campi prova.

Lo scopo dei test è stato quello di verificare l'efficacia e l'efficienza della tecnologia di bioremediation assistita, mediante utilizzo di sostanze a lento rilascio di ossigeno per la bonifica delle acque della falda confinata, contaminate da cloruro di vinile, e di determinare i parametri operativi necessari al dimensionamento del sistema di bonifica "full scale" (raggio di influenza e n° dei pozzi di trattamento, modalità di rilascio in falda delle sostanze a lento rilascio di ossigeno, grado di abbattimento del composto organico, influenza del processo sulle sostanze inorganiche e sui parametri chimico-fisici delle acque della falda). In particolare, il test di laboratorio ha permesso di verificare la velocità di rilascio di ossigeno da parte del prodotto commerciale utilizzato (ORC della società Regenesis, costituito da Perossido di Magnesio), la velocità di adattamento dei batteri alle mutate condizioni (aerobiche), il grado di abbattimento del contaminante di interesse

(Cloruro di Vinile) rispetto ad un "bianco" di confronto e di calcolare il tempo di semivita del contaminante stesso in condizioni di saturazione dell'ossigeno (prove batch).

### Test di campo

Sono stati allestiti n°2 campi prova di bioremediation assistita, finalizzati alla valutazione della performance del sistema ed al dimensionamento finale del sistema, in corrispondenza dei piezometri PZPBA008 e PZPBA020

Ciascuno dei campi prova è stato allestito come segue:

- ⇒ N° 3 pozzi di iniezione di diametro 4", profondi indicativamente 20 m e fenestrati da fondo pozzo fino al letto dello strato di argilla (14 m circa), attrezzati con apposite "calze" (sock) contenenti ORC;
- ⇒ N° 4 piezometri di monitoraggio (di cui 1 esistente) di diametro 4" profondi indicativamente 20 m e fenestrati da fondo pozzo fino al letto dello strato di argilla (14 m circa), per il prelievo di campioni di acqua di falda e la misura dei parametri chimico - fisici indicatori della presenza dei fenomeni di bioattenuazione. Nel campo prova PZPBA008 la presenza di una fitta rete di sottoservizi non ha reso possibile la realizzazione del quarto piezometro di monitoraggio, pertanto i piezometri di monitoraggio risultano essere 3 (di cui 1 esistente).

Per ogni carotaggio, nella porzione di acquifero profondo attraversato, sono stati prelevati n° 3 campioni medi rappresentativi ognuno di un metro di perforazione (indicativamente a 15÷16 m, 17÷18 m e 19÷20 m da p.c.).

Le relative coordinate planoaltimetriche dei n° 12 piezometri realizzati sono riportate in APPENDICE 1.

Una volta ultimato l'approntamento dei campi prova, nel mese di gennaio 2006, in seguito al campionamento delle acque di falda, avente funzione di "baseline", sono state inserite nei pozzi di bonifica le "calze" contenenti ORC. Dal febbraio 2006 hanno avuto inizio le fasi di monitoraggio dei fenomeni di rilascio di ossigeno in falda e conseguente bioattenuazione della contaminazione da sostanze organiche.

Nel periodo 17 – 20 gennaio 2006, prima dell'equipaggiamento con ORC dei pozzi di bonifica, è stato effettuato il campionamento (baseline) dei piezometri di monitoraggio della bioremediation assistita PZPBA008 e PZPBA020 (a monte idrogeologico dei pozzi

di bonifica), PZPBA024, PZPBA025, PZPBA026 e PZPBA030, PZPBA031 (a valle idrogeologico dei pozzi di bonifica).

In seguito all'inserimento delle calze con ORC all'interno dei piezometri di bonifica, sono stati eseguiti, con cadenza indicativamente mensile, n° 3 eventi di monitoraggio nei periodi:

- 20/02/06 – 22/02/06;
- 21/03/06 – 22/03/06;
- 20/04/06 – 21/04/06.

Complessivamente sono stati analizzati:

- n° 36 campioni di suolo;
- n° 28 campioni di acqua prelevati dai piezometri esistenti (n°8) e di nuova realizzazione (n°20), su ciascuno dei quali sono stati determinati n° 38 parametri chimici.

La descrizione di dettaglio delle attività effettuate e dei risultati ottenuti sono riportati in APPENDICE 1.

#### Test di laboratorio

Ad aprile 2006 sono stati prelevati, dai piezometri PZPBA008 e PZPBA024, i campioni d'acqua della falda confinata da inviare al laboratorio per l'esecuzione di test di laboratorio di bioremediation assistita.

Dopo aver eseguito le analisi di baseline (tempo 0), per ciascun campione da sottoporre al test (PZPBA008 e PZPBA024), sono state preparate n° 2 serie di aliquote (addizionate con ORC e bianco). Per ciascun campione (PZPBA008 e PZPBA024), si è proceduto a "sacrificare", secondo lo schema temporale fissato, n° 2 contenitori di prova (uno appartenente alla serie addizionata con ORC e uno alla serie dei bianchi), prelevando da ognuno di essi il quantitativo di acqua necessario per la determinazione dei n° 39 parametri chimici previsti.

La descrizione di dettaglio delle attività effettuate e dei risultati ottenuti sono riportati in APPENDICE 1.

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**20 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

#### **4.5.3 Campionamento multiprofondità del piezometro PZPBA020**

Per approfondire le conoscenze sul gradiente verticale dei contaminanti, in data 26/06/06, è stato eseguito un campionamento multiprofondità del PZPBA020 (profondo 40 m e fenestrato tra 15 e 40 da p.c.).

Si è proceduto al prelievo di un campione d'acqua ogni 5 metri di tratta fenestrata, posizionando, nella esatta successione, la pompa alle seguenti profondità: 37,5 m – 32,5 m – 27,5 m – 22,5 m – 17,5 m da p.c.

La descrizione di dettaglio delle attività effettuate e dei risultati ottenuti sono riportati in APPENDICE 1.

#### **4.6 Sintesi delle attività di indagine eseguite (2002 – 2008)**

Complessivamente, nel corso delle attività di indagine ambientale condotte sull'acquifero confinato dal 2002 a oggi,

- sono stati realizzati oltre 120 piezometri profondi, di cui 37 totalmente penetrati;
- sono stati prelevati circa 700 campioni di acqua di falda e circa n° 70 campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio;
- sono state eseguite oltre 24.000 determinazioni analitiche sui campioni di acqua di falda e circa 4.300 sui campioni di terreno;
- sono state condotte n° 10 prove di pompaggio di lunga durata.

#### **4.7 Validazione dei risultati analitici da parte di ARPA**

Nel corso di tutte le campagne di monitoraggio analitico svolte sul sito, ARPA ha provveduto ad analizzare in contraddittorio circa il 20% dei campioni prelevati. Il Comune di Ferrara ha sempre trasmesso gli esiti di tali determinazioni alle Società coinsediate dello stabilimento. Fatti salvi specifici ed isolati casi di discrepanza, legati ad erronea identificazione dei campioni, il confronto dei risultati ottenuti ha evidenziato un'elevata congruenza e la sostanziale validazione dei dati raccolti, a testimonianza dell'adeguatezza delle procedure di conservazione, preparazione ed analisi eseguite.

Lo stato qualitativo della falda, l'analisi di rischio ed il conseguente dimensionamento delle opere di bonifica, riportati nel presente progetto, sono stati definiti sulla base dei risultati analitici ottenuti dalle Società coinsediate.

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**22 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

## 5 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Sulla base delle informazioni pregresse che hanno permesso di sviluppare il progetto preliminare di bonifica, delle attività propedeutiche alla redazione del presente documento, condotte nel 2006, e dei monitoraggi periodici sino ad oggi effettuati è stato possibile confermare il seguente modello concettuale del sito.

### 5.1 Caratteristiche idrogeologiche dell'area

In tutta l'area di studio, è identificabile una falda sospesa (falda superficiale) la cui continuità laterale è caratterizzata da una forte variabilità spaziale. Il corpo acquifero che la ospita, di modesto spessore, è costituito da materiale di riporto (strato 1), sabbie limose, limi sabbiosi e/o limi argillosi (strato 2), la cui tavola d'acqua è collocata ad una profondità compresa tra 0,6 e 4,6 m da p.c. circa. Le quote piezometriche sono comprese tra 1,5 (aree sottoposte a messa in sicurezza mediante emungimento) e 5,5 m s.l.m..

Ad una profondità variabile tra 3 e 5 metri da p.c., si colloca un orizzonte dapprima limoso-argilloso poi francamente argilloso (strato 3) la cui genesi è legata essenzialmente alla presenza di aree paludose e di argini fluviali e che costituisce il letto della falda superficiale. Al di sotto della zona di transizione si rinvencono argille grigie, mediamente plastiche, per le quali le prove Lefranc eseguite nel 2002 indicano valori di conducibilità idraulica nell'ordine di  $10^{-9}$  m/s.

Le prove di pompaggio di lunga durata eseguite nel corso delle indagini integrative del 2003 non hanno evidenziato alcun apprezzabile fenomeno di drenanza dalla falda superficiale a quella profonda, confermando la natura confinata del primo acquifero in pressione.

Al di sotto dello strato di argilla, a partire da una profondità media di circa  $14 \div 15$  metri da p.c., è presente un orizzonte sabbioso (strato 4) che ospita la prima falda confinata, caratterizzata da una soggiacenza compresa tra 2,4 e 5,8 metri da p.c., con un valore medio pari a circa 4,0 metri da p.c., e quote piezometriche medie di circa 2,0 m s.l.m (valori registrati nel febbraio 2008). Il gradiente piezometrico medio è di circa 0,45 ‰. Le prove di pompaggio di lunga durata, eseguite nel periodo settembre-ottobre 2003 sui

piezometri fenestrati fino alla base della falda (completamente penetrati), hanno permesso di determinare valori di conducibilità idraulica compresi tra  $2,9 \times 10^{-4}$  e  $6,3 \times 10^{-4}$  m/s (valor medio  $4 \times 10^{-4}$  m/s). Il dato è risultato confermato pure dalla prova di pompaggio di lunga durata eseguita da Syndial nel settembre 2005 sul PZPEC033 (conducibilità idraulica calcolata pari a  $4 \times 10^{-4}$  m/s, cfr. documento "Criteri per la Manutenzione Straordinaria della "Zona Torce" – Stabilimento di Ferrara" (Environ, Dicembre 2005).

Gli slug test condotti nel 2002 sui piezometri che intercettano la sola porzione superiore della falda confinata (circa 5 metri) avevano permesso di calcolare valori di conducibilità idraulica inferiori, mediamente compresi tra  $10^{-5}$  e  $10^{-4}$  m/s. Tali risultati appaiono in accordo con la successione stratigrafica rilevata, caratterizzata dapprima da limi sabbiosi e sabbie fini (nella parte più superficiale dell'acquifero confinato) passanti, con l'aumentare della profondità, a sabbie da medie a grossolane.

Viene confermato l'andamento caratterizzato dal deflusso delle acque sotterranee in direzione dell'area perimetrale orientale dello stabilimento, in corrispondenza della quale appare centrata una significativa depressione della tavola d'acqua. La velocità effettiva media, considerando valori di porosità efficace pari a 0,25 tipico di sabbie medie monogranulari (Francani, 2000), di conducibilità idraulica pari a  $4 \times 10^{-4}$  m/s e di gradiente idraulico pari a 0,00045, è stimabile in 23 metri/anno circa. I monitoraggi periodici eseguiti nel settore Nord del sito indicano una velocità di deflusso della falda paragonabile a quella media del sito.

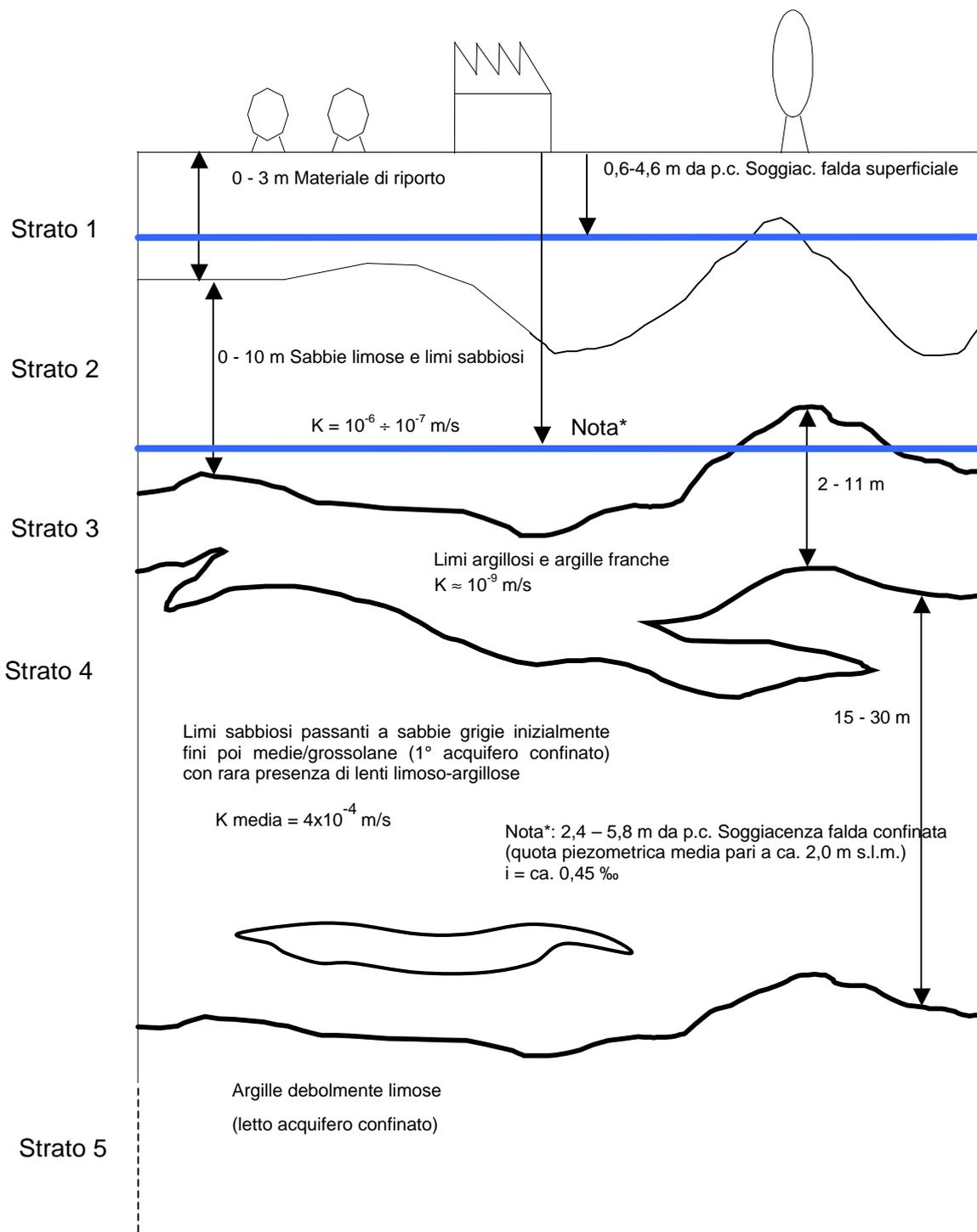
Quale esempio dell'andamento freaticometrico, viene riportata in ALLEGATO 6 la ricostruzione dell'andamento piezometrico rilevato nel mese di febbraio 2008, eseguita attraverso le misure di soggiacenza dei piezometri totalmente penetrati, che conferma l'andamento del deflusso delle acque della falda confinata in direzione dell'area perimetrale orientale dello stabilimento, in corrispondenza della quale appare ubicata una significativa depressione della tavola d'acqua.

Dai periodici monitoraggi piezometrici effettuati nella porzione Nord Est dello stabilimento, emerge che il livello idrometrico del Po, misurato a Pontelagoscuro (dati ARPA Emilia Romagna), rimane prevalentemente ad una quota superiore a quella della falda presente all'interno dei piezometri in osservazione. Anche tale evidenza, pertanto, assicura il permanere della direzione prevalente di deflusso di falda in direzione NW-SE verso il confine est dello Stabilimento. L'analisi dei dati acquisiti mediante i trasduttori di

pressione ha permesso la ricostruzione giornaliera dell'evoluzione del livello piezometrico della falda confinata. Dal confronto tra i livelli piezometrici acquisiti mediante i trasduttori di pressione ed i valori idrometrici del fiume Po, si osserva, rispetto all'abituale direzione di deflusso di falda riscontrata (NW-SE), una rotazione verso Nord-Est della direzione di flusso della falda stimabile in circa 35°, in corrispondenza dei periodi di minimo del Po e, in particolare, in condizioni di livello idrometrico del fiume inferiore al livello di falda dell'area dello stabilimento. Tuttavia, tale fenomeno, oltre ad essere limitato nel tempo, è caratterizzato da una velocità effettiva di deflusso della falda molto contenuta (2 ÷ 3 m/mese); tale caratteristica rende, pertanto, l'evenienza scarsamente significativa dal punto di vista ambientale. Direzione e velocità effettiva della falda portano, inoltre, ad escludere un deflusso verso i pozzi HERA, ubicati a Nord – Nord Ovest dello stabilimento.

La seguente Figura 5.1 sintetizza quanto descritto sino ad ora riguardo alle caratteristiche idrogeologiche principali del sito.

**Figura 5.1: Schema del modello concettuale idrogeologico**



## 5.2 Stato qualitativo dell'acquifero ospitante la falda confinata

Per quanto riguarda lo stato qualitativo della matrice suolo emerso dalle indagini eseguite nell'ambito dei campi prova di bioremediation assistita, le analisi chimiche, condotte sui campioni di terreno nella porzione superficiale dell'acquifero profondo (prelevati alle profondità di circa 15÷16 m, 17÷18 m e 19÷20 m da p.c.), non hanno evidenziato alcun superamento dei limiti normativi previsti per il destino d'uso industriale, a conferma di quanto emerso anche durante la fase di caratterizzazione del sito (2002 – 2003).

Lo stato qualitativo delle acque della falda confinata, emerso da tutte le verifiche analitiche effettuate, specialmente dai periodici monitoraggi della rete di piezometri profondi evidenzia, rispetto ai limiti tabellari, situazioni di non conformità, sia per quanto riguarda i composti inorganici che per i composti organici.

I parametri inorganici eccedenti i limiti tabellari sono stati Arsenico, diffusamente presente, ed Alluminio, Nichel e Piombo in maniera puntuale. La presenza diffusa di Ferro e Manganese riscontrata non è attribuibile ad attività svolte sul sito in quanto caratteristica delle condizioni fortemente riducenti riscontrabili nelle acque della falda confinata a livello regionale. Si noti, a riguardo, quanto riportato nel documento "Le caratteristiche degli acquiferi della regione Emilia Romagna – Report 2003", a cura della Regione Emilia Romagna e dell'ARPA Emilia Romagna, nel Capitolo 21, relativo alla Piana alluvionale olona – Ferrara: "La diffusione di ferro, manganese e azoto ammoniacale presenta caratteri analoghi alle parti occidentali della regione: il manganese supera i 100 microg/l e il ferro presenta valori superiori a 1000 microg/l, senza distinzioni tra acquiferi captati."

Per quanto riguarda i parametri organici, nelle campagne di monitoraggio eseguite sino al febbraio 2008, si è rilevata una situazione di non conformità di tipo puntuale per i parametri: Idrocarburi totali (espressi come n-Esano), Composti aromatici (Benzene, Etilbenzene e p-Xilene). In particolare risultano interessati dalla presenza di tali composti i piezometri PZPEC034, PZPEC036, PZPEC037, PZPEC048, PZ17 (Zona Torce), PZPCE001, PZPBA012, PZPBA013, PZPEC029.

E' stata confermata in tutti gli eventi di monitoraggio la presenza di un plume di Cloruro di vinile, presente nell'area centrale dello stabilimento (talvolta in concomitanza di 1,1-

Dicloroetilene). In APPENDICE 1 sono allegate le rappresentazioni grafiche della plume di CVM ricostruite nel corso delle campagne di monitoraggio analitico svolte sul sito.

La presenza di solventi clorurati nei piezometri esterni PZPES010, PZPES081 e PZPES082, alla luce della direzione prevalente di flusso di falda e della distanza esistente, non risulta correlabile né allo stato qualitativo delle matrici superficiali dell'area in cui sono ubicati tali piezometri (cfr nota della Provincia di Ferrara, Class. 16.3.9, avente per oggetto "Stabilimento Syndial, sottoarea denominata Lotto 8 (omissis) - Certificazione della conformità tecnica delle procedure previste dall'art. 242 comma 13 del D.Lgs 152/2006"), né alla contaminazione presente nelle aree interne allo Stabilimento, ma è presumibilmente imputabile a sorgenti esterne ubicate a Nord dello Stabilimento stesso.

Uno specifico approfondimento di indagine condotto nel 2006, in corrispondenza della plume rilevata all'interno del petrolchimico, ha permesso di osservare un significativo gradiente verticale di concentrazione di Cloruro di Vinile, che diminuisce con la profondità. Tali riscontri confermano l'approccio già illustrato nel Progetto Preliminare di Bonifica in cui era stato previsto che l'intervento di bonifica venisse localizzato nella porzione superiore dell'acquifero. Quanto sopra, indipendentemente dal fatto che la qualità della falda sia rappresentata dal campione rappresentativo dell'intero spessore di acquifero, cioè dal campione prelevato in corrispondenza dei piezometri totalmente penetrati. A riguardo, si rammenta che il D.M. 471/99, in Allegato 2 "Procedure di riferimento per il prelievo e l'analisi dei campioni", relativamente alle caratteristiche costruttive dei piezometri, recitava "I piezometri (omissis) devono avere filtri di apertura adeguata in corrispondenza degli acquiferi da campionare (omissis). La profondità dei piezometri dovrà comunque interessare almeno la base del primo acquifero individuato e comunque profondità non inferiori a due terzi dello spessore dell'acquifero stesso."

Il Cloruro di Vinile nelle acque sotterranee del sito può essere ricondotto alla degradazione biologica in ambiente fortemente riducente (dealogenazione riduttiva), di altri composti clorurati parentali appartenenti alla famiglia degli eteni (quali per esempio il tricloroetilene ed il dicloroetilene) e degli etani (quali per esempio il dicloroetano), come ampiamente studiato e documentato in ambito scientifico internazionale (EPA/600/R-98/128, EPA/542/R-00-008, Sims et alii 1991, L. Zwank 2000, J. Hincó de Best, 1998). A

---

Ottobre 2008  
Rev. 0  
28 di 69

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Progetto operativo di bonifica della falda confinata  
ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.  
Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A

sua volta il CVM può andare incontro, in particolari situazioni, a reazioni biologiche di ossidazione con formazione di composti figli quali etene ed etano fino alla completa ossidazione ad anidride carbonica.

In linea generale, le possibili sorgenti di contaminazione, associate all'uso antropico attuale e pregresso del sito sono:

- impianti produttivi;
- serbatoi di stoccaggio dei prodotti;
- depositi e stoccaggi di rifiuti;
- reti tecnologiche (pipeline, fognature ecc.);
- sversamenti superficiali localizzati.

In generale i parametri principali che controllano la distribuzione ed il movimento degli inquinanti nel sottosuolo sono:

- permeabilità dei terreni attraversati;
- porosità dei medesimi;
- viscosità del prodotto;
- capacità di assorbimento del terreno;
- condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche;
- vie temporanee o permanenti di migrazione dei contaminanti dai corpi acquiferi superficiali ai profondi di origine antropica.

Sulla base del modello idrogeologico individuato e delle caratteristiche di distribuzione e tipologia delle sostanze riscontrate nelle falda confinata in oggetto, non è possibile escludere che, in passato, si siano verificati fenomeni di migrazione degli inquinanti in fase disciolta dalla falda superficiale alla falda confinata a causa di opere antropiche realizzate senza gli opportuni accorgimenti, oggi abitualmente adottati, necessari ad impedire il fenomeno (palificazioni, pozzi per approvvigionamento di acqua industriale). Date la natura e le proprietà chimico fisiche dei più significativi contaminanti riscontrati (Cloruro di Vinile e Benzene), la provenienza degli stessi (matrici superficiali, indipendentemente dal percorso seguito) e le evidenze stratigrafiche relative al corpo

acquifero confinato, caratterizzato nella sua porzione più superficiale da materiali meno permeabili (sabbie fini e limo), appaiono giustificati i dati di qualità delle acque di falda, che mostrano concentrazioni di quegli stessi contaminanti significativamente più elevate tra i campioni prelevati nei piezometri parzialmente penetrati, che intercettano la sola porzione superiore dell'acquifero, da 14-15 a 20 m da p.c., rispetto a quelli prelevati nei piezometri totalmente penetrati, fenestrati per tutto lo spessore dell'acquifero.

### 5.3 Principali proprietà delle sostanze rilevate

Vengono di seguito brevemente descritte le principali proprietà delle sostanze relative alla contaminazione rilevata:

#### Idrocarburi Alifatici

Gli idrocarburi sono composti organici costituiti da carbonio ed idrogeno; i composti appartenenti a tale classe hanno proprietà chimico-fisiche molto differenti tra loro: i pesi molecolari variano in un range molto ampio, così come pure i loro punti di ebollizione e la loro solubilità; possono essere molto fluidi o viscosi, molto volatili o relativamente non volatili; la densità è generalmente inferiore a quella dell'acqua.

La variabilità delle caratteristiche chimico-fisiche dei singoli idrocarburi ed il fatto che tali composti si presentano generalmente in miscele, porta a comportamenti molto diversi, dipendenti sia dalla composizione specifica della contaminazione sia dalle caratteristiche del mezzo in cui gli idrocarburi sono presenti.

In linea generale, gli idrocarburi eventualmente sversati sul terreno si infiltrano all'interno di esso e tendono a scendere verso il basso, sotto l'effetto della gravità e contrastati dalle forze capillari.

Attraverso lo strato di terreno non saturo gli idrocarburi raggiungono la frangia capillare e la superficie libera di falda; se il composto in esame è leggero, ossia ha peso specifico minore di quello dell'acqua, finisce per galleggiare sulla frangia capillare, altrimenti il moto verso il basso continua anche all'interno di essa, fino a raggiungere il fondo dell'acquifero.

Gli idrocarburi leggeri vengono comunemente indicati con la sigla LNAPL (light non-aqueous phase liquids), mentre quelli pesanti, con peso specifico maggiore di quello

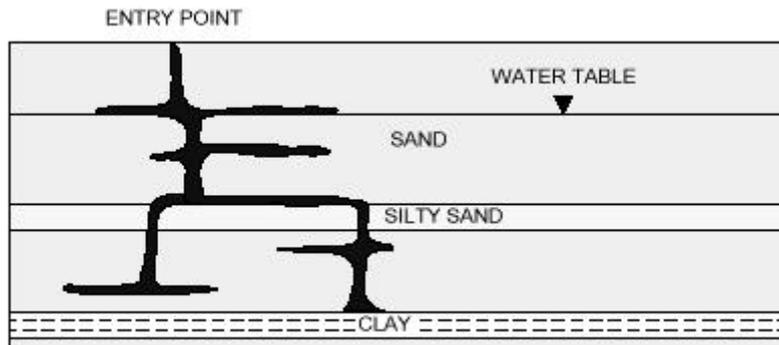
dell'acqua, con la sigla DNAPL (dense non-aqueous phase liquids). Di quest'ultima categoria fanno parte la maggior parte dei solventi clorurati che nel sottosuolo presentano solubilità in acqua piuttosto elevata, alta tensione interfacciale (che ne limita la mobilità nel sottosuolo), elevata densità, moderata viscosità e tendenza a distribuirsi in modo irregolare nel suolo.

### Idrocarburi Aromatici

Gli idrocarburi aromatici sono composti organici caratterizzati dall'anello esagonale del benzene, che costituisce il capostipite della famiglia. I principali composti del gruppo sono: Toluene, Stirene, Xileni, ed Etilbenzene che con il Benzene sono alcuni dei principali costituenti delle benzine. Tali composti sono caratterizzati da proprietà chimico-fisiche simili tra loro. La loro densità è inferiore a quella dell'acqua. Sono sostanze piuttosto volatili, solubili e mobili in acqua, caratterizzate da valori del peso molecolare compresi tra 78 (benzene) e 106 (xileni). solubilità in acqua compresa tra 1780 mg/l a 25 °C (benzene) e 198 mg/l a 20 °C (xileni) e pressione di vapore compresa tra 95 mm Hg a 25 °C (benzene) e 7 mm Hg a 20 °C (etilbenzene).

### Composti Organoclorurati

Tali composti sono costituiti da idrocarburi aromatici o alifatici a catena lineare o ramificata in cui uno o più atomi di idrogeno sono sostituiti da un composto alogeno (tipicamente cloro). Questa famiglia di composti è dotata di elevata solubilità in acqua e di elevata mobilità e normalmente hanno un peso specifico superiore a quello dell'acqua. Tali prodotti, pertanto, se presenti in fase smiscelata nella zona satura del sottosuolo, tendono ad affondare e vengono denominati Dense Non Aqueous Phase Liquids (DNAPLs). Il movimento verticale risente in modo molto sensibile della variazione di permeabilità e granulometria degli strati di terreno attraversati: l'elevata tensione interfacciale, in particolare, rende difficile l'attraversamento di lenti di materiale fine e provoca un movimento orizzontale del prodotto proprio al di sopra di tali lenti, fino a che l'accumulo di prodotto ed il conseguente aumento della pressione da esso esercitata, non riesce a vincere le forze che si oppongono alla percolazione verso il basso. Tali meccanismi danno vita ad una tipica distribuzione a "lenti" e "frecce", come quella di seguito riportata, tratta da *Technologies for Dense Nonaqueous Phase Liquid Source Zone Remediation* - John C. Fountain, 1998



### Metalli pesanti

Il comportamento dei metalli pesanti nei suoli dipende in modo determinante dalla forma ionica in cui si trovano e dalle condizioni chimiche dei suoli: pH, potenziale RedOx, concentrazioni di ossigeno e di ioni. In generale si può ritenere che la mobilità dei composti metallici tenda ad aumentare al decrescere del pH. Infatti, a pH basso i metalli si trovano in forma dissociata e aumenta quindi la loro solubilità. In forma indissociata (ossidi o idrossidi a pH elevato) la loro solubilità è invece limitata e diminuisce quindi la pericolosità per l'ambiente.

## 6 OBIETTIVI DI QUALITÀ PER LA FALDA CONFINATA

Come dettagliatamente illustrato nei report periodici di monitoraggio ed indicato nel capitolo relativo al modello concettuale, la falda confinata sottostante lo Stabilimento petrolchimico evidenzia, per alcuni parametri, superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla Tabella 2 dell'Allegato 5 della Parte Quarta - Titolo V del D.Lgs 152/06. La matrice falda confinata è da considerarsi pertanto "potenzialmente contaminata" ai sensi dello stesso D.Lgs 152/06 e, di conseguenza, è stata oggetto di uno studio di Analisi di rischio finalizzato a determinare le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), che costituiscono gli obiettivi di qualità della falda sulla base delle quali valutare gli eventuali interventi di bonifica necessari.

Il presente documento include la revisione dello studio di Analisi di rischio per la falda confinata, presentata alle PP.AA. nell'ottobre 2006 (cfr APPENDICE 2). L'analisi è stata condotta secondo le modalità previste dal D.Lgs 152/06 (cfr. Allegato 1 alla Parte Quarta - Titolo V) e successive modifiche ed integrazioni (cfr. Art. 43, comma 2, del DLgs 4/08). Sono inoltre state recepite le osservazioni della Conferenza di Servizi del 09/06/08 (cfr Verbale n.090608).

Per i criteri metodologici, i parametri di input utilizzati nello studio ed i risultati ottenuti si rimanda integralmente all'APPENDICE 2 in allegato.

In particolare, nella tabella 1-D dell'allegato D dell'APPENDICE 2 vengono riportati i valori delle CSR calcolate, sia per i COCs (Constituents of Interest, sostanze di interesse) organici che inorganici, quali nuovi obiettivi di qualità della matrice falda confinata sottostante lo Stabilimento Petrolchimico.

Il confronto tra le CSR e le concentrazioni osservate nell'ambito dei periodici monitoraggi ha permesso di individuare le aree del sito non conformi ai valori accettabili calcolati. La finalità degli interventi di bonifica consiste, pertanto, nella progressiva riduzione del carico inquinante disciolto in falda, fino al raggiungimento degli obiettivi indicati nella tabella 1-D dell'allegato D in APPENDICE 2 (CSR).

## 7 STATO DI CONTAMINAZIONE DELLA FALDA CONFINATA ALLA LUCE DELLE CSR INDIVIDUATE

Alla luce delle nuove concentrazioni soglia individuate dallo studio di Analisi di rischio di cui all'APPENDICE 2 (CSR), è stata effettuata una valutazione critica dei risultati delle campagne di monitoraggio pregresse, allo scopo di definire lo stato qualitativo della matrice acqua della falda confinata ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i..

In particolare, ritenendo maggiormente rappresentativi dell'attuale stato della falda confinata i dati analitici più recenti, sono stati considerati i risultati:

- nelle ultime campagne di monitoraggio della qualità della acque della falda (febbraio 2008, luglio-agosto 2007 e novembre-dicembre 2006)
- dei monitoraggi effettuati nel 2006, nell'area ad est del campo prova del PZPBA020.

Per ciascun punto di monitoraggio selezionato, è stato analizzato il trend qualitativo dei monitoraggi eseguiti, considerando fenomeni di contaminazione i casi in cui il superamento delle CSR calcolate è stato confermato nel tempo ed escludendo gli eventi isolati

Da tale analisi è emersa, per quanto riguarda i parametri organici, una situazione di non conformità di tipo puntuale per il benzene e 1,2-Dicloroetilene, nella porzione orientale dello Stabilimento in prossimità dei piezometri PZPBA024÷026, e, per il parametro Idrocarburi totali (espressi come n-Esano), nell'area centrale, in prossimità del PZPBA013. Per quanto riguarda le sostanze clorurate, è confermata la contaminazione estesa da Cloruro di vinile nell'area centro-orientale dello Stabilimento, ove è presente in concentrazioni superiori alle CSR calcolate.

Non sono state, invece, identificati casi di contaminazione imputabili a sostanze inorganiche. Le non conformità relative al parametro Alluminio riscontrate nella campagna di monitoraggio di febbraio 2008 nella porzione Nord dello Stabilimento, nell'area compresa tra i piezometri PZPEC010bis e PZPEC049, ed al Piombo nel PZPBA014, nella medesima campagna (sempre conforme dal 2003), appaiono, infatti, occasionali. Analogamente, il superamento della CSR calcolata per il Nichel nel

PZPEC029 nella sola campagna di luglio-agosto 2007, risulta sporadica (unica precedente eccedenza riscontrata nel 2005).

Per quanto riguarda le sostanze inorganiche, ed in particolare:

- ◆ Alluminio nel PZPEC010bis e PZPEC049, eccedenti le CSR esclusivamente nell'ultima campagna di monitoraggio del febbraio 2008,
- ◆ Nichel nel PZPEC029 in due campagne analitiche nel 2005 e nel 2007 e comunque non confermata nell'ultima campagna (il valor medio di tutte le campagne eseguite, 2003÷2008, è pari alla metà della CSR),
- ◆ Piombo nel PZPBA014, eccedente la CSR esclusivamente nell'ultima campagna di monitoraggio del febbraio 2008 e sempre conforme dal 2003 con almeno un ordine di grandezza inferiore alla CSC,

si ritiene opportuno continuare a verificare con attenzione lo stato qualitativo dei piezometri elencati ed il permanere di condizioni di rispetto delle CSR calcolate, secondo il piano di monitoraggio indicato nel Capitolo 11.

Peraltro, essendo le analisi sui metalli influenzate dalla eventuale presenza di solidi in sospensione nei campioni, si ritiene che le proposte di modifica delle modalità di monitoraggio, di cui al Capitolo 11, possano plausibilmente portare ad una più corretta valutazione delle effettive concentrazioni dei metalli nella fase disciolta.

Il parametro Arsenico, infine, presente in tutte le aree dello Stabilimento, è stato escluso dall'Analisi di rischio, a causa della sua diffusione, internamente ed esternamente al sito. Nel Verbale della CdS istruttoria del 9 giugno 2008 si rimanda l'individuazione di uno specifico valore di background ad un apposito piano di indagine ambientale, che coinvolgerà l'intero territorio ferrarese.

In ALLEGATO 3 si riporta la planimetria con la rappresentazione dello stato qualitativo delle acque della falda confinata che mostra, puntualmente, i superamenti delle CSR calcolate con l'AdR. Per completezza, nella medesima planimetria, sono riportati anche i limiti delle sorgenti areali di potenziale contaminazione individuate nello studio dell'AdR (cfr. APPENDICE 2).

La "zona PZPEC023" dello Stabilimento deve intendersi esclusa dalle valutazioni del presente documento.

## 8 TECNOLOGIA DI BONIFICA SELEZIONATA

### 8.1 Bioremediation assistita

Alla luce delle caratteristiche idrogeologiche e di contaminazione della falda confinata, della necessità di privilegiare il ricorso a tecniche che favoriscano la riduzione della movimentazione ed il trattamento nel sito, delle risultanze ottenute dai test di laboratorio e di campo eseguiti e delle esperienze maturate a livello nazionale ed internazionale in termini di sperimentazione dell'efficacia della bioremediation assistita, FWIENV ritiene applicabile con successo la tecnologia di bioremediation assistita alla contaminazione organica rinvenuta nella falda.

#### 8.1.1 Descrizione dei processi

Il sistema è basato su un processo di ossigenazione delle acque di falda che possiede le stesse finalità di un classico sistema di Biosparging, ma presenta un differente approccio operativo. La tecnica di bonifica prevede l'installazione in falda di sorgenti a lento rilascio di ossigeno (Oxygen Release Compounds, ORC nel seguito) prolungato nel tempo (da 6 a 12 mesi).

Gli ORC sono particolari composti che utilizzano le proprietà del Perossido di Magnesio ( $MgO_2$ ), o dell'ossidrossido di calcio ( $CaO(OH)_2$ ), di rilasciare a contatto con l'acqua di falda ossigeno libero.

Spesso, l'ossigeno rappresenta il fattore limitante per la biomassa in grado di degradare aerobicamente le sostanze organiche presenti nel sottosuolo o in falda. Senza un'adeguata concentrazione di ossigeno disciolto i processi di degradazione possono essere inibiti, oppure rallentati e trasformarsi in un più lento processo di degradazione anossica o anaerobica.

#### 8.1.2 Modalità di applicazione degli ORC

Il rilascio degli ORC *in situ* può avvenire tramite differenti modalità di applicazione, la cui scelta dipende dalle condizioni idrogeologiche (oscillazione del livello di falda, velocità di falda e permeabilità dell'acquifero) e dalle condizioni idrochimiche (estensione

volumetrico-areale e caratteristiche qualitative del plume della contaminazione) che si riscontrano sull'area di intervento.

I risultati osservati nel corso dei test pilota condotti nel 2006, indicano che l'installazione di calze (socks) a lento rilascio di ossigeno, all'interno di piezometri appositamente realizzati perpendicolarmente alla direzione di flusso richiederebbe un interasse ben inferiore a 5 metri (valore ipotizzato nel Progetto Preliminare di Bonifica della Falda Confinata). Pertanto, per ottimizzare il sistema (aumento dei raggi di influenza delle fonti di rilascio di ossigeno e riduzione contenuta dell'interasse tra i pozzi di bonifica), si ritiene preferibile provvedere all'iniezione in pressione di ORC nel sottosuolo, secondo le modalità di seguito descritte.

Inoltre, al fine di massimizzare il rilascio di ossigeno in falda, si ritiene preferibile, rispetto a quanto precedentemente ipotizzato (ed utilizzato nei test pilota del 2006), l'impiego del più recente prodotto commerciale ORC-Advanced™, costituito da Ossidrossido di calcio  $\text{CaO}(\text{OH})_2$ , Idrossido di calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e Carbonato di calcio  $\text{CaCO}_3$ , (vedi scheda di sicurezza riportata in ALLEGATO 4d), nel quale la percentuale in peso di ossigeno liberato è pari al 17% contro il 10% del prodotto standard (+70%).

#### Borehole injection

Questa tecnica di applicazione consiste nell'iniezione, mediante una pompa, di una soluzione a base di ORC, direttamente in falda, attraverso appositi pozzi/piezometri. Anche in questo caso, così come per l'installazione tramite "calze", viene assicurata la presenza di una sorgente attiva a rilascio continuo di ossigeno, ma, a parità di punti di iniezione, tale metodologia permette di "spingere" direttamente in falda il prodotto, superando la limitazione fisica costituita del volume della "calza", e di incrementare il raggio di influenza di ciascun pozzo di iniezione (cfr Peter D. Tacy, 2001 "Vinyl Chloride Attenuation By Direct Injection of Time-Release Magnesium Peroxide"; Greenwald et al., 1999 "Field demonstration of a permeable bioreactive barrier for leachate control")

## 9 DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI BONIFICA

Nel presente capitolo sono descritti gli interventi di bonifica selezionati per il sito in oggetto.

### 9.1 Bioremediation assistita

Come indicato nel Capitolo 7, la contaminazione di sostanze organiche, presente nella falda confinata, è riferibile principalmente a solventi clorurati (Cloruro di Vinile) e secondariamente a composti aromatici (Benzene) e Idrocarburi totali (espressi come n-Esano).

FWIENV prevede, quale intervento di bonifica mirato a riportare entro le CSR la concentrazione dei suddetti composti, l'ossigenazione dell'acqua della falda confinata attraverso una tecnica che sfrutta la capacità di rilascio di ossigeno libero da parte di specifici composti (prodotto commerciale ORC-Advanced™).

Il sistema di bonifica prevede la realizzazione di n° 4 barriere per il rilascio di ossigeno, per uno sviluppo totale di ca. 460 m (vedi ALLEGATO 4b). La scelta dell'ubicazione delle n°4 barriere di bioremediation assistita è stata dettata dalla necessità di intervenire principalmente in prossimità dell'asse della plume di CVM, dove sono stati registrati i valori maggiori, in modo da attenuarne le concentrazioni sino a valori inferiori alle rispettive CSR individuate con l'AdR.

Come descritto nel Par. 8.1.2, per evitare di installare pozzi di trattamento con interasse inferiore ai 2 metri (nel caso di utilizzo di "calze"), si prevede di utilizzare la tecnica dell'iniezione in pressione di una miscela di acqua e ORC. In questo caso, i pozzi potranno essere realizzati con interasse di ca. 4 metri.

Le barriere saranno costituite, complessivamente, da n° 118 pozzi di iniezione e da n° 12 piezometri di monitoraggio (di cui n. 8 di nuova realizzazione).

Le barriere di bioremediation assistita saranno così realizzate (cfr. planimetria in ALLEGATO 4b):

- ◆ BA n°01: Lunghezza 136 m, n°35 pozzi di iniezione con interasse 4 m. N°4 piezometri di monitoraggio di nuova realizzazione (PZPMBA01÷04);
- ◆ BA n°02: Lunghezza 120 m, n°31 pozzi di iniezione con interasse 4 m. N°2 piezometri di monitoraggio di nuova realizzazione (PZPMBA05-06);
- ◆ BA n°03: Lunghezza 84 m, n°22 pozzi di iniezione con interasse 4 m. N°2 piezometri di monitoraggio di nuova realizzazione (PZPMBA07) e n°1 piezometro esistente (PZPBA022 e PZPBA024);
- ◆ BA n°04: Lunghezza 116 m, n°30 pozzi di iniezione con interasse 4 m. N°2 piezometri di monitoraggio di nuova realizzazione (PZPMBA07÷08) e n°2 piezometri esistenti (PZPBA051-53).

Dal punto di vista operativo, la fattibilità delle barriere (ubicazione pozzi) è stata verificata attraverso un sopralluogo in campo e la consultazione della documentazione disponibile relativa alla presenza di sottoservizi nelle aree di intervento. Ove in fase esecutiva, ad esempio durante eventuali prescavi, si riscontrassero ostacoli all'installazione di singoli pozzi o tratti di barriera, la posizione di questi potrà essere variata, minimizzando l'impatto sulla configurazione complessiva dei sistemi. Analogamente, qualora in futuro, le opere realizzate risultassero interferenti con impianti o infrastrutture necessari al normale mantenimento/sviluppo delle attività produttive dello stabilimento, si provvederà, previa tempestiva comunicazione agli Enti competenti, alla rilocazione dei pozzi incompatibili con le suddette strutture.

La configurazione dei sistemi di bonifica così definita è strettamente connessa alla direzione ed alla velocità di deflusso della falda confinata, ed è pertanto vincolata alle condizioni al contorno ed in particolare alle operazioni di emungimento nell'area esterna ad Est dello stabilimento.

L'intervento interesserà un orizzonte di 5 metri di spessore della porzione superiore dell'acquifero confinato (profondità compresa tra 15 e 20 m da p.c.), caratterizzato dalle concentrazioni più significative di contaminanti (cfr. Par. 5.2).

I pozzi di iniezione saranno realizzati mediante perforazione di sondaggi a carotaggio continuo con rivestimento a seguire di diametro 150 mm attrezzati con tubi in PVC (Sch. 80),  $\Phi = 2"$ , aperture pari 0,5÷1 mm (slot size), fessurati nella porzione superiore della

falda confinata (indicativamente da 15 a 20 m da p.c.). La pressione di iniezione sarà funzione della resistenza offerta dal corpo acquifero (sarà utilizzata una pompa in grado di fornire sino a 20 bar di pressione).

Lo schema tipico di un pozzo di iniezione in pressione è riportato in ALLEGATO 4c.

La soluzione da iniettare sarà costituita da ORC-Advanced™ ed acqua potabile, miscelati in un'apposita vasca in quantitativi tali da generare un prodotto finale con un contenuto in solidi pari a ca. il 10% in peso. Senza l'utilizzo di strutture fisse per l'iniezione serbatoi o pompe. Al termine dell'iniezione sarà immessa in pressione, all'interno del piezometro, una quantità di acqua potabile pari a tre volte il volume del piezometro (180 litri), in modo da assicurare che tutta la soluzione fluisca nel terreno e non rimanga alcuna traccia di ORC all'interno del pozzo stesso, che altrimenti andrebbe a solidificarsi rendendo inutilizzabile il piezometro per le successive iniezioni.

A partire dalla richiesta chimica d'ossigeno della falda confinata (90° percentile del COD), che include il fabbisogno biologico per la degradazione dei contaminanti, stimata sulla base dei monitoraggi dei fenomeni di attenuazione naturale e dei campi prova di bioremediation assistita, è stato possibile calcolare il quantitativo di ORC necessario. Per ogni punto di trattamento sarà iniettata una miscela costituita da ca. 40 kg di ORC e 365 litri di acqua.

E' possibile prevedere l'utilizzo di ca. 4.750 kg di prodotto/evento e 64.500 l di acqua/evento, distribuiti sui 118 punti di iniezione.

In funzione dei risultati dei periodici monitoraggi della performance del sistema sarà possibile aggiornare il calcolo dei quantitativi di acqua ed ORC per gli eventi di iniezione successivi al primo. Il prodotto ORC è in grado di rilasciare Ossigeno in falda per un periodo di circa nove mesi; pertanto, con il medesimo intervallo, verranno effettuate nuove iniezioni in pressione di sostanze ORC attraverso i pozzi delle barriere realizzate.

Ipotizzando un raggio di influenza di ciascun pozzo di circa 2 metri, è possibile stimare un volume interessato dal trattamento pari a circa 4600 m<sup>3</sup> (460 m lineari x 5 metri di profondità x 2 m di larghezza), corrispondenti a circa 8000 t. Il rapporto in peso tra ORC (sostanza secca) e terreno è, quindi, pari a circa 0,6 ‰.

Tale dato evidenzia la trascurabile entità di eventuali modifiche fisiche (tessitura, porosità efficace, conducibilità idraulica dell'acquifero) conseguenti le iniezioni previste.

## 9.2 Realizzazione e monitoraggio del primo modulo dei sistemi di bonifica

Al fine di verificare l'efficienza del nuovo prodotto commerciale (ORC-Advanced™) e della diversa modalità di applicazione dello stesso, l'installazione dei sistemi di bonifica sopra descritti procederà per step successivi, realizzando inizialmente un primo modulo della barriera di bioremediation assistita BA n°03, costituito da n° 3 punti di iniezione in pressione di ORC (cfr Allegato 4e).

Infatti, considerato lo stato qualitativo delle acque della falda confinata e la presenza di un buon numero di piezometri di monitoraggio, realizzati nel 2006 in occasione dei test pilota di bioremediation assistita (PZPBA021÷26), si ritiene opportuno realizzare tale primo modulo dei sistemi di bonifica nell'area Basell in prossimità dell'area parcheggio a nord del PZPBA020.

I pozzi di iniezione saranno realizzati con interasse 4 metri, mediante perforazione di sondaggi a carotaggio continuo con rivestimento a seguire di diametro 150 mm attrezzati con tubi in PVC (Sch. 80),  $\Phi = 2"$ , aperture pari 0,5÷1 mm (slot size), fessurati nella porzione superiore della falda confinata (indicativamente da 15 a 20 m da p.c.).

Le attività di iniezione della soluzione a base di ORC saranno svolte, per ogni punto di iniezione, seguendo la suddetta sequenza:

- Miscelazione della sostanza di ORC in polvere (ca. 40 kg) con la quantità di acqua prevista (ca. 365 l) per ogni iniezione in piezometro;
- Collegamento a tenuta della testa pozzo alla tubazione di mandata della pompa di iniezione;
- Pompaggio della soluzione ORC nell'acquifero attraverso la fenestratura presente nel piezometro a ca. 15-20 metri da p.c.;
- Controllo della pressione di iniezione come indicatrice della resistenza alla dispersione della miscela nell'acquifero;
- Immissione in pressione di una quantità di acqua pari a tre volte il volume del piezometro (compresi vuoti dello spessore anulare del dreno) al fine di evitare il consolidamento della miscela all'interno del piezometro con conseguente intasamento della fenestratura.

La fase di monitoraggio avrà una durata complessiva di 6÷10 mesi.

Prima di eseguire le operazioni di iniezione delle sostanze a rilascio di ossigeno verrà effettuato un monitoraggio delle acque (piezometri PZPBA021÷26, tutti profondi 20 metri e fenestrati tra 15 e 20 m da p.c.) quale "baseline" del test. A partire dalla fine del terzo mese dopo l'iniezione, per ciascun piezometro di monitoraggio, si eseguirà, con cadenza mensile, fino all'evidenza dell'esaurimento dell'effetto ossigenante, la determinazione dei seguenti parametri idrochimici mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica:

- ◆ Temperatura;
- ◆ pH;
- ◆ Ossigeno disciolto;
- ◆ Potenziale Redox;
- ◆ Conducibilità specifica.

In corrispondenza dei medesimi piezometri, a partire dal terzo mese dopo l'iniezione, si procederà, inoltre, con frequenza bimestrale e fino al riscontro dell'esaurimento dell'effetto ossigenante, al prelievo di campioni di acqua di falda da avviare a successive analisi chimiche di laboratorio per la determinazione dei seguenti parametri:

- ◆ pH;
- ◆ Contaminanti: BTEX, Idrocarburi totali, solventi clorurati;
- ◆ Prodotti della degradazione biologica anaerobica: etano, etene; metano;
- ◆ Ferro ( $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ ) e Manganese ( $Mn^{2+}$  e  $Mn^{4+}$ );
- ◆ Nitrati, Solfati;
- ◆ BOD e COD.

Una volta verificato l'esaurimento dell'effetto dei composti a lento rilascio di ossigeno, si provvederà ad eseguire un nuovo ciclo di trattamento, finalizzato, in particolare, a rilevare eventuali incrementi della resistenza all'iniezione della miscela nell'acquifero (controllo della pressione di pompaggio), indicativi di possibili fenomeni di intasamento del dreno/terreno circostante il pozzo, verificatisi in occasione dal primo ciclo di applicazione.

I risultati dei suddetti monitoraggi consentiranno di verificare/ottimizzare i parametri progettuali dei sistemi di bonifica che saranno realizzati durante il secondo step, in termini di interasse dei pozzi di trattamento, frequenza e modalità di applicazione (iniezione in pressione o inserimento di “calze”), intervallo tra i cicli di trattamento, quantità e tipologia dei composti a lento rilascio di ossigeno (ORC o ORC Advanced). Si ritiene che le eventuali differenze di tali dati, ove limitate, rispetto a quanto indicato nel Capitolo 9, non costituiscano una significativa variante progettuale. In ogni caso, le eventuali modifiche saranno comunicate tempestivamente agli Enti competenti.

## 10 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA DELLA BONIFICA

Per verificare l'efficienza e l'efficacia dei sistemi di bonifica installati ed il raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati, sono previste due differenti tipologie di monitoraggio.

### 10.1 Monitoraggio della performance dei sistemi di bioremediation assistita

Al fine di verificare il corretto dimensionamento/funzionamento dei sistemi di bonifica, in corrispondenza dei n° 12 piezometri di controllo ubicati a monte e a valle delle n° 4 barriere di bioremediation assistita (vedi Tabella 10.1), si eseguirà, con cadenza trimestrale, mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica, la determinazione dei seguenti parametri idrochimici:

- ◆ Temperatura;
- ◆ pH;
- ◆ Ossigeno disciolto;
- ◆ Potenziale Redox;
- ◆ Conducibilità specifica.

In corrispondenza dei medesimi piezometri, ogni 3 mesi durante il primo ciclo di trattamento e ogni 6-9 mesi successivamente, si procederà inoltre al prelievo di campioni di acqua di falda da avviare a successive analisi chimiche di laboratorio per la determinazione dei seguenti parametri:

- ◆ pH;
- ◆ Contaminanti: Benzene, Idrocarburi totali, Cloruro di Vinile, 1,1 Dicloroetilene;
- ◆ Prodotti della degradazione biologica anaerobica: etano, etene; metano;
- ◆ Ferro ( $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ ) e Manganese ( $Mn^{2+}$  e  $Mn^{4+}$ );
- ◆ Nitrati, Solfati;
- ◆ BOD e COD.

**Tabella 10.1: elenco piezometri – monitoraggio performance sistemi di bioremediation assistita**

Progressivo	Sigla	N° barriera BA	Note
1	PZPMBA001	1	Nuova realizzazione
2	PZPMBA002	1	Nuova realizzazione
3	PZPMBA003	1	Nuova realizzazione
4	PZPMBA004	1	Nuova realizzazione
5	PZPMBA005	2	Nuova realizzazione
6	PZPMBA006	2	Nuova realizzazione
7	PZPBA022	3	Esistente
8	PZPBA024	3	Esistente
9	PZPEC051	4	Esistente
10	PZPEC053	4	Esistente
11	PZPMBA007	4	Nuova realizzazione
12	PZPMBA008	4	Nuova realizzazione

L'ubicazione planimetrica dei suddetti n°12 piezometri è riportata in ALLEGATO 4b.

I nuovi piezometri di monitoraggio saranno realizzati mediante perforazione a carotaggio continuo, utilizzando un carotiere  $\Phi$  133 mm seguito da un rivestimento provvisorio  $\Phi$  200 mm ed attrezzati con tubi in PVC (Sch. Standard)  $\Phi$  = 4", aperture pari 0,5 mm (slot size), fessurati nella porzione superiore della falda confinata (indicativamente da 15 a 20 m da p.c.).

I risultati dei suddetti monitoraggi consentiranno di ottimizzare i parametri operativi dei sistemi di bonifica. Si prevede, infatti, in relazione all'avanzamento della bonifica, la possibilità che si rendano necessarie variazioni di frequenza dei cicli di iniezione, della quantità di ORC/pozzo, ecc, rispetto a quanto indicato nel Capitolo 9. Pertanto, pur ritenendo che tali eventuali modifiche non costituiscano una variante progettuale, saranno sempre comunicate tempestivamente agli Enti competenti.

## 10.2 Monitoraggio dello stato di avanzamento della bonifica

Al fine di verificare il progressivo raggiungimento degli obiettivi di bonifica (CSR) nelle aree soggette ad intervento (porzioni 2 e 3 del Plume 1), si prevede l'esecuzione, in tali aree, di campagne di monitoraggio ogni 6 ÷ 9 mesi. In particolare, la prima campagna sarà effettuata dopo 2 cicli di iniezioni, (12÷18 mesi dopo il primo ciclo).

Si propone il campionamento di una rete di monitoraggio costituita esclusivamente da piezometri totalmente penetrati. Le caratteristiche costruttive di tali piezometri, fenestrati su tutto lo spessore dell'acquifero profondo, assicurano, infatti, agli stessi una maggiore rappresentatività dell'effettivo stato delle acque della falda confinata (cfr. Capitolo 5).

Per garantire un'adeguata copertura delle aree da monitorare, si prevede l'esecuzione di ulteriori n°4 piezometri totalmente penetrati sino al letto dell'acquifero confinato.

Pertanto, il monitoraggio dello stato qualitativo della falda sarà eseguito su una rete costituita da n°9 piezometri totalmente penetrati, di cui n° 4 relativi alla porzione 2 e n° 4 alla porzione 3, così come riportato in Tabella 10.2.

Il PZPEC030, a valle idrogeologica dell'area sorgente, permetterà di confermare il permanere di condizioni di conformità alle CSC delle acque di falda confinata in uscita del sito, relativamente ai parametri oggetto degli interventi di bonifica.

**Tabella 10.2: elenco piezometri – monitoraggio stato di avanzamento bonifica**

Progressivo	Sigla	Società	Porzione area sorgente
1	PZPBA018	BASELL	2
2	PZPBA019	BASELL	2
3	PZPBA032	BASELL	2
4	PZPBA033	Basell	2
5	PZPBA020	BASELL	3
6	PZPEF003	SEF	3
7	PZPEC056	Syndial	3
8	PZPEC057	Syndial	3
9	PZPEC030	Syndial	-

L'ubicazione planimetrica dei piezometri di cui sopra è riportata in ALLEGATO 4a.

In Tabella 10.3 è riportato l'elenco dei suddetti n°4 nuovi piezometri ed una nota esplicativa della proposta di realizzazione.

**Tabella 10.3: elenco piezometri di nuova realizzazione**

Progressivo	Sigla	Società	In sostituzione del piezometro parzialmente penetrato:
1	PZPBA033	Basell	PZPBA012
2	PZPEF003	SEF	PZPEF002
3	PZPEC056	Syndial	Piezometro integrativo
4	PZPEC057	Syndial	Piezometro integrativo

I nuovi piezometri di monitoraggio saranno realizzati mediante perforazione a carotaggio continuo, utilizzando un carotiere  $\Phi$  133 mm seguito da un rivestimento provvisorio  $\Phi$  200 mm ed attrezzati con tubi in PVC (Sch. Standard)  $\Phi = 4"$ , aperture pari 0,5 mm (slot size), fessurati in corrispondenza dell'intero spessore dell'acquifero confinato (indicativamente da 20 a 40 m da p.c.).

Il monitoraggio riguarderà esclusivamente i seguenti analiti, in quanto eccedenti le CSR ed oggetto degli interventi di bonifica:

- **Composti Organici Aromatici** (Benzene);
- **Alifatici clorurati cancerogeni** (Cloruro di vinile, 1,1-dicloroetilene);
- **Altre sostanze - Idrocarburi** (n-Esano -Idrocarburi totali come-).

#### **10.2.1 Criteri di verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica**

Le campagne di monitoraggio di cui sopra permetteranno di osservare il progressivo avanzamento della bonifica nelle aree di intervento. In particolare, in accordo con quanto indicato dalle Linee Guida APAT (cfr APPENDICE 1), la Concentrazione Rappresentativa della Sorgente, nel caso in cui il numero di dati disponibili (intesi come numero di piezometri campionati all'interno di una sorgente/porzione di sorgente, per campagna di monitoraggio) sia inferiore a 10, coincide con il valore più conservativo per la stima di tale parametro (valore massimo misurato).

Qualora a seguito dei risultati della singola campagna di monitoraggio, le Concentrazioni Rappresentative della Sorgente relative a ciascuna delle sostanze di interesse risultassero inferiori alle CSR calcolate per la specifica porzione del Plume 1, si procederà all'interruzione del trattamento di bioremediation assistita nella porzione medesima per un periodo di tempo sufficiente a verificare possibili fenomeni di "rebound".

Le campagne di monitoraggio, a questo punto, saranno condotte con frequenza semestrale.

Una volta appurata la conformità alle CSR dei composti di interesse per almeno 3 successive campagne analitiche (18 mesi), la bonifica della singola pozione potrà considerarsi definitivamente conclusa.

Nel caso in cui, invece, le campagne analitiche mostrassero nuovamente il superamento di una o più sostanze alle CSR calcolate, gli interventi di bonifica saranno tempestivamente riattivati.

### **10.3 Gestione acque di spurgo e aliquote di campionamento non utilizzate**

In accordo a quanto previsto dal D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii, con particolare riferimento alla Parte Terza, Sezione II “Tutela delle acque dall’inquinamento”, Art.74 “Definizioni”, comma ff, ove tecnicamente fattibile, le acque derivanti dalle attività di spurgo del piezometro e propedeutiche al campionamento, saranno convogliate direttamente alla fognatura di processo dello stabilimento tramite condotta per essere trattate all’impianto TAE, fatta salva la rispondenza qualitativa ai valori massimi ammissibili in ingresso all’impianto stesso.

Qualora le condizioni di cui sopra non fossero contemporaneamente verificate, si procederà al deposito temporaneo delle acque di spurgo dei piezometri in appositi contenitori plastici da 1 m<sup>3</sup> (bulk) ed al successivo smaltimento/recupero presso impianto autorizzato, ai sensi della vigente normativa sui rifiuti.

Le aliquote derivanti dal campionamento delle acque di falda, non utilizzate per le analisi di laboratorio, saranno conservate per un periodo pari a 6 mesi, passato il quale si procederà alla loro alienazione, come da autorizzazione del Comune di Ferrara, al punto B della nota tecnica del 20/06/06.

### **10.4 Reportistica**

Saranno predisposti, con cadenza annuale, report dettagliati sulle attività in corso d’opera, relativi, in particolare, alla realizzazione delle barriere di bonifica previste ed ai monitoraggi periodici ad esse connesse (performance e stato di avanzamento bonifica).

## 11 VERIFICA DI STABILITÀ DELLE CONDIZIONI DI CONFORMITÀ DELLE ACQUE DELLA FALDA CONFINATA

Al fine di verificare il permanere delle attuali condizioni di conformità ai livelli di accettabilità qualitativa (CSC o CSR, ove determinate) delle acque della falda confinata, sia nelle aree non sottoposte a bonifica che in quelle sottoposte a bonifica, limitatamente ai parametri già attualmente conformi, si propone l'esecuzione di n° 4 campagne di monitoraggio, in un arco temporale complessivo di 5÷6 anni (una ogni 15÷18 mesi), a partire dallo start up del sistema di bonifica full scale. La frequenza effettiva sarà funzione di quella individuata per il monitoraggio dello stato di avanzamento della bonifica (cfr Paragrafo 10.2), al fine di ottimizzare la raccolta e l'interpretazione dei dati relativi ad entrambi. Al termine del periodo di osservazione il monitoraggio sarà definitivamente interrotto, ove confermate le attuali condizioni di conformità delle acque della falda confinata.

Analogamente a quanto indicato per il monitoraggio della performance dei sistemi di bonifica, si prevede il campionamento di una rete di monitoraggio costituita esclusivamente da piezometri totalmente penetrati.

Per garantire un'adeguata copertura dell'intera superficie dello Stabilimento, incluse le aree definite dall'AdR come sorgenti isolate, e la rappresentatività lungo la direzione di falda, è stata selezionata una rete di n°14 piezometri interni totalmente penetrati (cfr Tabella 11.1), di cui n°7 di nuova realizzazione (cfr Tabella 11.2). La rete di monitoraggio è integrata da n° 4 piezometri esterni (PZPES004, PZPES005, PZPES008, PZPES011), al fine di verificare la qualità delle acque della falda confinata in ingresso al sito.

L'ubicazione planimetrica dei piezometri di monitoraggio di cui sopra è riportata in ALLEGATO 5.

In occasione di ogni campagna, si provvederà inoltre al rilievo piezometrico di tutti i piezometri totalmente penetrati presenti sul sito.

**Tabella 11.1: rete di piezometri totalmente penetrati per il monitoraggio della qualità delle acque della falda confinata**

Progressivo	Sigla	Società
1	PZPBA019	Basell
2	PZPBA020	Basell
3	PZPCE002	CEF
4	PZPEC024	Syndial
5	PZPEC029	Syndial
6	PZPEC030	Syndial
7	PZPEC049	Syndial
8	PZPEC058	Syndial
9	PZPEC059	Syndial
10	PZPEC060	Syndial
11	PZPEC061	Syndial
12	PZPHA007	Yara
13	PZPHA010	Yara
14	PZPPG002	Nylco
15	PZPES004	Yara
16	PZPES005	Syndial
17	PZPES008bis	Syndial
18	PZPES011	Syndial

**Tabella 11.2: piezometri della rete di monitoraggio di nuova realizzazione**

Progressivo	Sigla	Società	In sostituzione del piezometro parzialmente penetrato:
1	PZPCE002	CEF	PZPCE001
2	PZPHA009	Yara	PZPHA004
3	PZPPG002	Nylco	PZPPG001
4	PZPEC058	Syndial	PZPEC008
5	PZPEC059	Syndial	PZPEC003
6	PZPEC060	Syndial	PZPEC047
7	PZPEC061	Syndial	PZ17

I nuovi piezometri di monitoraggio saranno realizzati mediante perforazione a carotaggio continuo, utilizzando un carotiere  $\Phi$  133 mm seguito da un rivestimento provvisorio  $\Phi$  200 mm ed attrezzati con tubi in PVC (Sch. Standard)  $\Phi$  = 4", aperture pari 0,5 mm (slot size), fessurati in corrispondenza dell'intero spessore dell'acquifero confinato (indicativamente da 15 a 40 m da p.c.).

Al fine di ottimizzare la gestione dei dati, continuando a garantire la significatività e la rappresentatività delle attività di monitoraggio, FWIENV, sulla scorta dei risultati delle

campagne finora condotte (cfr APPENDICE 1) propone di ricercare tutti gli analiti previsti dal Protocollo Operativo dell'Aprile 2002 ad eccezione:

- del parametri Cobalto (Co), poiché risultato conforme in tutte le campagne di monitoraggio eseguite dal 2003 in poi (in oltre il 90% dei casi il valore è risultato inferiore di un ordine di grandezza al limite di legge),
- dell'Acido paraftalico, risultato sempre inferiore ai limiti di rilevabilità strumentale.

Per quanto riguarda Rame (Cu), Zinco (Zn) e Cromo esavalente (CrVI), la cui determinazione era stata richiesta dalla CdS in data 17/06/03, si ritiene che tali parametri possano essere esclusi dai futuri monitoraggi poiché risultati sempre conformi ai limiti di legge nei monitoraggi eseguiti dal 2003 in poi. In particolare, il parametro Cu è risultato sempre inferiore di un ordine di grandezza al limite di legge, lo Zn in ca. il 99% dei casi ed il CrVI sempre inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

Per evitare che eventuali sospensioni colloidali al momento del prelievo dell'acqua di falda possano causare interferenze analitiche sui risultati relativi ai metalli, si provvederà a filtrare il campione in campo mediante filtro  $\varnothing$  0,45  $\mu$ m e si eseguirà, pertanto, l'analisi dei metalli, a seguito di appropriata acidificazione, esclusivamente sulla matrice filtrata.

Il campionamento della matrice filtrata in campo è già stato eseguito nelle precedenti campagne di monitoraggio della falda superficiale, mostrando un apprezzabile effetto su alcuni dei metalli rilevati.

Tale procedura è stata inoltre avallata dall'Istituto Superiore della Sanità (ISS) nel recente parere n° 08/04/08 – 0020925, che recita a riguardo: *“Tale approccio, che prevede in generale la filtrazione delle acque sotterranee destinate all'analisi dei metalli pesanti (...) consente, per i metalli, la ripetibilità delle misure effettuate (la presenza di particolato e sospensioni colloidali nel campione può infatti causare interferenze analitiche non eliminabili) (...). Pertanto si ritiene che detta metodica possa essere adottata in via generale per tutti i siti”*.

La determinazione dei composti organici, invece, continuerà ad essere effettuata sul campione tal quale.

In sintesi, il monitoraggio riguarderà i seguenti analiti:

- **Metalli** (Al, As, Pb, Hg, Ni – campione filtrato)
- **Composti Organici Aromatici** (Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, para-Xilene);
- **Alifatici clorurati cancerogeni** (Clorometano, Cloroformio, Cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloropropano, 1,1,2-tricloroetano, Tricloroetilene, 1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano, Tetracloroetilene, Esaclorobutadiene);
- **Alifatici clorurati non cancerogeni** (1,1 dicloroetano, 1,2-dicloroetilene);
- **Alifatici alogenati cancerogeni** (Tribromometano, 1,2 dibromoetano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano);
- **Clorobenzeni** (1,2-diclorobenzene);
- **Altre sostanze - Idrocarburi** (n-Esano -Idrocarburi totali come-).

### 11.1 Criteri di verifica del permanere degli obiettivi di bonifica

Nel caso in cui emergesse uno stato di potenziale contaminazione in un piezometro attualmente conforme, si provvederà a campionare tale piezometro con cadenza trimestrale per 6 mesi. Ove il risultato fosse confermato in entrambe le occasioni:

- superamento della CSC - si eseguirà un aggiornamento dell'analisi di rischio, considerando tale piezometro quale nuova sorgente, al fine di verificarne l'effettivo stato di contaminazione (caso superamento CSC);
- superamento della CSR (già determinata nel presente documento) - si identificheranno gli interventi integrativi di bonifica necessari da sottoporre agli Enti competenti per approvazione.

Qualora, invece, i risultati analitici dei campionamenti successivi non confermassero l'eccedenza alle CSC/CSR, il dato sarà considerato anomalo ed il piezometro rientrerà nell'abituale piano di monitoraggio. In tal caso, al termine del periodo di osservazione, il monitoraggio sarà definitivamente interrotto, considerando confermate le attuali condizioni di conformità delle acque della falda confinata.

## 11.2 Gestione acque di spurgo e aliquote di campionamento non utilizzate

Per quanto riguarda la gestione delle acque di spurgo dei piezometri sottoposti a monitoraggio e le aliquote di prelievo dei campioni non utilizzate si veda quanto indicato nel Par. 10.3.

## 11.3 Reportistica

Saranno predisposti, al termine di ogni campagna, report dettagliati sulle attività effettuate, contenenti, in particolare, i risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati e la ricostruzione dell'andamento piezometrico della falda confinata.

## 11.4 Dismissione di piezometri anomali

Nel corso delle numerose campagne di monitoraggio eseguite sulla falda confinata si è riscontrato, per taluni piezometri parzialmente penetrati, il danneggiamento della bocca pozzo, un anomalo livello piezometrico e in taluni casi, nonostante le ripetute attività di pulizia, problemi correlati alla scarsa ricarica e/o elevata torbidità.

In particolare:

- il PZPBA008 evidenzia un danneggiamento a bocca pozzo (ubicato a quota inferiore al p.c.);
- il PZPBA016 è caratterizzato da significative anomalie della quota assoluta di falda confermandosi negli ultimi eventi di monitoraggio come “alto” piezometrico;
- il PZPHA005 è caratterizzato da significative anomalie della quota assoluta di falda confermandosi negli ultimi eventi di monitoraggio come “alto” piezometrico;
- il PZPHA002 ha evidenziato ripetutamente un intasamento del fondo pozzo, nonostante le ripetute attività di pulizia mediante air-lift, ed è stato pertanto escluso dalla rete di monitoraggio adottata negli ultimi campionamenti.

Pertanto, considerato l'elevato numero di punti di monitoraggio esistenti nello Stabilimento, ed i nuovi previsti, si propone la cementazione di tali piezometri.

## 12 CRITERI DI PROTEZIONE DEI LAVORATORI E DELLA POPOLAZIONE E COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi di bonifica descritti nel presente progetto dovranno garantire che non si verifichino emissioni di sostanze pericolose per la salute degli operatori che operano sul sito e della popolazione limitrofa nelle fasi di:

1. realizzazione pozzi di trattamento nelle previste aree di intervento di bioremediation assistita,
2. iniezione periodica della miscela acqua-ORC nei pozzi di trattamento,
3. monitoraggio periodico della qualità delle acque della falda confinata, della performance dei sistemi di bioremediation assistita e dei fenomeni di attenuazione naturale.

Tali obiettivi saranno garantiti attraverso la selezione di appaltatori qualificati che seguano politiche di sicurezza adeguate agli standard richiesti dalle normative vigenti, dalle Società coinesediate presso lo stabilimento e dalle rispettive procedure interne.

Tutte le attività di bonifica, descritte nel presente documento, saranno gestite nel pieno rispetto della vigente normativa in materia di sicurezza sul lavoro (D.Lgs. n° 81 del 09/04/08).

Ciascuna delle Committenti fornirà alle imprese appaltatrici dettagliate informazioni sui rischi specifici esistenti nell'ambiente in cui sono destinati ad operare e sulle misure di prevenzione e di emergenza adottate in relazione alla propria attività. Tutte le informazioni inerenti la sicurezza e la gestione di eventuali emergenze saranno portate a conoscenza di tutti i lavoratori impiegati in cantiere. Prima dell'inizio delle attività sarà predisposto un apposito Piano di Sicurezza che sviluppi i principi generali esposti nel presente paragrafo ed illustri nel dettaglio le attività e le lavorazioni da eseguire, i potenziali rischi per il personale interessato da tali attività e le modalità e/o procedure necessarie per una corretta esecuzione in sicurezza delle attività stesse e per minimizzare al contempo i potenziali rischi a queste connessi.

Saranno utilizzati tutti i dispositivi di protezione individuale per la sicurezza dei lavoratori, secondo quanto previsto dalla Normativa vigente. Gli addetti impegnati nell'esecuzione dei lavori saranno dotati come minimo di:

- scarpe antinfortunistica;
- elmetto di protezione per il capo;
- guanti;
- occhiali.

La realizzazione di nuovi pozzi/piezometri e le attività di preparazione ed iniezione della miscela acqua-ORC saranno effettuate utilizzando attrezzature e macchinari conformi, per caratteristiche tecniche e stato di manutenzione, alle direttive previste dalla vigente normativa. Le aree di cantiere saranno adeguatamente perimetrate con idonea cartellonistica e segnaletica.

In ogni caso, l'accesso di personale e mezzi all'interno delle aree oggetto delle attività sarà disciplinato dalle procedure vigenti all'interno dello Stabilimento.

Prima dell'avvio delle specifiche attività, sarà verificata la presenza di linee interrato, sottoservizi o impianti di qualsiasi natura che possano interferire con le operazioni di cantiere che interessano il sottosuolo, mediante consultazione della documentazione disponibile relativa allo Stabilimento o, in caso si ritenga necessario, tramite opportuno prescavo.

### 13 TEMPISTICA DEGLI INTERVENTI

Gli interventi descritti nel presente documento prevedono, a seguito dell'approvazione dello stesso da parte degli Enti competenti:

1. realizzazione e monitoraggio primo modulo di bioremediation assistita mediante iniezione in pressione del prodotto commerciale ORC-Advanced™;
2. verifica dell'adeguatezza / revisione del dimensionamento dei sistemi di bonifica di cui al presente progetto e ingegnerizzazione di dettaglio degli stessi;
3. realizzazione dei pozzi di trattamento di bioremediation assistita e dei nuovi piezometri di monitoraggio;
4. iniezione periodica nei pozzi di trattamento della miscela acqua-ORC (ogni 9 mesi circa);
5. monitoraggio periodico della performance dei sistemi di bioremediation assistita;
6. monitoraggio periodico dello stato di avanzamento della bonifica.

La durata prevista per la realizzazione ed il monitoraggio del primo modulo di bonifica di cui al punto 1 è stimata in circa 6÷12 mesi.

La durata prevista per le attività di cui al punto 2 è stimata in circa 2 mesi.

La durata prevista per la realizzazione delle opere di cui a punto 3 è stimata in circa 5-6 mesi.

La durata prevista per l'esecuzione delle attività di cui al punto 4, da ripetersi ogni 9 mesi circa, è stimata in circa 1 mese.

Le attività periodiche di monitoraggio, di cui ai punti 5 e 6, saranno eseguite secondo le frequenze illustrate nel Capitolo 10.

In ALLEGATO 7 è riportato il cronogramma delle attività di cui sopra.

Sulla base dello stato qualitativo e delle caratteristiche idrogeologiche (velocità effettiva) delle acque di falda, dell'ubicazione delle barriere di bioremediation assistita e della

quantità di ORC di cui è prevista l'iniezione ad ogni evento, è possibile prevedere una durata indicativa delle attività di bonifica di 10 anni.

In particolare, la suddetta stima è stata ricavata considerando l'orizzonte temporale necessario affinché:

- le acque contaminate della falda confinata (ricadenti nelle porzioni 2 e 3 della Plume 1) transitino attraverso le barriere di bonifica previste (10,4 anni);
- venga rilasciato in falda, attraverso i pozzi di iniezione previsti, una quantità di ossigeno pari alla relativa domanda chimica (COD) associata alle acque contaminate della falda confinata ricadenti nelle porzioni 2 e 3 della Plume 1 e destinate a transitare nella porzione di acquifero sottoposto a bonifica (n° 11 cicli di iniezione, corrispondenti a circa 8,25 anni).

Una conferma di tale stima potrà essere effettuata dopo un periodo minimo di esercizio dei sistemi previsti pari a circa 2 anni, nel quale sarà monitorata l'evoluzione dello stato qualitativo delle acque della falda confinata.

## 14 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

In ALLEGATO 8 sono elencate e valorizzate (stima  $\pm$  20%) le opere di bonifica di cui al presente documento, comprensive delle attività di gestione, manutenzione e di verifica della performance dei sistemi e delle tecnologie previste e di monitoraggio dell'evoluzione della qualità delle acque della falda confinata.

Dalla stima restano esclusi i seguenti costi:

- oneri per la Direzione dei Lavori ai sensi della normativa vigente;
- oneri per la sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione lavori, che ammontano normalmente al 3 - 5 % dell'importo complessivo dei lavori;
- fornitura utilities (acqua, energia elettrica ecc.).

## **ALLEGATO 1: Ubicazione dei piezometri in falda confinata**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**59 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

**ALLEGATO 2: Tabulato piezometri di monitoraggio acque sotterranee e piezometria della falda confinata - Giugno 2008 (estratto dal Report di monitoraggio piezometrico Gennaio – Giugno 2008, FWIENV Giugno 2008)**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**60 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

Progressivo	Piezometro	Est	Nord	Quota b.p. (m s.l.m.)	Soggiacenza Giugno 08 (m da b.p.)	Quota falda m s.l.m.
1	PZPAM002	1704659.169	4972001.054	5.534	2.54	2.99
2	PZPAM003	1704671.46	4971999.37	5.707	2.71	3.00
3	PZPBA017	1704632.917	4970699.054	6.1953	3.67	2.53
4	PZPBA018	1704719.255	4970727.439	6.4715	4.13	2.34
5	PZPBA019	1704798.955	4970870.45	5.9735	3.51	2.46
6	PZPBA020	1705044.148	4970864.587	6.44	4.12	2.32
7	PZPBA032	1704874.335	4970776.991	6.3579	3.92	2.44
8	PZPEC024	1704483.585	4970590.898	6.6655	4.08	2.59
9	PZPEC025	1704724.49	4971497.466	6.1629	3.48	2.68
10	PZPEC026	1704822.164	4971312.147	6.6654	4.11	2.56
11	PZPEC027	1704858.449	4971396.074	7.192	4.64	2.55
12	PZPEC028	1705005.078	4971596.775	6.7119	4.08	2.63
13	PZPEC029	1705143.699	4971312.167	6.7226	4.37	2.35
14	PZPEC030	1705269.367	4971024.209	5.7228	3.58	2.14
15	PZPEC049	1704740.885	4971714.353	5.9416	3.14	2.80
16	PZPES001	1705514.673	4970383.232	6.0993	3.82	2.28
17	PZPES002	1704883.218	4969881.278	7.1101	4.62	2.49
18	PZPES003	1704609.81	4969774.596	7.0562	4.50	2.56
19	PZPES004	1704360.557	4969994.484	7.9611	5.35	2.61
20	PZPES005	1703784.998	4970830.902	6.1472	3.32	2.83
21	PZPES006	1703950.375	4970472.552	6.8537	4.08	2.77
22	PZPES007	1704320.788	4971689.357	6.2699	3.38	2.89
23	PZPES008	1703987.682	4972153.675	5.0985	1.90	3.20
24	PZPES009	1704105.56	4972511.966	5.2283	1.55	3.68
25	PZPES010	1705278.197	4972239.478	5.4995	-	-
26	PZPES011	1705330.378	4971876.333	5.1697	2.43	2.74
27	PZPES012	1704726.993	4972127.296	5.0327	1.90	3.13
28	PZPES080	1705345.353	4972197.448	5.6992	-	-
29	PZPES081	1705280.019	4972095.76	5.506	2.50	3.01
30	PZPES082	1705378.493	4972087.103	5.1134	2.14	2.97
31	PZPHA007	1705205.902	4970385.944	6.0458	3.74	2.31
32	PZPHA008	1704682.505	4970420.406	6.44	3.94	2.50
33	PZPPE003	1704347.05	4971123.827	6.3631	3.65	2.71
34	PZPPE004	1704112.145	4971261.789	6.2169	3.39	2.83

Ottobre 2008  
Rev. 0  
61 di 69

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Progetto operativo di bonifica della falda confinata  
ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.  
Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A

**ALLEGATO 3: Stato qualitativo della matrice falda confinata alla luce delle CSR calcolate**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**62 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

**ALLEGATO 4: Dimensionamento dei sistemi di bonifica**

- 4a Rete di piezometri della falda confinata - Piezometri di monitoraggio dello stato di avanzamento della bonifica
- 4b Ubicazione barriere di bioremediation assistita e piezometri di monitoraggio
- 4c Schema tipico di un pozzo di iniezione in pressione
- 4d Scheda di sicurezza prodotto commerciale ORC Advanced™
- 4e Layout del primo modulo dei sistemi di bioremediation assistita

## **ALLEGATO 5: Piezometri di monitoraggio della qualità delle acque di falda**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**64 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

**ALLEGATO 6: Piezometria della falda confinata (febbraio 2008) – Estratto dal documento “Campagna di monitoraggio della acque della falda confinata”, FWIENV, febbraio 2008**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**65 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

## **ALLEGATO 7: Cronogramma delle attività di bonifica**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**66 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

## **ALLEGATO 8: Computo metrico estimativo**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**67 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

**APPENDICE 1: Sintesi delle attività di indagine ambientale condotte sul sito (2002 – 2008)**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**68 di 69**

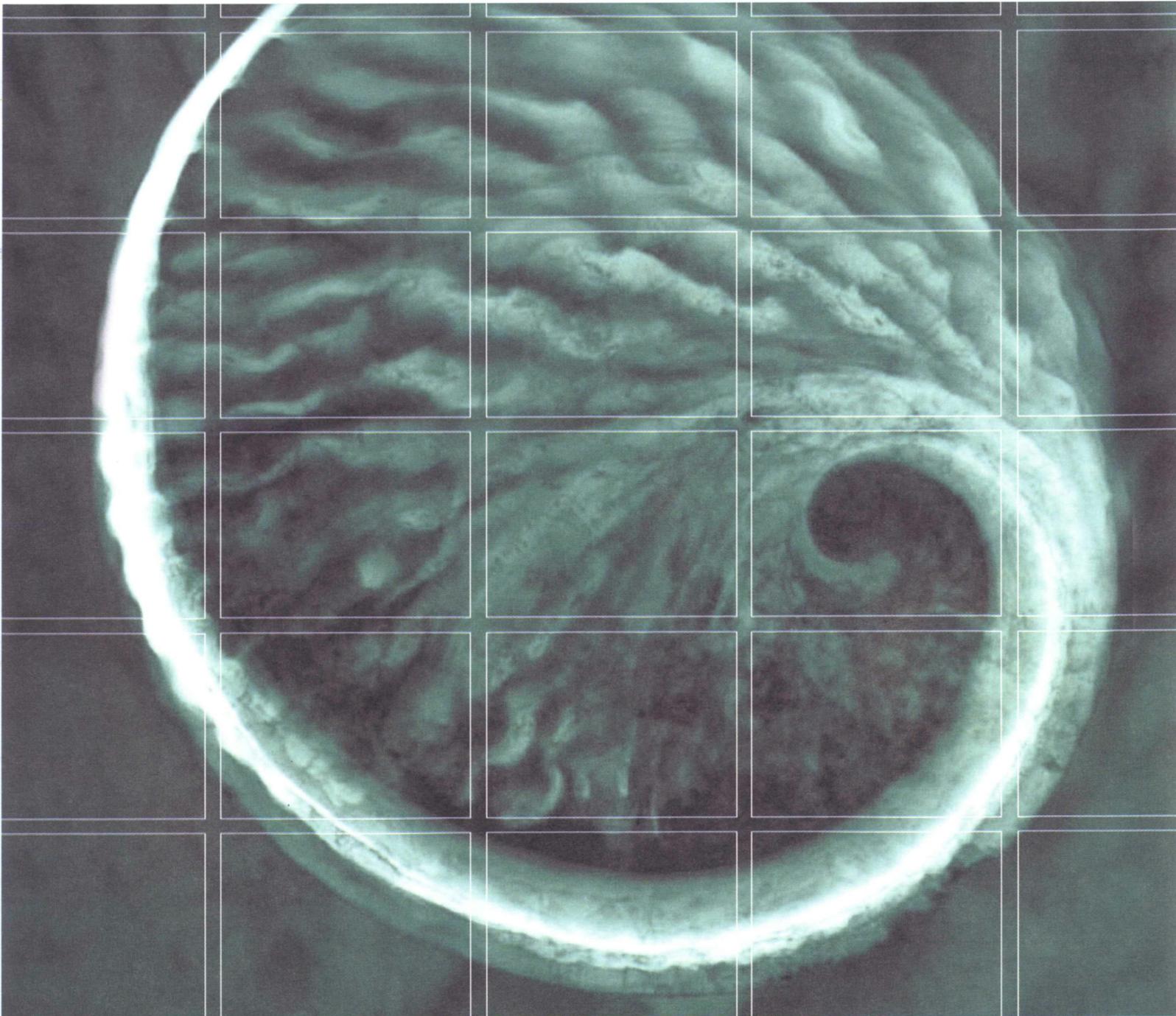
**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*

**APPENDICE 2: Analisi di Rischio sulla falda confinata ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**

---

**Ottobre 2008**  
**Rev. 0**  
**69 di 69**

**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**  
**Progetto operativo di bonifica della falda confinata**  
**ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.**  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0299A*



## **Progetto Preliminare di Bonifica del suolo e della falda superficiale**

**Stabilimento di Ferrara**

dicembre 2004

[www.erm.com](http://www.erm.com)

Yara Italia SpA

Progetto Preliminare di  
Bonifica del suolo e della  
falda superficiale:  
*Stabilimento di Ferrara*

**ERM sede di Milano**

Via San Gregorio, 38  
I-20124 Milano  
T: +39 0267440.1  
F: +39 0267078382

[www.erm.com/italy](http://www.erm.com/italy)



Yara Italia SpA

# Progetto Preliminare di Bonifica del suolo e della falda superficiale: *Stabilimento di Ferrara*

23 dicembre 2004

Rif. 0024079

Preparato da: Luca Ferioli

Questo documento è stato preparato da Environmental Resources Management, il nome commerciale di ERM Italia S.r.l., con la necessaria competenza, attenzione e diligenza secondo i termini del contratto stipulato con il Cliente e le nostre condizioni generali di fornitura, utilizzando le risorse concordate.

ERM Italia declina ogni responsabilità verso il Cliente o verso terzi per ogni questione non attinente a quanto sopra esposto.

Questo documento è riservato al Cliente. ERM Italia non si assume alcuna responsabilità nei confronti di terzi che vengano a conoscenza di questo documento o di parte di esso.

---

Piero Mori  
*Project Director*

---

Lorenzo Sacchetti  
*Project Manager*

## INDICE

1	<b>INTRODUZIONE</b>	1
2	<b>RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE E ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO</b>	3
2.1	<b>SINTESI DELLE INDAGINI ESEGUITE</b>	3
2.2	<b>CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA</b>	4
2.3	<b>CONTAMINAZIONI RILEVATE</b>	6
2.4	<b>MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO</b>	8
3	<b>ANALISI DELLE TECNOLOGIE ADOTTABILI</b>	11
3.1	<b>AREE DI INTERVENTO OMOGENEE</b>	11
3.2	<b>OBIETTIVI DEGLI INTERVENTI</b>	11
3.3	<b>INDIVIDUAZIONE DELLE TECNOLOGIE ADOTTABILI</b>	12
4	<b>DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE SCELTE E DEGLI INTERVENTI PREVISTI</b>	13
4.1	<b>CRITERI DI SELEZIONE DELLE TECNOLOGIE</b>	13
4.2	<b>TECNOLOGIE SELEZIONATE</b>	13
5	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI</b>	16
5.1	<b>SCAVO E SMALTIMENTO</b>	16
5.2	<b>ATTENUAZIONE NATURALE ASSISTITA CON ORC</b>	18
5.3	<b>MONITORAGGIO DELL'ATTENUAZIONE NATURALE</b>	22
6	<b>COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI</b>	23
6.1	<b>SCAVO E SMALTIMENTO</b>	23
6.2	<b>ATTENUAZIONE NATURALE ASSISTITA CON ORC</b>	24
6.3	<b>MONITORAGGIO ATTENUAZIONE NATURALE</b>	25
7	<b>AREE DI COMPATIBILITÀ TRA INTERVENTI DI BONIFICA E MODIFICA O POTENZIAMENTO DELLE ATTIVITÀ INDUSTRIALI</b>	26
8	<b>TEMPI DI ESECUZIONE DEI LAVORI</b>	27
9	<b>COMPUTO METRICO ESTIMATIVO</b>	28

**FIGURE**

- 1 Ubicazione del sito di Ferrara
- 2 Ubicazione dei punti di indagine
- 3 Superamenti dei limiti DM 471/99 per il suolo e le acque di falda
- 4 Ubicazione aree omogenee
- 5 Schema degli interventi proposti
- 6 Aree non impattate dalla contaminazione

**ALLEGATI**

- A Diagramma di Gantt

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento, preparato da *Environmental Resources Management* (nel seguito *ERM Italia*) per *Yara Italia S.p.A.* (nel seguito *Yara*), costituisce il Progetto Preliminare di Bonifica del Suolo e della Falda Superficiale (Faldina) ai sensi del DM 471/99 dello stabilimento *Yara* di Ferrara (*Figura 1*).

In accordo con quanto previsto dai criteri generali stabiliti dal DM 471/99 per la redazione di progetti preliminari di bonifica, il presente Progetto Preliminare illustra e valuta le indagini precedentemente condotte nell'area, definisce qualitativamente gli obiettivi di bonifica, analizza e seleziona le migliori tecnologie di bonifica che possono essere adottate e presenta gli interventi di bonifica proposti.

Gli elaborati già presentati nell'ambito della procedura di bonifica relativi allo stabilimento *Yara* di Ferrara sono i seguenti:

- *Ambiente S.p.A.* - "Piano della Caratterizzazione"; approvato dal Comune di Ferrara con Atto di Giunta dell'11 Gennaio 2002.
- *Simpes S.r.l.* - "Relazione Tecnica Descrittiva - Interventi di Caratterizzazione Ambientali e ai sensi del D.M. 471/99"; consegnato alle Autorità Competenti nel mese di Dicembre 2002.
- *FWIENVI* - "Progetto Preliminare di Bonifica della falda confinata"; redatto nel mese di Dicembre 2003.
- *Foster Wheeler Italiana S.p.A.* - "Attività integrative di caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99" - redatto nel mese di Giugno 2004.
- *Foster Wheeler Environmental Italia* - "Bonifica del terreno e della faldina superficiale sospesa - linee guida" preparato da nell'Ottobre 2003.

Il presente documento si articola nelle sezioni di seguito elencate.

- *Risultati della Caratterizzazione e Analisi dei Livelli di Inquinamento (Capitolo 2)*, in cui vengono sintetizzate le indagini condotte nell'area, aggiornato il quadro ambientale e formulato il Modello Concettuale Definitivo del sito.
- *Analisi delle Tecnologie Adottabili (Capitolo 3)*, in cui vengono individuate le aree omogenee di intervento individuate e sono elencate e sinteticamente descritte le tecnologie di bonifica potenzialmente applicabili al caso specifico.
- *Descrizione delle Tecnologie Scelte e degli Interventi Previsti (Capitolo 4)*, in cui vengono proposti gli obiettivi di bonifica e sono selezionati gli interventi previsti per le aree impattate individuate in stabilimento sulla base di un'analisi costi/benefici.

- *Descrizione degli interventi (Capitolo 5)*, in cui vengono dettagliati gli interventi di bonifica proposti.
- *Compatibilità ambientale degli interventi (Capitolo 6)* in cui vengono presentati i potenziali impatti provocati dagli interventi di bonifica per quanto attiene alla salute e alla sicurezza degli operatori di cantiere e del personale presente in stabilimento e illustrati gli interventi di mitigazione che verranno attuati per contenere i rischi per la salute umana e l'ambiente naturale.
- *Tempi di esecuzione dei lavori (Capitolo 7)*, in cui vengono presentate le tempistiche di realizzazione del progetto;
- *Computo metrico estimativo (Capitolo 8)* in cui, sulla base dei dati al momento disponibili, vengono calcolati gli oneri da sostenere per il completamento degli interventi di bonifica.

## 2 RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE E ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO

### 2.1 SINTESI DELLE INDAGINI ESEGUITE

Nel sito in esame sono state realizzate numerose campagne d'indagine delle matrici ambientali terreno ed acque sotterranee come di seguito dettagliato. L'ubicazione dei punti di indagine è illustrata in *Figura 2*.

#### *a) Indagini effettuate sulla base del Piano della Caratterizzazione approvato*

##### I. Maggio ÷ Ottobre 2002

- Perforazione di n° 77 sondaggi geognostici (identificati dalle sigle SHA001 ÷ SHA077);
- prelievo di n° 416 campioni di terreno ed analisi degli stessi applicando le metodologie indicate nelle Tabelle 1 e 2 del Protocollo Operativo;
- installazione di 10 piezometri superficiali (identificati dalle sigle PZSHA001 ÷ PZSHA010) e di 8 piezometri di monitoraggio profondi (identificati dalle sigle PZPHA001 ÷ PZPHA008) per il monitoraggio delle acque sotterranee;
- misure geotecniche e prove di permeabilità (Lefranc, Slug Test);
- rilievo planoaltimetrico di tutti i sondaggi geognostici realizzati.

#### *b) Indagini integrative eseguite come richiesto in Conferenza di Servizi del 17 Giugno 2003 e del 5 Agosto 2003*

##### II. Agosto 2003

- Perforazione di n° 3 sondaggi geognostici esterni al sito (identificati dalle sigle PZSES002 ÷ PZSES004);
- Installazione di 3 coppie di piezometri superficiali/profondi esterni al sito (identificati dalle sigle PZSES002 ÷ PZSES004 e PZPES002 ÷ PZPES004);
- prelievo ed analisi di 16 campioni di terreno;
- rilievo planoaltimetrico dei sondaggi realizzati.

##### III. Febbraio 2004

- Perforazioni di n° 10 sondaggi geognostici (identificati dalle sigle SH078 ÷ SHA087);
- prelievo ed analisi di 60 campioni di terreno;
- rilievo planoaltimetrico dei sondaggi realizzati.

## 2.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Nell'area in oggetto è identificabile la presenza di una falda sospesa (faldina superficiale), ospitata all'interno di un corpo acquifero di modesto spessore costituito da materiale di riporto (strato 1), sabbie limose, limi sabbiosi e/o limi argillosi (strato 2), la cui tavola d'acqua è collocata ad una profondità compresa tra 1 e 2,5 m da p.c. circa (soggiacenza media paria 1,8 m da p.c. ad ottobre 2003), con oscillazioni massime stagionali variabili tra 0,5 e 1,5m (Bartolomei et alii, 1976). La *Figura 2.1* la struttura idrogeologica sopra sintetizzata.

Le quote piezometriche sono comprese mediamente tra 3 e 5 m s.l.m.. Prove idrauliche (slug test), condotte nel 2002 su tale strato, hanno evidenziato basse conducibilità idrauliche nell'ordine di  $10^{-7}$  /  $10^{-6}$  m/s. Ad una profondità variabile tra 3 e 5 metri da p.c., si colloca un orizzonte dapprima limoso-argilloso poi francamente argilloso (strato 3) la cui genesi è legata essenzialmente alla presenza di aree paludose e di argini fluviali e che costituisce il letto della faldina superficiale.

Al di sotto si rinvencono argille grigie, mediamente plastiche, per le quali le prove Lefranc eseguite nel 2002 indicano valori di conducibilità idraulica nell'ordine di  $10^{-9}$  m/s. Le prove di pompaggio di lunga durata eseguite nel corso delle indagini integrative del 2003 non hanno evidenziato alcun apprezzabile fenomeno di drenanza dalla faldina superficiale a quella profonda, confermando la natura confinata del primo acquifero in pressione.

L'andamento del tetto della formazione argillosa evidenzia la presenza di un'alternanza di bassi ed alti strutturali. Sebbene in taluni casi gli alti strutturali della formazione argillosa emergano al di sopra del livello della tavola d'acqua, questi non costituiscono elementi di discontinuità tali da isolare porzioni ben definite della faldina superficiale. I bassi strutturali possono costituire invece zone di accumulo o ristagno ma non esistono evidenze di una loro separazione idraulica. Va in ogni caso rilevato che le innumerevoli strutture interrato presenti nell'area in esame (fondazioni, fognature, linee antincendio, tubazioni acqua di processo/raffreddamento, cavidotti), dato lo spessore ridotto e la soggiacenza molto contenuta del corpo idrico superficiale stesso, possono costituire barriere ed ostacoli più o meno accentuati e continui, risultando immerse o parzialmente immerse nella formazione acquifera.

La superficie piezometrica ricostruita attraverso l'interpolazione dei dati rilevati in campo ad ottobre 2003 evidenzia un andamento caratterizzato da zone di alto e di basso relativo difficilmente interpretabili in termini di direzioni principali di deflusso. In generale è possibile comunque individuare zone di alto piezometrico nelle aree interne dello stabilimento e valori più bassi delle quote assolute di falda lungo le zone perimetrali dello stesso, con particolare riferimento alle aree esterne settentrionali ed occidentali.

Ai confini Nord Ovest, Nord ed Est dello Stabilimento, i valori assunti dalla superficie freatica sono coerenti con livelli idrometrici misurati del Canale Boicelli, Canal Bianco e Scolo di Casaglia. La modestissima permeabilità misurata ( $10^{-6} / 10^{-7}$  m/s) e l'assenza di una significativa correlazione spaziale tra i dati di qualità della falda superficiale riscontrati porta comunque a ritenere che il flusso dalle suddette zone di alto a quelle di basso piezometrico sia molto lento e quantitativamente modesto. La velocità effettiva massima della falda risulta inferiore a valori di 1,6 m/anno ed è stata così valutata:

$$V = \frac{K \cdot i}{\eta} \quad [\text{m/s}]$$

dove:

- $K$  (conducibilità idraulica max) =  $10^{-6}$  m/s;
- $i$  (gradiente idraulico max) = 0,01;
- $\eta$  (porosità efficace) = 0,20

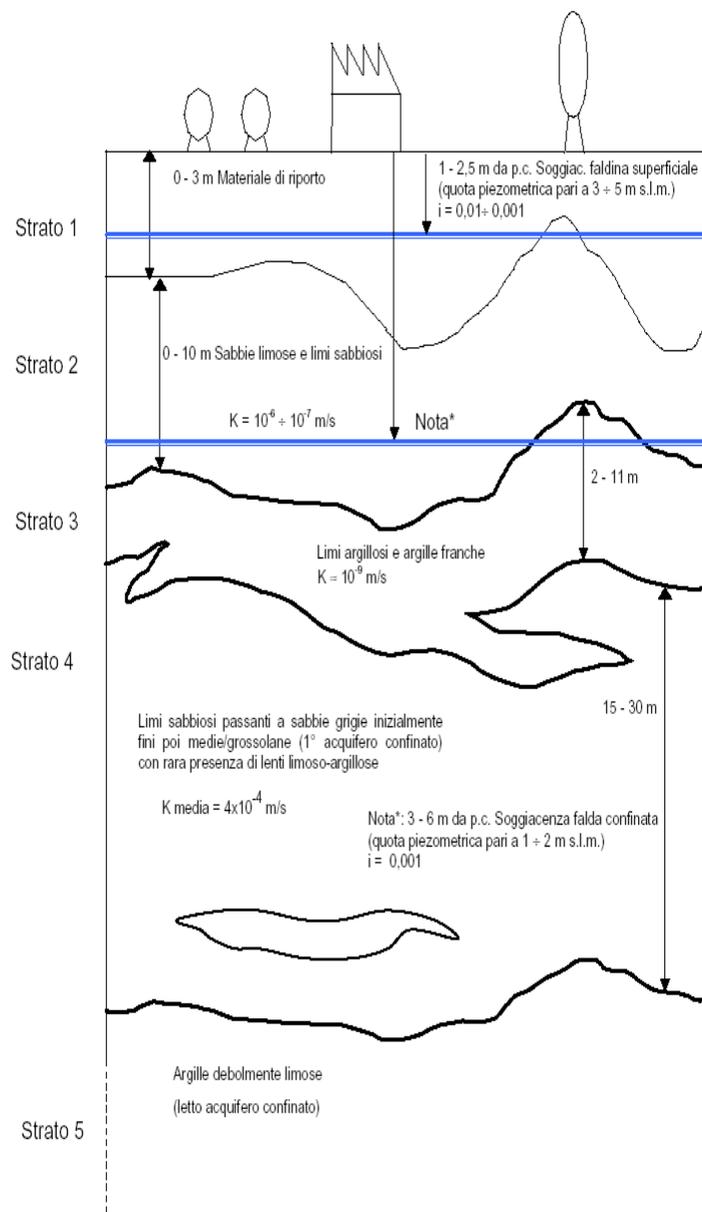
Al di sotto dello strato di argilla, a partire da una profondità media di circa 14-15 metri da p.c., è presente un orizzonte sabbioso (strato 4) che ospita la prima falda confinata, caratterizzata da una soggiacenza compresa tra 3 e 6 metri da p.c. (valore medio pari a circa 4,5 metri da p.c.) con quote piezometriche medie di circa 1-2 m s.l.m. Il gradiente piezometrico appare molto contenuto (1 ‰).

Le prove di pompaggio di lunga durata, eseguite nel periodo settembre-ottobre 2003 sui piezometri fenestrati fino alla base della falda (completamente penetranti), hanno permesso di determinare valori di conducibilità idraulica compresi tra  $2,9 \times 10^{-4}$  e  $6,3 \times 10^{-4}$  m/s (valore medio  $4 \times 10^{-4}$  m/s). Gli slug test condotti nel 2002 sui piezometri che intercettano la sola porzione superiore della falda (circa 5 metri) avevano permesso di calcolare valori di conducibilità idraulica inferiori, compresi mediamente tra  $10^{-5}$  e  $10^{-4}$  m/s. Tali risultati appaiono in accordo con la successione stratigrafica rilevata, caratterizzata dapprima da limi sabbiosi e sabbie fini (nella parte più superficiale dell'acquifero confinato) passanti, con l'aumentare della profondità, a sabbie da medie a grossolane. Viene confermato l'andamento caratterizzato dal deflusso delle acque sotterranee in direzione dell'area perimetrale orientale dello stabilimento, in corrispondenza della quale appare centrata una significativa depressione della tavola d'acqua. La velocità effettiva media, considerando valori di porosità efficace pari a 0,25 tipico di sabbie medie (Francani, 2000), di conducibilità idraulica pari a  $4 \times 10^{-4}$  m/s e di gradiente idraulico pari a 0,001, è stimabile in 50 metri/anno circa.

Relativamente alla presunta presenza di un paleoalveo all'interno dell'area dello Stabilimento, con direzione Nord - Sud, la ricostruzione delle isopache delle sabbie e sabbie limose superficiali le prove di permeabilità eseguite (slug test) e gli andamenti piezometrici ricostruiti non sembrano confermare la

presenza di evidenti vie di flusso preferenziali, caratterizzate dalla presenza di accumuli di materiali permeabili continui.

**Figura 2.1:** Schema del modello concettuale idrogeologico



### 2.3 CONTAMINAZIONI RILEVATE

Nel presente paragrafo vengono descritte le contaminazioni rilevate, suddivise per matrice indagata (cfr. Figura 3).

### 2.3.1 Terreno

I risultati della analisi condotte su campioni di terreno prelevati nel sottosuolo dello stabilimento *Yara* di Ferrara durante la campagna di indagine del 2002 hanno evidenziato l'assenza di superamenti delle CMA (Contaminazioni Massime Ammissibili previste dal D.M. 471/99 Tabella 1 Colonna B) per i parametri ricercati ad eccezione di 4 campioni in cui sono stati rilevati superamenti nelle CMA per il parametro Idrocarburi Pesanti (C>12). Per maggiori dettagli si rimanda al rapporto relativo.

Durante le attività di indagine integrative del mese di Febbraio 2004 sono stati prelevati dei campioni di terreno nell'intorno dei 4 punti dove sono stati riscontrati dei superamenti delle CMA per il parametro Idrocarburi Pesanti (C>12): dall'analisi dei campioni non sono emerse eccedenze rispetto alle CMA. Le stesse indagini integrative hanno evidenziato il superamento delle CMA per il parametro mercurio in un solo campione superficiale (SHA086/C01).

La seguente *Tabella 2.1* riporta le concentrazioni dei parametri di interesse nei punti impattati, evidenziando i superamenti delle Contaminazioni Massime Ammissibili (CMA) previste dal D.M. 471/99 Tabella 1 Colonna B.

**Tabella 2.1** *Contaminazioni Rilevate nel Terreno (mg/kg ss)*

Sondaggio	Profondità del Campione (m da p.c.)	Mercurio	Idrocarburi pesanti (C > 12)
SHA011/B	1,0 - 2,0		1360
SHA019/E	4,0- 5,0		1387
SHA037/D	3,0 - 4,0		1350
SHA050/E	4,0 - 5,0		2652
SHA086/C01	0 - 1,0	13	
CMA		5	750

In *Figura 3* sono rappresentati i superamenti riscontrati nel suolo.

### 2.3.2 Acque Sotterranee

Nel sito in esame sono presenti piezometri di monitoraggio della falda superficiale e della prima falda confinata in cui sono state eseguite una serie di campagne di campionamento delle acque sotterranee.

In questo documento vengono esaminate le analisi condotte sui campioni di acqua raccolti nei dieci piezometri di monitoraggio della falda superficiale (faldina) denominati PZSHA001 ÷ PZSHA010, durante la campagna di campionamento eseguita nel periodo tra l'8 settembre e il 1 ottobre 2003.

Relativamente a tali attività, non si sono avuti superamenti delle CMA ad eccezione di:

- *Arsenico*: sono stati registrati dei superamenti rispetto alle CMA (10 µg/l) nei punti PZSHA001 e PZSHA007 con valori rispettivamente di 81 e 15 µg/l.
- *Nichel*: anche per questo parametro sono stati rilevati due superamenti rispetto alle CMA (20 µg/l), ancora nel punto PZSHA007 e nel punto PZSHA010 con valori rispettivamente di 24 e 43 µg/l.
- *Xileni*: sono state rilevate eccedenze rispetto alle CMA (10 µg/l) con valori rispettivamente di 120 e 130 µg/l solo nei punti PZSHA002 e PZSHA005 ubicati in due aree ben distinte dello stabilimento.

La seguente *Tabella 2.2* riporta le concentrazioni dei composti di interesse con evidenziati i superamenti dei limiti di legge riscontrati nel corso dell'ultima campagna di monitoraggio eseguita nei piezometri superficiali.

**Tabella 2.2** *Contaminazioni Rilevate nelle Acque Sotterranee (µg/l)*

Punto e data	data	Arsenico	Nichel	Xileni
PZSHA001	08/09/2003	81		
PZSHA002	12/09/2003			120
PZSHA005	12/09/2003			130
PZSHA007	01/10/2003	15	24	
PZSHA010	02/10/2003		43	
CMA		10	20	10

In *Figura 3* sono rappresentati i superamenti riscontrati per le acque sotterranee.

## 2.4 MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO

Scopo del modello concettuale è la definizione delle modalità e dei meccanismi con cui sono avvenuti i fenomeni di contaminazione, nonché le relazioni esistenti tra le sorgenti di contaminazione presenti e i possibili recettori.

A tal fine sono state, per quanto possibile, identificate e ricostruite:

- le sorgenti di contaminazione;
- le caratteristiche chimico fisiche dei contaminanti;
- i meccanismi di migrazione ed i potenziali percorsi di esposizione.

### 2.4.1 Modello idrogeologico generale definitivo

Il modello idrogeologico, esposto preliminarmente nel *Paragrafo 2.2*, può essere sintetizzato come segue:

- Presenza di una falдина sospesa con uno spessore variabile tra 3 e 7 m, localizzata a circa 1- 2.5 m da p.c., caratterizzata da presenza di materiale di riporto, sabbie limose, limi sabbiosi /o limi argillosi. Tale corpo idrico è caratterizzata da una bassa permeabilità valutata in circa  $10^{-7}$  -  $10^{-6}$  m/s. La direzione di deflusso di tale falda è di difficile interpretazione; in generale è possibile comunque individuare zone di alto piezometrico nelle aree interne dello stabilimento e valori più bassi delle quote assolute di falda lungo le zone perimetrali dello stesso, con particolare riferimento alle aree esterne settentrionali ed occidentali. La velocità di flusso è contenuta in pochi metri all'anno;
- A partire da una profondità media di circa 14-15 m da p.c., è presente un orizzonte sabbioso che ospita la prima falda confinata caratterizzata da un livello piezometrico compreso tra 3 e 6 metri da p.c. (valore medio pari a circa 4,5 metri da p.c.) con quote piezometriche medie di circa 1-2 m s.l.m e gradiente idraulico contenuto (1 ‰). Lo spessore è variabile tra 15 e 30 m.

#### 2.4.2 *Sorgenti primarie di Contaminazione*

Per il sito Yara i contaminanti individuati risultano essere:

- idrocarburi C>12;
- Xileni;
- metalli (Hg, Ni, As).

Per i composti organici sopra indicati non ha evidenza della presenza di particolari sorgenti primarie quali stoccaggi, impianti o condotte, inoltre lo xilene non risulta essere stato utilizzato nei cicli produttivi insistenti nelle aree Yara. Per tale motivo si ritiene che la sorgente della contaminazione sia ascrivibile a singoli episodi avvenuti nel passato associabili a traffico veicolare o manipolazione di combustibili e/o lubrificanti.

La presenza di mercurio (peraltro non utilizzato nei cicli Yara) in uno strato superficiale di suolo fa ritenere che tale presenza sia dovuta all'uso di materiale di riporto contaminato.

La presenza di Arsenico, diffusa in larga parte dello stabilimento anche al di fuori delle aree Yara, è con ogni probabilità un fenomeno ubiquitario non collegabile all'attività industriale. Si evidenzia in questa sede che secondo quanto riferito da Yara, la produzione di ammoniaca nel sito di Ferrara non è mai stata effettuata utilizzando come catalizzatori i sali di Arsenico.

Il Nichel può essere invece correlato alla presenza di catalizzatori metallici contenenti anche tale elemento.

### 2.4.3 *Sorgenti secondarie*

Il suolo contaminato da Idrocarburi C>12 e da Mercurio in corrispondenza dei sondaggi SHA011/B, SHA019/E, SHA037/D, SHA050/E e SHA086/C01 può essere considerato come una sorgente secondaria di contaminazione per la falda superficiale.

### 2.4.4 *Percorsi di Esposizione*

Alle sorgenti secondarie individuate nel terreno non consegue nessun meccanismo di contatto dermico o trasporto eolico in quanto le aree impattate sono per la maggior parte pavimentate o comunque i contaminanti non sono stati individuati negli strati superficiali di suolo. La presenza di superfici asfaltate annulla di fatto la possibilità di contatto col terreno contaminato e limita l'entità dell'infiltrazione nel terreno e la possibilità di lisciviazione della contaminazione verso la falda. Ciò è confermato dall'assenza di alcun contributo significativo in falda nei piezometri posti a valle delle sorgenti di contaminazione.

I percorsi di esposizione attraverso contatto dermico ed ingestione dei contaminanti presenti nella falda superficiale non possono essere considerati attivi in quanto tale corpo idrico non viene utilizzato e quindi non vi è possibilità di contatto/ingestione.

Le caratteristiche chimico fisiche dei contaminanti rilevati nel suolo e nelle acque di falda fanno considerare non trascurabile la volatilizzazione a partire dagli orizzonti di terreno contaminato e dalla falda con conseguente possibilità di esposizione all'inalazione di vapori (solo per mercurio e composti organici).

L'altro meccanismo di trasporto potenzialmente attivo è quindi rappresentato dal trasporto in soluzione nelle acque sotterranee dei contaminanti lisciviati dalle aree impattate, a causa dell'infiltrazione di acqua dalla superficie. A tal proposito si evidenzia che non sono segnalati potenziali recettori a valle del sito.

### 3 ANALISI DELLE TECNOLOGIE ADOTTABILI

#### 3.1 AREE DI INTERVENTO OMOGENEE

Sulla base delle attività di caratterizzazione sinora descritte si possono individuare le seguenti aree omogenee in cui è necessario effettuare azioni di bonifica in quanto sono state rilevate concentrazioni superiori alle CMA definite dal D.M. 471/99:

- Aree di tipo A con presenza di suolo contaminato entro i 2 m da piano campagna: corrispondono alle aree dei sondaggi SHA011/B e SHA086/C01 dove sono stati rilevati rispettivamente idrocarburi C>12 e mercurio.
- Aree di tipo B con presenza di suolo contaminato da composti organici al di sotto dei 2 m da piano campagna (zona satura): corrispondono alle aree dei sondaggi SHA019/E, SHA037/D, SHA050/E dove sono stati rilevati idrocarburi C>12.
- Aree di tipo C con presenza di falda contaminata da composti idrocarburici (Xileni): corrispondono alle aree dei pozzi di monitoraggio PZSHA002 e PZSHA005.
- Aree di tipo D con presenza di falda contaminata da metalli: corrispondono alle aree dei pozzi di monitoraggio PZSHA001 (As), PZSHA007 (As e Ni) e PZSHA010 (Ni).

L'ubicazione delle aree, in corrispondenza ai punti di indagine sopra indicati, è illustrata in *Figura 4*.

#### 3.2 OBIETTIVI DEGLI INTERVENTI

##### 3.2.1 Obiettivi di Bonifica ai Sensi del DM 471/99

Secondo quanto disposto dal *DM 471/99*, lo scopo degli interventi di bonifica è di ridurre le concentrazioni nel terreno e nelle acque sotterranee entro quelle massime ammissibili riportate nell'Allegato 1 al suddetto decreto, nei limiti delle possibilità delle migliori tecnologie applicabili a costi supportabili, salvaguardando la continuità delle attività produttive.

In accordo con la normativa di riferimento, gli obiettivi di bonifica sono quelli riportati nelle tabelle contenute nell'Allegato 1 al *DM 471/99* salvo i casi in cui le tecnologie prescelte, pur rappresentando le migliori disponibili a costi supportabili, non permettano il raggiungimento di tali limiti. Questo caso è definito dalla normativa come "*Bonifica con Misure di Sicurezza*". Tale procedura è basata su un'*Analisi di Rischio* che, effettuata secondo le modalità

riportate nel DM 471/99 (Allegato 4), permette di stabilire dei limiti di concentrazione diversi da quelli tabellari, garantendo comunque un adeguato livello di salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente.

### **3.2.2 Aree di tipo A**

Sono aree con presenza di contaminanti (idrocarburi C>12 e mercurio) negli strati superficiali di suolo; per tali aree l'obiettivo dell'intervento è la rimozione del terreno impattato con concentrazioni superiori alla CMA stabilita dalla legislazione vigente per aree a destinazione d'uso industriale.

### **3.2.3 Aree di tipo B**

Sono aree con presenza di contaminanti organici (idrocarburi con C>12) negli strati di suolo al di sotto di 2 m da piano campagna in presenza di falda o in zona di oscillazione. Per tali aree l'obiettivo dell'intervento è ridurre le concentrazioni di contaminanti al di sotto della CMA stabilita dal D.M. 471/99 per aree a destinazione d'uso industriale (750 mg/kg SS).

### **3.2.4 Aree di tipo C**

Sono aree con presenza di contaminanti organici (Xileni) disciolti in falda. Per tali aree l'obiettivo dell'intervento è ridurre le concentrazioni di contaminanti al di sotto della CMA stabilita dal D.M. 471/99 per aree a destinazione d'uso industriale (10 µg/l per il p-xilene).

### **3.2.5 Aree di tipo D**

Sono aree con presenza di metalli (As e Ni) disciolti in falda in concentrazioni di modesta entità. Per tali aree l'obiettivo dell'intervento è verificare l'attenuazione naturale sino a valori tali da garantire un adeguato livello di salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente effettuando così un bonifica con misure di sicurezza.

## **3.3 INDIVIDUAZIONE DELLE TECNOLOGIE ADOTTABILI**

Le diverse tecnologie applicabili al sito di Ferrara sono state esaminate e presentate nel documento "Bonifica del terreno e della faldina superficiale sospesa - linee guida" preparato da Foster Wheeler Environmental Italia nell'Ottobre 2003 e inviato agli Enti di controllo in data 29 Dicembre 2003.

## **4 DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE SCELTE E DEGLI INTERVENTI PREVISTI**

### **4.1 CRITERI DI SELEZIONE DELLE TECNOLOGIE**

La presente analisi delle tecnologie di bonifica riguarda sia gli aspetti tecnici che economici. Essa è stata condotta facendo riferimento all'esperienza del gruppo *ERM* ed alla letteratura internazionale.

I criteri adottati per la valutazione delle tecnologie di intervento si basano sulla valutazione dei seguenti elementi:

- efficacia, in relazione alla tipologia di inquinanti presenti, agli obiettivi di bonifica e alle caratteristiche logistiche, geologiche ed idrogeologiche dell'area di intervento;
- tempi di trattamento;
- esperienza, in relazione allo stadio di applicazione della tecnologia (laboratorio, campo prove o estensiva) e ai casi storici noti in letteratura;
- applicabilità, facilità di realizzazione e gestione, sia per fattori logistici che tecnici (realizzazione, gestione e manutenzione dell'impianto);
- costi di intervento;
- protezione dell'uomo e dell'ambiente, intesa come minimizzazione del contatto tra l'uomo e le matrici contaminate, del trasferimento di materiali nocivi presso altri siti, dell'impatto visivo e sonoro, della produzione di rifiuti secondari.

### **4.2 TECNOLOGIE SELEZIONATE**

Nei paragrafi successivi sono descritte le tecnologie selezionate per le diverse aree omogenee individuate. Nella successiva sezione 4.3 sono descritte nel dettaglio le tecnologie proposte.

#### **4.2.1 Aree di tipo A**

In tali aree è stata rilevata una presenza localizzata e limitata di contaminanti negli strati superficiali di suolo. Pertanto in tali aree si prevede un intervento di rimozione e smaltimento del suolo contaminato.

Poiché le aree impattate appaiono essere limitate al momento si ritiene opportuno effettuare scavi per un intorno quadrato di 2 m dai punti di sondaggio sino ad una profondità indicativa di 2 m da p.c. Il volume complessivo stimato per ogni punto risulta essere quindi pari a 8 m<sup>3</sup> equivalenti a circa 15 t.

Si evidenzia che l'estensione dello scavo è limitata dalla presenza di infrastrutture quali tubazioni, conduit, edifici, strutture interrato e simili; anche la presenza della falda limita le possibilità di escavazione.

Nel caso in cui le analisi di fondo scavo indichino la presenza di composti organici in concentrazioni superiori alle CMA e non sia possibile estendere gli scavi, si procederà ad effettuare operazioni di attenuazione naturale assistita tramite l'uso di ORC (Oxygen Release Compounds) che incrementano la concentrazione di ossigeno disciolto in falda aumentando l'efficienza delle reazioni di biodegradazione aerobica dei contaminanti organici. La tecnologia è illustrata con maggior dettaglio nel paragrafo 5.2.

Tali composti saranno immessi negli scavi per stimolare la biodegradazione dei contaminanti. Dopo un periodo di 6 mesi si effettueranno nuovi campionamenti per verificare l'efficacia dell'intervento ed eventualmente sviluppare un'analisi del rischio residuo effettuando così un intervento con misure di sicurezza o ripetere l'applicazione di ORC.

In presenza di mercurio in zone dove non è più possibile scavare si procederà ad eseguire un'analisi di rischio sulle concentrazioni residue per verificare la possibilità di un intervento con misure di sicurezza.

#### **4.2.2 Aree di tipo B**

In tali aree, caratterizzate da ridotta soggiacenza delle aree di intervento e dalla presenza di composti idrocarburici in terreno saturo o in fascia di oscillazione piezometrica si ricorrerà all'attenuazione naturale assistita con ORC.

Si effettueranno iniezioni dirette di ORC tramite sonda geoprobe al fine di stimolare reazioni di biodegradazione aerobica dei contaminanti idrocarburici.

Preliminarmente all'intervento di trattamento con ORC, sarà necessario il campionamento di alcune aliquote di suolo ed acqua di falda per la determinazione di alcuni parametri analitici allo scopo di meglio quantificare la dose di ORC da applicare.

Dopo un periodo di sei mesi si effettueranno nuovi campionamenti per verificare l'efficacia del trattamento e valutare se ripetere l'applicazione o effettuare un intervento con misure di sicurezza.

### 4.2.3 Aree di tipo C

Le aree sono caratterizzate dalla presenza di Xileni si ricorrerà all'attenuazione naturale assistita con ORC. Si effettueranno quindi iniezioni dirette di ORC tramite sonda geoprobe al fine di stimolare reazioni di biodegradazione aerobica degli xileni.

Preliminarmente all'intervento di trattamento con ORC, sarà necessario il campionamento di alcune aliquote di suolo ed acqua di falda per la determinazione di alcuni parametri analitici allo scopo di meglio quantificare la dose di ORC da applicare.

Dopo un periodo di sei mesi si effettueranno nuovi campionamenti per verificare l'efficacia del trattamento e valutare se ripetere l'applicazione o effettuare un intervento con misure di sicurezza.

### 4.2.4 Aree di tipo D

In tali aree caratterizzate da limitati superamenti di Arsenico (la cui presenza è diffusa in tutto il sito) e Nichel si prevede di procedere con un monitoraggio periodico al fine di verificare i fenomeni di attenuazione naturale che, sotto certe condizioni, possono ridurre anche le concentrazioni e la forma chimica con cui si riscontrano i contaminanti inorganici.

Esistono, infatti, naturali reazioni di adsorbimento o di ossido/riduzione che possono trasformare lo stato di valenza dei contaminanti inorganici da forme solubili a forme meno solubili e/o a forma meno tossiche. Le reazioni di ossido-riduzione e di adsorbimento sono i meccanismi dominanti responsabili della riduzione della mobilità, della tossicità o della biodisponibilità.

Comunque al fine di garantire comunque un adeguato livello di salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente si propone di effettuare un'analisi di rischio non appena saranno resi disponibili i risultati del campionamento periodico della falda condotto nel mese di novembre 2004.

## 5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

### 5.1 SCAVO E SMALTIMENTO

#### 5.1.1 Scavo e Stoccaggio Provvisorio dei Terreni Impattati

Lo scavo avverrà a partire dal piano campagna, in un'unica fase fino alla profondità prevista, in arretramento rispetto al fronte di scavo. La pendenza del fronte di scavo sarà compatibile con il mantenimento delle condizioni di sicurezza per tutti gli operatori coinvolti nelle operazioni di cantiere.

Sulla base delle indicazioni organolettiche e strumentali si effettuerà uno stoccaggio selettivo dei terreni.

Durante tutto il periodo necessario per il completamento dei lavori, verranno adottati gli accorgimenti opportuni atti ad impedire che, in caso di precipitazioni, le sostanze contaminanti presenti nell'area di intervento possano essere trasferite ad altre matrici ambientali.

L'area di stoccaggio provvisorio verrà opportunamente attrezzata per impedire la lisciviazione dei composti adsorbiti nei terreni impattati e il potenziale trasferimento di contaminanti ad altre matrici ambientali.

#### 5.1.2 Destinazione dei Terreni Risultanti da Operazioni di Bonifica

Per quanto riguarda lo smaltimento in discarica o il riutilizzo nel sito, la normativa di riferimento in tema di discariche di rifiuti è costituita da:

- *D. Lgs. n° 36 del 13/01/03, "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti";*
- *D.M. 13/3/03, "Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica".*

La legislazione precedente in merito alle discariche è costituita dal *D.M. del 05/02/98*, dal *R.R. n° 1/83*, dal *D.P.R. n° 915/82* e dal *D.c.i. del 27/7/84*. I nuovi decreti stabiliscono parametri più rigidi per la realizzazione delle discariche, permettendo limiti di accettabilità dei rifiuti meno restrittivi.

Il 16 luglio 2005 è fissato come termine del periodo di coesistenza tra discariche esistenti (ovvero autorizzate secondo i precedenti criteri) e discariche nuove (quelle autorizzate secondo la normativa appena varata). In tale periodo transitorio restano invariati i criteri di accettabilità dei rifiuti, così come sanciti nell'autorizzazione di ciascuna discarica.

Nel caso di operazioni di bonifica che prevedono l'allontanamento del terreno scavato dal sito di origine, tale terreno deve essere classificato come rifiuto,

secondo il *D. Lgs. n° 22/97* e successive modifiche, con i seguenti possibili codici di identificazione:

- CER 17 05 03 terra e rocce contenenti sostanze pericolose
- CER 17 05 04 terra e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03.

In conformità al citato *D.M. 13/3/03*, le suddette tipologie di rifiuto possono essere smaltite secondo le seguenti possibili modalità:

- CER 17 05 04: il terreno può essere smaltito come rifiuto inerte o, in alternativa, non pericoloso, a seconda delle concentrazioni nell'eluato di una serie di parametri chimici (tabella 1 e tabella 5 del *D.M. 13/3/03*);
- CER 17 05 03: il terreno può essere smaltito come rifiuto pericoloso (tabella 6 del *D.M. 13/3/03*)

### **5.1.3 Caratterizzazione del Terreno per lo Smaltimento**

La caratterizzazione iniziale del rifiuto sarà effettuata allo scopo di individuare la categoria di discarica idonea per lo smaltimento del terreno raccolto durante le operazioni di bonifica.

Nell'ambito dell'intervento di bonifica, sui cumuli di terreno impattato provvisoriamente depositati in sito in attesa del conferimento in discarica, verranno effettuate tutte le analisi di caratterizzazione del rifiuto necessarie per corretto smaltimento del materiale impattato.

### **5.1.4 Certificazioni di Fondo Scavo**

Le operazioni di bonifica saranno concluse quando tutti i terreni con concentrazioni di idrocarburi totali superiori agli standard di qualità per aree industriale saranno stati rimossi.

La conferma dell'avvenuto raggiungimento degli obiettivi di bonifica verrà attuata mediante il campionamento e l'analisi di terreno prelevato all'interno dello scavo di bonifica.

Il campionamento delle pareti e del fondo dello scavo verrà effettuato preferibilmente con un escavatore meccanico, limitando al minimo indispensabile la permanenza degli operatori all'interno dello scavo di bonifica. Si prevede di prelevare un numero di campioni compreso fra 5 e 7, in funzione delle dimensioni finali dello scavo. Ogni campione verrà separato in tre aliquote. La prima aliquota sarà inviata a laboratorio certificato SINAL per la determinazione delle concentrazioni dei contaminanti specifici (mercurio per l'area del sondaggio SHA011/B e idrocarburi C>12 per il sondaggio SHA086/C01). I valori ottenuti saranno confrontati con le CMA per i terreni ad uso industriale indicati dal *D.M. 471/99*.

Le altre due aliquote verranno conservate in sito a disposizione degli Enti di controllo fino al ricevimento della conferma del completamento dei lavori di bonifica.

### 5.1.5 *Riempimento*

All'ottenimento delle certificazioni di fondo scavo si provvederà al riempimento degli scavi con le seguenti tipologie di materiale:

- terreni provenienti dallo scavo di bonifica conformi agli standard di qualità previsti per le aree a destinazione d'uso industriale;
- materiale certificato (terreno con presenza di contaminanti in concentrazioni inferiori ai limiti della tabella 1A del DM 471/99) proveniente dall'esterno dello stabilimento.

## 5.2 *ATTENUAZIONE NATURALE ASSISTITA CON ORC*

Il trattamento è previsto per le aree di tipo B e C ed eventualmente in scavo aperto nelle aree di tipo A con presenza di idrocarburi ed in particolare:

- trattamento dello scavo aperto con ORC in zona sondaggio SHA011/B;
- iniezione di ORC nelle zone di tipo B e C.

Nel seguente paragrafo è descritta la tecnologia di attenuazione naturale con ORC.

### 5.2.1 *Biodegradazione con ORC (Oxygen Release Compounds)*

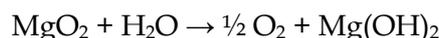
In un ambiente con disponibilità di ossigeno disciolto la biomassa presente degrada (ossida) la sostanza organica (naturale o dovuta alla presenza di contaminati biodegradabili quali gli idrocarburi alifatici ed aromatici) utilizzando l'ossigeno disponibile nella falda. Tale reazione permette ai microrganismi di ottenere energia generando CO<sub>2</sub> ed acqua come cataboliti.

Tale reazione è energeticamente la più conveniente ed avviene fintanto che vi è disponibilità di ossigeno disciolto. Quando non vi è più ossigeno disciolto la reazione di ossidazione della sostanza organica avviene riducendo altri elementi utilizzando l'ossigeno combinato secondo il seguente ordine:

- nitrati;
- ferro trivalente;
- manganese tetravalente;
- solfati.

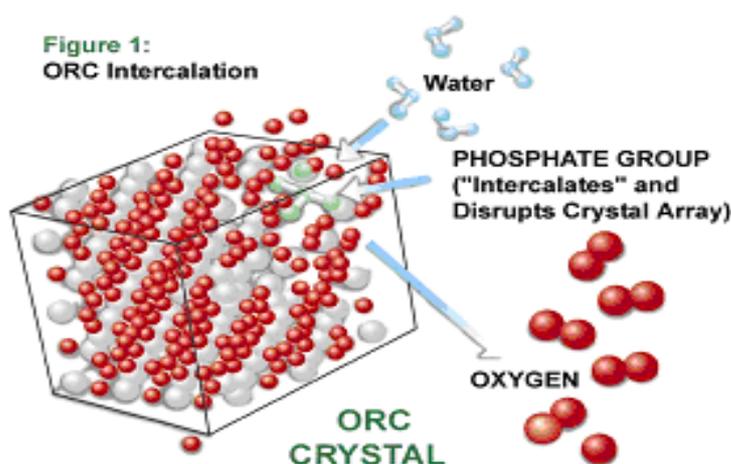
Un metodo per incrementare la concentrazione di ossigeno disciolto nelle acque di falda permettendo le reazioni di biodegradazione più efficienti consiste nell'immettere nell'acquifero delle sostanze solide a lento rilascio di ossigeno (*ORC- Oxygen Release Compounds*) coperte da brevetto. Gli *ORC* sono prodotti dalla società statunitense *Regenesis* e sono essenzialmente composti da ossidi di magnesio ( $MgO_2$ ) con fosfati per permetterne il rilascio lento. Tali composti non sono tossici e sono classificati anche per uso anche alimentare.

Tali composti immessi in falda si sciolgono e per idrolisi si decompongono in ossigeno disciolto e come sottoprodotto si ha  $Mg(OH)_2$  che è un comune antiacido, secondo la seguente reazione:



Nella seguente figura è illustrato il meccanismo di funzionamento degli *ORC*.

Figura 5.1 *Struttura degli ORC*



Gli *ORC* possono essere immessi in falda nei seguenti modi:

- immissione di guaine riempite di *ORC* in polvere in pozzi;
- iniezione sotto forma di "slurry" in pozzi di iniezione o direttamente nel suolo (*direct push*) con attrezzature tipo "Geoprobe" o "jet-grouting";
- versamento dello "slurry" direttamente in uno scavo (ad esempio a valle della rimozione di serbatoi interrati).

Una volta nel sottosuolo, gli *ORC* si adsorbono alla matrice suolo ed iniziano a rilasciare lentamente ossigeno per un periodo variabile tra 6 e 12 mesi.

### **5.2.2 *Trattamento dello Scavo Aperto con ORC e Successivo Riempimento***

Inizialmente, sarà preparata la miscela versando la polvere di ORC in acqua in un'apposita vasca, utilizzando un miscelatore per cemento, con una concentrazione di circa il 30% in peso. Tale miscela sarà successivamente inserita nello scavo aperto in maniera omogenea all'interno dello stesso.

Tale trattamento permetterà di biodegradare la contaminazione residua nell'orizzonte saturo, sia sotto forma adsorbita al terreno che eventualmente disciolta in acqua nel livello acquifero superficiale.

### **5.2.3 *Iniezione di ORC***

Per quanto riguarda la metodologia di somministrazione di ORC all'acquifero, le condizioni locali (limitata estensione e profondità dell'area, successione litostatigrafica) sono tali da permettere l'iniezione diretta di ORC nella falda utilizzando una sonda di piccolo diametro tipo Geoprobe.

Procedendo con la suddetta sonda ad aste cave, una volta raggiunto l'acquifero di prima falda si interromperà l'avanzamento e si inizierà ad iniettare la sospensione di ORC ad intervalli ed in quantità predefinite su tutto lo spessore da trattare. Gli ORC inizieranno quindi a dissolversi incrementando le concentrazioni di ossigeno disciolto in falda.

Il numero di punti di iniezione e la relativa maglia, le quantità di ORC che verranno iniettate dal singolo punto e complessivamente nell'area d'intervento verranno definite in sede di progettazione definitiva degli interventi di bonifica.

### **5.2.4 *Dimensionamento preliminare ed indagine integrativa***

Poiché nella falda superficiale si ha una ridotta velocità, l'incremento di concentrazione di ossigeno nel sottosuolo saturo avverrà per massima parte per diffusione. In generale l'efficacia della diffusione si ha per una distanza massima di 3 m, sulla base di tale maglia si dovranno quindi effettuare le iniezioni di ORC.

Per le aree di tipo B in cui è già stata delimitata l'estensione si assume di eseguire cinque iniezioni disposte a quinconce (con raggio 6 m) centrate sul punto contaminato individuato.

Per le aree di tipo C si osserva che le aree impattate sono caratterizzate da un solo punto in corrispondenza di ciascun pozzo di monitoraggio; conseguentemente non è nota l'estensione laterale dei plume di contaminazione. Considerando quindi che il dosaggio di ORC viene effettuato

sulla base della massa di contaminanti da rimuovere è necessario procedere ad un'indagine integrativa per la definizione dell'estensione delle aree.

L'indagine, per ciascun punto consisterà nell'esecuzione di tre sondaggi da attrezzare a pozzo di monitoraggio ad una distanza di 10 metri dai punti sinora individuati da estendere in caso di presenza di ulteriore contaminazione per un totale di sei pozzi di monitoraggio.

In fase di indagine integrativa si effettueranno appositi campionamenti di suolo e di acque di prima falda per la valutazione di alcuni parametri (pH, BOD<sub>5</sub>, TOC, COD, Eh, Fe, Mn, ....) da utilizzare per la quantificazione delle dosi di ORC da iniettare.

Al momento si ipotizza di effettuare il trattamento su un'area di 12 X 12 m con un totale di 20 punti di iniezione per area.

Complessivamente si prevedono quindi i seguenti interventi:

- SHA019/E: cinque punti;
- SHA037/D: cinque punti;
- SHA050/E: cinque punti;
- PZSHA002: 20 punti;
- PZSHA005: 20 punti.

Si prevedono complessivamente 55 punti di iniezione; considerando una dose media di circa 25 kg di ORC per punto si ha un consumo di circa 1.400 kg di ORC

Nella *Figura 5* è illustrato lo schema proposto degli interventi.

### 5.2.5 *Piano di Monitoraggio*

Contemporaneamente all'avvio degli interventi di bonifica verrà iniziato il monitoraggio della bonifica.

Il programma di monitoraggio da implementare dopo l'iniezione di ORC prevede i seguenti parametri.

- misura in campo di pH, Redox, Conducibilità, Ossigeno disciolto Temperatura;
- campionamento con ed analisi dei seguenti parametri: Idrocarburi totali, BTEX, As, Fe (disciolto e totale), Mn (disciolto e totale).

I punti di monitoraggio saranno costituiti dai punti di iniezione appositamente realizzati (qualora questi venissero completati con strutture permanenti) e un numero congruo di piezometri a valle dell'area d'intervento. In sede di progettazione definitiva degli interventi verrà valutata l'eventuale

necessità di procedere all'installazione di nuovi piezometri di monitoraggio in aggiunta a quelli già esistenti nei pressi dell'area sorgente.

Si prevede una cadenza mensile per i primi 2 mesi, seguita da una cadenza bimestrale fino al raggiungimento del sesto mese per poi passare ad una cadenza quadrimestrale per monitorare l'evoluzione della bonifica.

Trascorsi 6 mesi dall'iniezione sarà valutata la necessità di effettuare nuove iniezioni per accelerare la biodegradazione.

### **5.3 MONITORAGGIO DELL'ATTENUAZIONE NATURALE**

Si prevede che le operazioni di monitoraggio dell'attenuazione naturale siano le stesse già in atto per il campionamento delle acque di falda attualmente svolto presso il sito di Ferrara.

## 6 COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI

I sistemi di bonifica proposti saranno applicati nel pieno rispetto della normativa vigente e delle specifiche norme di buona pratica relativa ad interventi di questo tipo.

Nel progetto definitivo di ciascuna delle due fasi previste sarà riportato il Piano Operativo di Salute e Sicurezza ai sensi del DLgs 626/94 e se necessaria la documentazione ai sensi della L. 494/96 e s.m.i. .

Nei paragrafi seguenti, per le tecnologie di intervento proposte, sono individuati gli impatti esercitati dagli interventi sulla salute e la sicurezza ed i relativi interventi per la loro mitigazione.

### 6.1 SCAVO E SMALTIMENTO

#### 6.1.1 Rumore

Le attività di escavazione del sottosuolo verranno condotte con macchine operatrici che causano immissione di rumore nell'ambiente esterno. L'impresa incaricata di realizzare l'intervento adotterà tutti gli accorgimenti necessari per minimizzare gli impatti causati dal rumore sugli edifici circostanti mediante quali ad esempio la limitazione del funzionamento dei motori al tempo strettamente necessario per le operazioni di cantiere.

#### 6.1.2 Scavi

L'attività di escavazione determinerà l'insorgenza di rischi connessi con la possibilità di rotture a tubazioni e servizi interrati, la presenza di scavi a cielo aperto e la formazione di polveri.

Per quanto riguarda i rischi connessi con la presenza di tubazioni o servizi interrati, prima dell'inizio delle operazioni di scavo verrà effettuata una ricognizione presso l'area di intervento allo scopo di individuare il tracciato delle linee interrate eventualmente interessate dall'attività di bonifica. Per l'individuazione del tracciato dei servizi interrati, oltre alla consultazione delle mappe di stabilimento, ci si avvarrà di un apposito localizzatore magnetico. Qualora la ricognizione riscontrasse la presenza di servizi interrati nei pressi dell'area di scavo, dove possibile, si procederà alla disattivazione degli stessi durante l'esecuzione di tutte le attività potenzialmente suscettibili di causare rotture o danneggiamenti.

Allo scopo di minimizzare i rischi generati dall'attività di escavazione si provvederà alla segnalazione e delimitazione dell'area di intervento. Se necessario, il traffico di mezzi diretto e proveniente dai magazzini verrà deviato o temporaneamente sospeso.

Sarà cura dell'impresa incaricata dell'escavazione del sottosuolo adottare tutti gli accorgimenti tecnici possibili per ridurre al minimo l'inquinamento da polveri.

### **6.1.3 Scarichi in atmosfera**

Non vi sono scarichi in atmosfera ad eccezione di quelli dei mezzi operativi che si assume siano in conformità alle disposizioni di legge.

### **6.1.4 Scarichi idrici**

Non sono previsti scarichi idrici.

### **6.1.5 Rifiuti:**

Dalle operazioni di bonifica deriveranno le seguenti tipologie di rifiuti:

- CER 17 05 03, terre e rocce contenenti sostanze pericolose (rifiuto pericoloso);
- CER 17 05 04, terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03 (rifiuto non pericoloso).

I rifiuti prodotti saranno gestiti ai sensi della normativa vigente (DLgs 22/97 e s.m.i.).

All'interno del perimetro di stabilimento è previsto lo stoccaggio temporaneo dei rifiuti in attesa del successivo conferimento in discarica. Durante la permanenza in sito dei rifiuti verranno attuati tutti gli accorgimenti necessari al fine di evitare il trasferimento di sostanze pericolose ad altre matrici ambientali o il contatto fra le sostanze pericolose e operatori privi dei necessari dispositivi di protezione individuale.

## **6.2 ATTENUAZIONE NATURALE ASSISTITA CON ORC**

### **6.2.1 Rumore**

Le attività di caratterizzazione integrativa e di iniezione di ORC saranno condotte con macchine operatrici che causano immissione di rumore nell'ambiente esterno. L'impresa incaricata di realizzare l'intervento adotterà tutti gli accorgimenti necessari per minimizzare gli impatti causati dal rumore sugli edifici circostanti mediante quali ad esempio la limitazione del funzionamento dei motori al tempo strettamente necessario per le operazioni di cantiere.

### **6.2.2 Scarichi in atmosfera**

Non vi sono scarichi in atmosfera ad eccezione di quelli dei mezzi operativi che si assume siano in conformità alle disposizioni di legge.

### **6.2.3 Scarichi idrici**

Non sono previsti scarichi idrici.

### **6.2.4 Rifiuti**

Non è prevista la produzione di rifiuti oltre agli imballaggi degli ORC che saranno gestiti ai sensi della normativa vigente (DLgs 22/97 e s.m.i.).

## **6.3 MONITORAGGIO ATTENUAZIONE NATURALE**

### **6.3.1 Rumore**

Non sono previste sorgenti di rumore.

### **6.3.2 Scarichi in atmosfera**

Non vi sono scarichi in atmosfera ad eccezione di quelli dei mezzi operativi che si assume siano in conformità alle disposizioni di legge.

### **6.3.3 Scarichi idrici**

Non sono previsti scarichi idrici oltre alle acque di spurgo che sono gestite in conformità alle disposizioni di legge.

### **6.3.4 Rifiuti**

Non è prevista la produzione di rifiuti.

## **7 AREE DI COMPATIBILITÀ TRA INTERVENTI DI BONIFICA E MODIFICA O POTENZIAMENTO DELLE ATTIVITÀ INDUSTRIALI**

Le attività di caratterizzazione e le numerose campagne di indagini integrative sinora condotte permesso di formulare il modello concettuale definitivo del sito Yara, con la determinazione del grado e distribuzione della contaminazione, delle aree oggetto di intervento di bonifica e della scelta delle tecnologie adottabili per la bonifica stessa.

L'identificazione delle aree non interessate da contaminazione della falda e del suolo è stata effettuata considerando:

- la conformità delle acque della falda superficiale ai limiti previsti dal D.M. 471/99 relativamente ai composti organici;
- la conformità della matrice suolo ai limiti previsti dal D.M. 471/99 per un uso industriale;
- l'assenza di sistemi/impianti di bonifica della falda confinata.

Si ritiene pertanto che tali aree, evidenziate in Figura 6 siano compatibili con l'uso industriale (modifica o potenziamento delle attività produttive) inclusa l'esecuzione di opere edilizie che interessano suolo e falda superficiale, secondo quanto indicato dalla Delibera di Giunta Comunale di Ferrara del 26 Agosto 2003 "Dichiarazione di indirizzi circa l'applicazione della normativa in materia di bonifica dei siti inquinati".

Per le aree rimanenti eventuali attività industriali dovranno risultare compatibili con la Delibera di giunta sopra citata.

## 8 TEMPI DI ESECUZIONE DEI LAVORI

Nel corso della prima fase si eseguiranno i lavori di campionamento preliminare e di indagine integrativa per il trattamento ORC. A questa fase seguirà la preparazione del progetto definitivo di bonifica che si prevede possa essere completato entro 6 mesi dall'approvazione del presente progetto preliminare di bonifica.

Il dettaglio dei tempi di esecuzione è illustrato nel Diagramma di Gantt in *Allegato A*.

## 9 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Per la realizzazione delle due fasi di intervento, sulla base delle informazioni attualmente disponibili, è stato previsto il computo metrico estimativo illustrato nella seguente *Tabella 9.1*. In relazione alle stime fornite per la seconda fase dell'intervento di bonifica, si precisa che, alla luce dei dati al momento disponibili, queste rivestono carattere indicativo e si stima che possano essere affinate successivamente al completamento delle attività preliminari previste.

**Tabella 9.1** *Computo Metrico Estimativo (Importi in Euro, IVA Esclusa)*

☞	Descrizione	U. di M.	C.U.	Q.tà	Tot
<b>Scavo e smaltimento</b>					
1.1	<i>Voci a Misura</i>				
1.1.1	Scavo e trasporto interno	m <sup>3</sup>	3	16	48
1.1.2	Riempimento scavo compattato	m <sup>3</sup>	10	16	160
1.1.3	Trasporto e smaltimento terre e rocce contenenti sostanze pericolose (CER 17 05 03)	ton	100	30	3.000
1.2	<i>Voci a Corpo</i>				
1.2.1	Analisi caratterizzazione del rifiuto	a corpo	500	4	2.000
1.2.2	Allestimento del cantiere	a corpo	3.500	1	3.500
1.2.3	Ripristini	a corpo	1.500	1	1.500
1.2.4	Campionamento e analisi di certificazione	a corpo	2.500	2	5.000
1.2.5	Gestione cantiere, supervisione, D.L., oneri sicurezza	a corpo	7.500	1	7.500
			<b>Subotale</b>		<b>22.708</b>
<b>Attenuazione naturale assistita con ORC</b>					
2.1	<i>Voci a Misura</i>				
2.1.1	Sondaggi integrativi	n	6	800	4.800
2.1.2	Analisi chimiche	n	6	500	3.000
2.1.3	Fornitura ORC	kg	1.375	28	38.500
					0
2.2	<i>Voci a Corpo</i>				0
2.2.1	Campionamento preliminare	a corpo	5.000	1	5.000
2.2.2	Allestimento del cantiere	a corpo	2.500	1	2.500
2.2.3	Iniezioni ORC	a corpo	17.500	1	17.500
2.2.4	Campionamento e analisi di certificazione	a corpo	2.500	1	2.500
2.2.5	Monitoraggio sei mesi	a corpo	25.000	1	25.000
2.2.6	Progettazione assistenza cantiere	a corpo	15.000	1	15.000
			<b>Subotale</b>		<b>113.800</b>
<b>Monitoraggio attenuazione naturale</b>					
2.1	<i>Voci a Misura</i>				0
2.2	<i>Voci a Corpo</i>				0
<b>Costi già stanziati per il monitoraggio periodico di sito</b>			<b>Subotale</b>		<b>0</b>
<b>TOTALE</b>					<b>148.950</b>



ENVIRONMENTAL DIVISION

**Per**

**Stabilimento Petrolchimico**

**Multisocietario di Ferrara**

**Proposte per il proseguo delle attività di  
monitoraggio della falda confinata**

**Contratto FWIENV n° 1-BH-0257B**

FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A.

VIA S. CABOTO, 1 - 20094 CORSICO (MILANO) ITALY - TEL. +39 024486.1 - FAX +39 024486.3112

CAPITALE SOCIALE I.V. € 16.500.000 - CODICE FISCALE/PARTITA IVA/REG. IMPRESE MILANO 00897360152 - R.E.A. MI N. 511367

SOCIETA' SOGGETTA ALLA DIREZIONE E COORDINAMENTO DELLA CONTROLLANTE FOSTER WHEELER CONTINENTAL EUROPE S.r.l., SOCIO UNICO

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
1.1 SCOPO DEL LAVORO .....	4
1.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
<b>2. RILIEVO PIEZOMETRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DELLA FALDA CONFINATA .....</b>	<b>8</b>

## INDICE DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO 1: Ubicazione dei piezometri profondi sottoposti a monitoraggio periodico della qualità delle acque della falda confinata ed a verifica dell'eventuale inversione della direzione di deflusso.....	11
ALLEGATO 2: Rete di piezometri per il monitoraggio completo della qualità delle acque della falda confinata.....	12
ALLEGATO 3: Rete ridotta di piezometri per il monitoraggio parziale della qualità delle acque della falda confinata .....	13

## 1. PREMESSA

### 1.1 Scopo del lavoro

Le Società coinsediate dello Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara:

- Basell Poliolefine Italia S.p.A.
- Syndial S.p.A. (già Enichem S.p.A. ed incorporante Agricoltura in Liquidazione S.p.A.)
- Polimeri Europa S.p.A.
- Yara Italia S.p.A. (già Hydro Agri S.p.A.)
- Centro Energia Ferrara S.p.A.
- Nylco s.r.l. (già P-Group s.r.l.)
- Ambiente S.p.A.
- Crion Produzione Sapio s.r.l.
- S.E.F. s.r.l.

hanno richiesto a Foster Wheeler Italiana S.p.A. - Environmental Division, (di seguito per brevità FWIENV) di predisporre una proposta da sottoporre per commenti alle PP.AA., relativamente ai seguenti argomenti:

- rete di piezometri da campionare, frequenza di campionamento ed analiti da ricercare nelle future campagne di monitoraggio delle acque sotterranee della falda confinata;
- definizione della modalità operative per l'accertamento dell'eventuale fenomeno di inversione della direzione della falda confinata.

Il presente documento è stato redatto in seguito alla presentazione, in data 30 dicembre 2003, da parte delle singole società coinsediate presso lo Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara, del “Progetto Preliminare di Bonifica della Falda Confinata”. Il documento è stato approvato con prescrizioni dalla Giunta del Comune di Ferrara in data 1 dicembre 2004 secondo quanto riportato nel relativo verbale, pubblicato il 02/12/04 (Protocollo Generale n° 92478). In particolare, al punto 4 del suddetto verbale, la Giunta, per quanto riguarda le attività di monitoraggio, ha prescritto quanto segue:

“A. Si dovrà eseguire a partire dal mese di settembre 2004 una nuova campagna di monitoraggio su tutti i piezometri profondi presenti sia interni che esterni al sito, compresi quelli ubicati nella Zona torce ed Area Ex-Monteco. Tale monitoraggio proseguirà con una cadenza che verrà definita in un tavolo tecnico tra Aziende ed Enti Pubblici;”.

Al punto 6, inoltre, venivano richiesti “approfondimenti tecnici, da mettere a punto tra tecnici degli Enti e delle Ditte” relativamente al “monitoraggio piezometrico della falda profonda con una maggiore frequenza di quella proposta attualmente (6 mesi), in particolare per la zona N-NW del sito” ed alla implementazione di un modello idrodinamico che tenga conto “anche della possibilità dell’inversione della direzione della falda confinata”.

Tali richieste sono state oggetto del tavolo tecnico convocato dal Settore del Territorio - Servizio Ambiente del Comune di Ferrara con lettera del 21/01/05 (Prot. 5777) e tenutosi a Ferrara in data 04/02/05. Nel corso dell’incontro le Società coinsediate hanno inoltre avanzato la proposta di una riduzione dei piezometri e degli analiti da monitorare nell’ambito delle attività periodiche di verifica della qualità delle acque della falda confinata, in funzione dei risultati pregressi.

Nel presente documento vengono illustrate le proposte del sito Multisocietario relative ai suddetti argomenti.

## 1.2 Documenti di riferimento

Il presente documento si basa sul contenuto degli seguenti seguito elencati:

---

Aprile 2005  
Rev. 0  
5 di 13

Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara  
Proposte per il proseguo delle attività  
di monitoraggio della falda confinata

*Contratto FWIENV n° 1-BH-0257B*

- “Campagna di monitoraggio delle acque di falda Settembre – Novembre 2004” (FWIENV; Febbraio 2005);
- "Progetto Preliminare di Bonifica della Fadal Confinata" (FWIENV; Dicembre 2003);
- “Modalità di spurgo e campionamento dei piezometri della rete di monitoraggio acque sotterranee” (FWIENV; Luglio 2003);
- “Relazione Tecnica descrittiva – Interventi di caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99” (Ambiente, FWEnvl, Simpes; Dicembre 2002);
- “Protocollo Operativo per l’esecuzione degli interventi di Caratterizzazione nello Stabilimento multisocietario di Ferrara” (Ambiente, Aprile 2002).

## 2. RILIEVO PIEZOMETRICO

FWIENV propone l'esecuzione di un rilievo piezometrico di tutti i piezometri profondi per la verifica del livello della falda confinata con cadenza trimestrale.

Per quanto riguarda l'area Nord Ovest, allo scopo di monitorare l'ipotizzato fenomeno di inversione della direzione di flusso della falda confinata in tale zona in condizioni di magra del Po, si prevede di registrare in continuo, per un periodo di tempo da concordare con gli EE.PP. (indicativamente 2 mesi), in funzione dei livelli idrometrici del Po misurati a Pontelagoscuro, il livello piezometrico in n° 3 piezometri (PZPES007, PZPES009, PZPES012). All'interno dei suddetti piezometri verranno installati trasduttori di pressione dotati di sistema di compensazione barometrica e datalogger, che permetteranno la registrazione giornaliera del battente liquido misurato dallo strumento. Al momento dell'installazione, e successivamente con cadenza quindicinale, verrà inoltre rilevata mediante freatimetro manuale la soggiacenza della tavola d'acqua negli stessi piezometri, onde validare le misure di battente operate dai trasduttori e riferire le stesse alla quota assoluta (m s.l.m.).

Nei periodi critici di siccità, individuati in funzione del raggiungimento di una soglia del livello idrometrico del Po da concordare, i rilievi mediante freatimetro manuale potranno essere effettuati con maggiore frequenza (settimanale) ed estesi ad una rete più numerosa di piezometri (PZPES008, PZPAM002, PZPES010, PZPES011, PZPEC025, PZPPE004 oltre ai PZPES007, PZPES009, PZPES012). In allegato si riporta la planimetria del sito con l'indicazione dei piezometri elencati. L'interpolazione dei dati acquisiti come sopra descritto permetterà la ricostruzione delle curve isopiezometriche della falda confinata, consentendo di determinare la direzione di flusso della stessa.

### 3. MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DELLA FALDA CONFINATA

Il numero di piezometri di monitoraggio della qualità della falda confinata sottoposti ad analisi periodica è cresciuto fino a raggiungere un massimo di 85 nell'ambito della campagna di indagine di settembre-novembre 2004.

L'analisi dei risultati relativi alle attività di analisi eseguite nelle fasi di caratterizzazione, di progettazione preliminare degli interventi di bonifica della falda confinata e di monitoraggio periodico della stessa hanno permesso di constatare quanto segue:

- le eccedenze relative ai composti inorganici sono sostanzialmente limitate ad arsenico e alluminio, numericamente limitate (10÷15% dei piezometri) e caratterizzate da concentrazioni indicativamente dello stesso ordine di grandezza del limite di legge;
- in tutte le campagne finora condotte, i seguenti composti organici hanno sempre mostrato concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale:
  - Alifatici Clorurati Cancerogeni:
    - Clorometano;
    - 1,1,2 Tricloroetano;
    - 1,1,2,2 Tetracloroetano;
    - 1,2 Dicloropropano;
    - 1,2,3 Tricloropropano;
    - Esaclorobutadiene;
  - Alifatici Alogenati Cancerogeni:
    - 1,2 Dibromoetano;

- Bromodichlorometano;
  - Bromoformio;
  - Dibromoclorometano;
- Clorobenzeni:
- 1,2 Diclorobenzene;
- Altre sostanze:
- Acido Paraftalico;
- alcuni piezometri appartenenti alla rete di monitoraggio della falda confinata sono stati realizzati con finalità tali da rendere l'ubicazione degli stessi non omogeneamente distribuita (controllo del perimetro di aree sottoposte a messa in sicurezza permanente, scopo per il quale continueranno comunque ad essere monitorati secondo il programma in essere, esecuzione test di pompaggio) generando per tali aree una ridondanza dei dati qualitativi.

FWIENV, alla luce di quanto sopra ed al fine di ottimizzare la gestione dei dati, di ridurre tempi e costi delle campagne di verifica dell'evoluzione della qualità delle acque sotterranee della falda confinata, continuando a garantire la significatività e la rappresentatività delle attività di monitoraggio, propone il campionamento semestrale dei piezometri della falda confinata, prevedendo alternativamente:

1. campionamento della rete di n°85 di piezometri di cui all'Allegato 2, ricercando tutti gli analiti previsti dal Protocollo Operativo dell'Aprile 2002, con l'aggiunta dei parametri Rame (Cu), Zinco (Zn) e Cromo esavalente (CrVI), come richiesto dalla CdS in data 17/06/03.

2. campionamento della rete ridotta di piezometri di cui all'Allegato 3, comprendente comunque tutti i piezometri dell'anello di monitoraggio esterno, ricercando le sole sostanze organiche di seguito elencate:

- Composti Organici Aromatici:
  - Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, p-Xilene;
  
- Alifatici Clorurati Cancerogeni:
  - 1,2 Dicloroetano, 1,1 Dicloroetilene, Cloroformio, Cloruro di Vinile, Tricloroetilene, Tetracloroetilene;
  
- Alifatici Clorurati Non Cancerogeni:
  - 1,1 Dicloroetano, 1,2 Dicloroetilene;
  
- Altre sostanze:
  - Idrocarburi totali espressi come n-Esano.

**ALLEGATO 1: Ubicazione dei piezometri profondi sottoposti a monitoraggio periodico della qualità delle acque della falda confinata ed a verifica dell'eventuale inversione della direzione di deflusso.**

**ALLEGATO 2: Rete di piezometri per il monitoraggio completo della qualità delle acque della falda confinata**

1	PZPAM001	44	PZPEC033
2	PZPAM002	45	PZPEC034
3	PZPAM003	46	PZPEC035
4	PZPBA008	47	PZPEC036
5	PZPBA009	48	PZPEC037
6	PZPBA010	49	PZPEC038
7	PZPBA011	50	PZPEC039
8	PZPBA012	51	PZPEC040
9	PZPBA013	52	PZPEC041
10	PZPBA014	53	PZPEC042
11	PZPBA015	54	PZPEC043
12	PZPBA016	55	PZPEC044
13	PZPBA017	56	PZPEC045
14	PZPBA018	57	PZPEC046
15	PZPBA019	58	PZPEC047
16	PZPBA020	59	PZ12
17	PZPCE001	60	PZ17
18	PZPEC001	61	PZ74
19	PZPEC002	62	PZ79
20	PZPEC003	63	PZPES001
21	PZPEC004	64	PZPES002
22	PZPEC005	65	PZPES003
23	PZPEC006	66	PZPES004
24	PZPEC007	67	PZPES005
25	PZPEC008	68	PZPES006
26	PZPEC010	69	PZPES007
27	PZPEC011	70	PZPES008
28	PZPEC012	71	PZPES009
29	PZPEC013	72	PZPES010
30	PZPEC015	73	PZPES011
31	PZPEC016	74	PZPES012
32	PZPEC017	75	PZPHA001
33	PZPEC018	76	PZPHA003
34	PZPEC020	77	PZPHA004
35	PZPEC021	78	PZPHA005
36	PZPEC022	79	PZPHA006
37	PZPEC024	80	PZPHA007
38	PZPEC025	81	PZPHA008
39	PZPEC026	82	PZPPE001
40	PZPEC027	83	PZPPE003
41	PZPEC028	84	PZPPE004
42	PZPEC029	85	PZPPG001
43	PZPEC030		

**ALLEGATO 3: Rete ridotta di piezometri per il monitoraggio parziale della qualità delle acque della falda confinata**

1	PZPAM001	32	PZPEC029
2	PZPAM003	33	PZPEC030
3	PZPBA008	34	PZPEC035
4	PZPBA009	35	PZPEC037
5	PZPBA010	36	PZPEC041
6	PZPBA011	37	PZPEC043
7	PZPBA012	38	PZPEC045
8	PZPBA013	39	PZPEC047
9	PZPBA014	40	PZ12
10	PZPBA015	41	PZ17
11	PZPBA017	42	PZPES001
12	PZPBA019	43	PZPES002
13	PZPBA020	44	PZPES003
14	PZPCE001	45	PZPES004
15	PZPEC001	46	PZPES005
16	PZPEC002	47	PZPES006
17	PZPEC004	48	PZPES007
18	PZPEC005	49	PZPES008
19	PZPEC006	50	PZPES009
20	PZPEC007	51	PZPES010
21	PZPEC010	52	PZPES011
22	PZPEC012	53	PZPES012
23	PZPEC013	54	PZPHA003
24	PZPEC015	55	PZPHA004
25	PZPEC018	56	PZPHA005
26	PZPEC020	57	PZPHA006
27	PZPEC021	58	PZPHA007
28	PZPEC022	59	PZPPE001
29	PZPEC024	60	PZPPE003
30	PZPEC027	61	PZPPE004
31	PZPEC028	62	PZPPG001



ENVIRONMENTAL DIVISION

**Per**  
**Stabilimento Petrolchimico**  
**Multisocietario di Ferrara**

**CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLE**  
**ACQUE DELLA FALDA CONFINATA**

**Settembre – Ottobre 2008**

**Contratto FWIENV n° 1-BH-0362A**

FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A.

VIA S. CABOTO, 1 - 20094 CORSICO (MILANO) ITALY - TEL. +39 024486.1 - FAX +39 024486.3112

CAPITALE SOCIALE I.V. € 16.500.000 - CODICE FISCALE/PARTITA IVA/REG. IMPRESE MILANO 00897360152 - R.E.A. MI N. 511367

SOCIETA' SOGGETTA ALLA DIREZIONE E COORDINAMENTO DELLA CONTROLLANTE FOSTER WHEELER CONTINENTAL EUROPE S.r.l., SOCIO UNICO

# INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
1.1	PREMESSA.....	4
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ.....</b>	<b>8</b>
3.1	RETE DI MONITORAGGIO.....	8
3.2	PRELIEVO CAMPIONI.....	9
3.2.1	<i>Modalità di spurgo e campionamento.....</i>	<i>9</i>
3.3	RILIEVO PIEZOMETRICO.....	11
3.4	ANALISI CHIMICHE.....	12
3.5	STATO DELLA RETE DI MONITORAGGIO.....	13
<b>4</b>	<b>RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE.....</b>	<b>14</b>
4.1	STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE DI FALDA.....	14
4.1.1	<i>Confronto con i limiti tabellari (CSC).....</i>	<i>14</i>
4.1.2	<i>Confronto con i limiti definiti dall'analisi di rischio (CSR).....</i>	<i>15</i>
4.2	DATI CHIMICO-FISICI DELLE ACQUE DI FALDA.....	16
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>18</b>

## ALLEGATI

ALLEGATO 1: Ubicazione dei piezometri in falda confinata .....	19
ALLEGATO 2: Carte della qualità della falda profonda.....	20
ALLEGATO 3: Tabella 1-D (Estratto dal “Progetto operativo di bonifica della falda confinata ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.” – FWIENV, ottobre 2008).....	21
ALLEGATO 4: Tabulati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acqua della falda confinata .....	22
ALLEGATO 5: Piezometria della falda confinata (Settembre 2008) .....	23
ALLEGATO 6: Tabulato valori parametri chimico fisici acque della falda confinata ..	24
ALLEGATO 7: Tabulato piezometri di monitoraggio della falda confinata: Società di appartenenza, coordinate Gauss Boaga, quota assoluta bocca pozzo, livelli piezometrici (Settembre 2008).....	25
ALLEGATO 8: Certificati analisi chimiche di laboratorio .....	26

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa

La società IFM S.c.a.r.l., per conto delle seguenti coinsediate presso lo Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara:

- Basell Poliolefine Italia S.r.l.,
- Centro Energia Ferrara S.p.A.,
- Nylco s.r.l. (già P-Group S.r.l.),
- Polimeri Europa S.p.A.,
- S.E.F. S.r.l.,
- Syndial S.p.A. (già Enichem S.p.A. ed incorporante Agricoltura in Liquidazione S.p.A. e Ambiente S.p.A.),
- Yara Italia S.p.A. (già Hydro Agri S.p.A.),

ha richiesto a Foster Wheeler Italiana S.p.A. - Environmental Division (di seguito, per brevità, FWIENV) di procedere all'esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata sottostante lo Stabilimento.

Tale attività è stata svolta a seguito di quanto contenuto nella nota del Comune di Ferrara del 01/08/2008, nella quale è precisato:

- al punto A: *“Si dovrà effettuare un monitoraggio piezometrico e chimico/fisico nei 64 piezometri profondi individuati nel sito Multisocietario Petrolchimico di Ferrara, a partire dal 16 Settembre 2008. I 64 piezometri da monitorare riportati nella Tabella 1 allegata sono in parte individuati dal documento elaborato da Foster Wheeler dell'Aprile 2005 (rif.7), Tabella 1, nell'ambito del monitoraggio semestrale a rete ridotta previsto per questa campagna”.*
- al punto B: *“(…) il monitoraggio piezometrico dovrà essere effettuato dal 16 al 18 Settembre, in concomitanza con il monitoraggio mensile del sito Solvay, su tutti i piezometri nel sito Petrolchimico penetrati nella falda profonda A1-I (parzialmente e totalmente)”.*

Nel seguito del documento vengono illustrati:

- i documenti e la normativa di riferimento;
- la descrizione dettagliata delle attività effettuate;
- la qualità delle acque di falda rilevata.

Nel “Progetto operativo di bonifica ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.”, trasmesso agli EE.PP. nel mese di novembre 2008 (cfr. Par. 1.2), sono state calcolate, tramite un’analisi di rischio sito-specifica, le concentrazioni soglia di rischio (CSR) quali nuovi obiettivi di bonifica della falda confinata.

Nel presente report, pertanto, nelle more di approvazione di tale progetto, i risultati analitici della campagna in esame sono confrontati sia con i limiti tabellari di cui all’Allegato 5 del Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs 152/06 (CSC) sia con gli obiettivi di bonifica basati sull’analisi di rischio di cui sopra (CSR).

## 1.2 Documenti di riferimento

Il presente rapporto si basa sui documenti di riferimento di seguito elencati:

- “Progetto operativo di bonifica della falda confinata ai sensi del D.lgs 152/06 e s.m.i.” (FWIENV, Ottobre 2008)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord, Gennaio – Giugno 2008” (FWIENV, Giugno 2008)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Febbraio 2008” (FWIENV, Marzo 2008)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord, Luglio – Dicembre 2007” (FWIENV, Febbraio 2008)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Luglio - Agosto 2007” (FWIENV, Settembre 2007)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord, Gennaio – Luglio 2007” (FWIENV, Agosto 2007)

- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Novembre - Dicembre 2006” (FWIENV, Marzo 2007)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord, Ottobre – Dicembre 2006” (FWIENV, Febbraio 2007)
- “Monitoraggio piezometrico della falda confinata – Settore Nord, Luglio – Settembre 2006” (FWIENV, Ottobre 2006)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Dicembre 2005 - Gennaio 2006” (FWIENV, Marzo 2006)
- “Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata Maggio - Giugno 2005” (FWIENV, Settembre 2005)
- “Proposte per il prosieguo delle attività di monitoraggio della falda confinata” (FWIENV, Aprile 2005)
- “Campagna di monitoraggio delle acque di falda Settembre - Novembre 2004” (FWIENV, Febbraio 2005)
- “Progetto Preliminare di Bonifica della Falda Confinata” (FWIENV, Dicembre 2003).
- “Modalità di spurgo e campionamento dei piezometri della rete di monitoraggio acque sotterranee” (FWEnvl, Luglio 2003)
- “Relazione Tecnica descrittiva – Interventi di caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99” (Ambiente, FWEnvl, Simpes; Dicembre 2002)
- “Protocollo Operativo per l'esecuzione degli interventi di caratterizzazione nello stabilimento multisocietario di Ferrara” (Ambiente, Aprile 2002)
- "Piano della caratterizzazione dello Stabilimento Petrolchimico di Ferrara" (Ambiente, Aprile 2001).

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I valori di riferimento per la qualità delle acque di falda sono contenuti nell'Allegato 5 al Titolo V, Parte Quarta, del Decreto Legislativo n° 152 del 3 aprile 2006: "Norme in materia ambientale" e s.m.i. In particolare, nella Tabella 2 del suddetto allegato sono riportate le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) nelle acque sotterranee.

Nella Tabella 1-D del Progetto operativo di bonifica ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i., trasmesso agli EE.PP. nel mese di novembre 2008 (cfr. Par. 1.2), sono riportate le concentrazioni soglia di rischio (CSR) quali nuovi obiettivi di bonifica delle acque della falda confinata.

### 3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Il giorno 17 settembre 2008 è stato eseguito il rilievo della misura del livello di falda sui n°84 piezometri della rete di monitoraggio totalmente e parzialmente penetrata, in accordo alle richieste del Comune di Ferrara.

Tra il 23 settembre ed il 2 ottobre 2008, per ogni piezometro sottoposto al monitoraggio, si è proceduto alla misura del livello di falda e di fondo foro ed al successivo campionamento delle acque della falda confinata.

#### 3.1 Rete di monitoraggio

##### Rete di monitoraggio ridotta - falda confinata

La rete dei piezometri su cui è stata eseguita la campagna di monitoraggio chimico-fisico della falda, così come indicato nella Tabella 1 della lettera del Comune di Ferrara dell'1 agosto 2008, comprende:

- 14 piezometri profondi interni allo Stabilimento, totalmente penetrati fino alla base dell'acquifero;
- 14 piezometri profondi esterni allo Stabilimento, totalmente penetrati fino alla base dell'acquifero;
- 34 piezometri profondi, parzialmente penetrati all'interno del primo acquifero confinato.

La rete completa di monitoraggio della falda confinata, pertanto, è complessivamente costituita da n° 62 piezometri (28 piezometri totalmente penetrati e 34 parzialmente penetrati). Il piezometro PZPEC018, in area SEF, è stato distrutto durante le attività di movimentazione terre relative alle opere della Centrale elettrica a ciclo combinato e, pertanto, non è più campionabile. Il piezometro PZPES008 al momento del rilievo piezometrico era già stato cementato (come indicato nella **Nota XXX**) ed il relativo piezometro sostitutivo non era ancora stato completato (terminato poi per il successivo campionamento delle acque).

Le relative ubicazioni sono riportate in ALLEGATO 1.

### 3.2 Prelievo campioni

Tutti i piezometri sono stati campionati secondo le modalità di cui al successivo Paragrafo 3.2.1.

Circa 10 giorni prima dell'inizio delle attività, è stato comunicato agli Enti competenti il programma dettagliato di campionamento.

Nel periodo compreso tra il 23 settembre ed il 2 ottobre 2008, il personale ARPA ha assistito ai prelievi e ritirato le aliquote per le analisi in contraddittorio relative ai seguenti campioni (circa il 26% del totale):

- PZPEC021, PZPHA003 (23/09/08);
- PZPES003, PZPES005 (24/09/08);
- PZPEC041, PZPES081 (25/09/08);
- PZPEC006, PZPEC049 (26/09/08);
- PZPEC013, PZPEF002 (29/09/08);
- PZPBA008, PZPBA017 (30/09/08);
- PZPEC012, PZPPE004 (01/10/08);
- PZPAM001, PZPES008bis (02/10/08).

#### 3.2.1 Modalità di spurgo e campionamento

Tutti i piezometri sono stati spurgati e campionati, come richiesto al punto D della lettera del Comune di Ferrara, a basso flusso e previo controllo dei parametri chimico-fisici.

In particolare, in corrispondenza di ogni piezometro oggetto di campionamento sono state eseguite le seguenti operazioni:

- ◆ spurgo con modalità "Low-flow" del piezometro, con basse portate, fino alla stabilizzazione dei parametri pH, potenziale RedOx, conducibilità elettrica, temperatura, ossigeno disciolto. Le misure, effettuate ogni 3-5 minuti, sono state considerate stabili quando per tre letture consecutive lo scostamento era di +/- 0.1 per il pH, +/- 3% per la conducibilità, +/- 10 mV per il potenziale RedOx, e +/- 10% per l'ossigeno disciolto;
- ◆ misura periodica, con un intervallo temporale di circa 10 minuti, del valore di torbidità, espresso in NTU;

- ◆ campionamento delle acque al raggiungimento delle seguenti condizioni:
  - stabilizzazione dei parametri chimico fisici e del livello di falda
  - spurgo minimo di un volume di colonna d'acqua contenuta nel piezometro
  - torbidità del campione inferiore a 70 NTU.

Tali condizioni, raggiunte gradualmente, hanno permesso il prelievo di un campione rappresentativo del corpo acquifero ed idoneo per le analisi chimiche.

I valori dei parametri chimico fisici delle acque di falda raggiunti a stabilizzazione, sono riportati in ALLEGATO 6.

Per ogni piezometro profondo monitorato, nel corso delle indagini è stato prelevato un campione costituito da 4 bottiglie da 1 litro in vetro, 4 vials da 40 cc e 2 bottiglie da 100 ml in plastica e, su 4 piezometri, n°2 bottiglie di plastica da 50 cc per le analisi sul campione filtrato dei metalli.

Le aliquote prelevate sono state così suddivise:

- un'aliquota è stata utilizzata per le determinazioni analitiche a cura del laboratorio;
- la seconda aliquota è conservata c/o il laboratorio.

Dei n°16 piezometri campionati in contraddittorio con ARPA, n°1 bottiglia da 1 litro, 1 vial ed 1 bottiglia da 250 cc della seconda aliquota sono state sigillate prima dell'invio al Laboratorio per stoccaggio.

Le aliquote non utilizzate saranno conservate per un periodo pari a 6 mesi, passato il quale si procederà alla loro alienazione, come da autorizzazione del Comune di Ferrara, al punto B della nota tecnica del 20/06/06.

Ogni campione è stato identificato in modo univoco tramite un'etichetta di riconoscimento recante le seguenti informazioni:

- sito d'indagine;
- sigla identificativa del piezometro profondo;
- matrice (L - Liquido);
- data e ora di prelievo.

Secondo le indicazioni previste dal "Protocollo Operativo per l'esecuzione degli interventi di caratterizzazione nello stabilimento multisocietario di Ferrara" dell'Aprile 2002, i campioni raccolti e destinati al controllo analitico sono stati mantenuti ad una temperatura

intorno a 4°C, evitando una prolungata esposizione alla luce, e sono stati consegnati al laboratorio chimico incaricato facendo uso di contenitori frigo portatili.

### 3.3 Rilievo piezometrico

In data 17 settembre 2008, prima delle attività di campionamento, è stata eseguita la misura dei livelli di soggiacenza della falda confinata e della profondità del fondo foro sui n°84 piezometri della rete di monitoraggio totalmente e parzialmente penetrata, in accordo alle richieste del Comune di Ferrara.

I valori di soggiacenza della falda rilevati sono compresi tra 2,0 e 5,7 metri, con una media pari a 3,9 m da p.c. La quota assoluta della stessa, è compresa tra 1,5 e 3,2 m s.l.m. (valor medio pari a 2,2 m s.l.m.).

Tutte le coordinate dei piezometri, espresse nella proiezione Gauss Boaga, la quota assoluta s.l.m. della “bocca pozzo”, i dati di soggiacenza rilevati e le quote assolute ricavate (quota b.p) sono riportati in ALLEGATO 7. Le ricostruzioni piezometriche in ALLEGATO 5 sono state realizzate escludendo il dato relativo al piezometro PZPBA016 in quanto anomalo (probabilmente per un errore di lettura) rispetto ai valori misurati nei piezometri contigui e difficilmente interpretabile in termini di ricostruzione piezometrica complessiva.

Non è stato possibile rilevare il livello di falda nei piezometri PZPEC018, poiché distrutto durante le attività di movimentazione terre relative alle opere della Centrale elettrica, e nel piezometro PZPES008, in quanto cementato (cfr. Nota XXXX) e non ancora terminato il piezometro sostitutivo (reso disponibile, invece, per il monitoraggio chimico-fisico del 2 ottobre u.s.). Anche il livello di falda all'interno del piezometro PZPBA014 è risultato non misurabile, in data 17 settembre, per l'ostruzione del casing. Ipotizzando la non recuperabilità del piezometro, in data 29/09/08, è stato aggiornato il cronoprogramma e comunicato ad ARPA l'impossibilità di eseguire il monitoraggio chimico-fisico su tale piezometro. In data 30/9/08, invece, a seguito di un intervento di pulizia mediante air lift, il piezometro è stato ripristinato e campionato in data 2 ottobre.

La carta delle isopieze elaborata sulla base dei dati di cui sopra (cfr. ALLEGATO 5), mediante apposito software (Surfer vers. 8.0 - Golden Software), conferma l'abituale andamento generale del deflusso delle acque della falda confinata in direzione dell'area perimetrale orientale dello stabilimento, in corrispondenza della quale appare ubicata la consueta depressione della tavola d'acqua.

In particolare, la piezometria riportata in ALLEGATO 5a è stata ricostruita mediante l'utilizzo dei soli dati dei piezometri totalmente penetrati e mostra l'abituale andamento maggiormente regolare.

Come al solito, è stata esclusa dalla rappresentazione l'area oggetto di attività di messa in sicurezza d'emergenza ("Zona PZPEC023"). Per tale area si rimanda agli specifici documenti Syndial.

### 3.4 Analisi chimiche

Nei piezometri sottoposti a monitoraggio della qualità delle acque della falda confinata, in accordo a quanto richiesto al punto E della lettera del Comune di Ferrara dell'1 agosto 2008, sono stati ricercati i parametri chimici definiti dalla "Proposta per il prosieguo delle attività di monitoraggio della falda confinata" dell'aprile 2005:

- **Metalli:** (Alluminio, Arsenico, Nichel, Piombo);
- **Composti organici aromatici:** Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, p-Xilene;
- **Alifatici clorurati cancerogeni:** 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, Cloroformio, Cloruro di vinile, Tricloroetilene, Tetracloroetilene;
- **Alifatici clorurati non cancerogeni:** 1,1 Dicloroetano, 1,2-Dicloroetilene;
- **Altre sostanze:** Idrocarburi totali espressi come n-esano.

Così come richiesto dal Comune, il parametro Idrocarburi totali, espresso come n-Esano, è stato determinato utilizzando il metodo preparativo EPA 3510C, EPA 5021 ed il metodo di analisi EPA 8015 D. Nei Rapporti di Prova emessi dal laboratorio, riportati in ALLEGATO 8, il risultato analitico del parametro Idrocarburi totali è suddiviso anche nelle frazioni GRO (C6-C9) e DRO (C10-C28) e nelle note è indicato il valore della frazione GRO al netto dei parametri BTEX e composti organoclorurati.

Tutti i campioni prelevati sono stati inviati ed analizzati presso il laboratorio CHELAB di Resana (TV), certificato ai sensi delle norme UNI CEI 45001 ed accreditato SINAL.

### 3.5 Stato della rete di monitoraggio

A seguito di quanto comunicato nel report della precedente campagna di monitoraggio del febbraio 2008 e di quanto richiesto nella nota del Comune di Ferrara dell'1 agosto u.s., i piezometri PZ17, PZ74, PZ79, PZPPE001 e PZPPG01, che avevano mostrato ripetute anomalie, in termini di produttività e torbidità, non sono stati monitorati.

Con note **Prot XX** e **YY** dell'1 agosto 2008, il Comune ha richiesto allo Stabilimento una proposta di realizzazione di nuovi piezometri profondi per sostituire i piezometri PZ17, PZPPE001 e PZPPG001. Non è stato richiesto il rifacimento del PZ74 e PZ79 poiché ubicati nelle immediate vicinanze di altri punti di monitoraggio.

Nel Progetto operativo di bonifica, trasmesso agli EE.PP. agli inizi del mese di novembre u.s., è stata proposta la nuova rete di monitoraggio della qualità delle acque di falda, che contempla i suddetti piezometri sostitutivi. In particolare, secondo quanto indicato nell'Allegato 5 di tale documento, i piezometri PZ17, PZPPE001 e PZPPG001 saranno sostituiti rispettivamente dai piezometri di nuova realizzazione PZPEC061, PZPEC058 e PZPPG002.

## 4 RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE

In base ai risultati delle analisi di laboratorio, è stata rappresentata graficamente la qualità delle acque sotterranee dell'area in esame (cfr. ALLEGATO 2), come emersa dal confronto con i limiti tabellari previsti dal D.lgs. 152/06 (CSC) sia con i limiti soglia di rischio calcolati mediante l'analisi di rischio sito-specifica dell'ottobre 2008 (cfr. ALLEGATO 3).

I tabulati completi dei risultati analitici sono riportati in ALLEGATO 4, mentre i certificati emessi dal laboratorio incaricato sono riportati in ALLEGATO 8.

### 4.1 Stato qualitativo delle acque di falda

#### 4.1.1 Confronto con i limiti tabellari (CSC)

Dal confronto tra i valori relativi ai parametri analizzati ed i limiti previsti dalla Tabella 2 dell'Allegato 5 del Titolo V Parte IV del D.lgs 152/06, si rileva, per quanto riguarda le sostanze inorganiche, un solo superamento per Nichel e Alluminio e si conferma la presenza diffusa del parametro Arsenico, in concentrazioni talvolta superiori alla relativa CSC.

Per quanto riguarda i composti aromatici, si rilevano non conformità di tipo puntuale del parametro benzene in n° 6 piezometri, mentre il parametro Idrocarburi totali espresso come n-esano è risultato sempre inferiore alla relativa CSC. Dall'analisi chimica relativa al campione del piezometro PZPEC048 è stata rilevata una concentrazione anomala di Idrocarburi totali e dei parametri benzene e p-Xilene (rispettivamente 1.070, 20 e 30 µg/l). Il ricampionamento della falda su tale piezometro, eseguito in data 28 ottobre 2008, ha mostrato valori inferiori ai limiti normativi (Idrocarburi totali 245 µg/l, benzene <L.R.S. e p-Xilene 9 µg/l) facendo, quindi, ipotizzare un'anomalia in fase di analisi del primo campione.

Relativamente ai composti organoalogenati, è confermata la presenza di Cloruro di Vinile, in concentrazioni superiori al limite tabellare, nella zona centrale dello Stabilimento e nell'area esterna a Nord Est dello stesso (piezometri PZPES010 e PZPES081), talvolta accompagnata (in n°7 piezometri) a superamenti del valore di riferimento anche per il

parametro 1,1-Dicloroetilene. Si rileva, inoltre, la presenza di 2 superamenti del limite tabellare del parametro Cloroformio.

In ALLEGATO 2e è riportata graficamente l'estensione della plume di CVM nella zona centrale dello Stabilimento.

Complessivamente sono n° 14 su 62 i piezometri che presentano concentrazioni di sostanze organoalogenate eccedenti le CSC.

Negli allegati 2a – 2d sono mappate le eccedenze rispetto alle concentrazioni soglia di contaminazione.

#### **4.1.2 Confronto con i limiti definiti dall'analisi di rischio (CSR)**

Dal confronto tra i valori relativi ai parametri analizzati ed i limiti calcolati dallo studio dell'analisi di rischio sito-specifica (CSR), contenuti nella Tabella 1-D del "Progetto operativo di bonifica ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i." (cfr. tabella in ALLEGATO 3), si rileva, per quanto riguarda le sostanze inorganiche, un solo superamento di Alluminio. Il parametro Arsenico è stato escluso dallo studio di AdR perché nel Verbale della CdS del 9 giugno 2008 si rimanda ad un apposito piano d'indagine ambientale, che coinvolgerà l'intero territorio ferrarese, per l'individuazione del relativo valore di background.

Per quanto riguarda i composti aromatici e gli idrocarburi totali non si rilevano eccedenze rispetto alle CSR.

Relativamente ai composti organoalogenati, è confermata la presenza di Cloruro di Vinile in concentrazioni superiori al limite di riferimento nella zona centrale dello Stabilimento.

Nel piezometro PZPBA008, invece, è stata rilevata la presenza del parametro Cloroformio superiore alla CSR.

Complessivamente, sono n° 8 i piezometri che presentano concentrazioni di sostanze organiche eccedenti le CSR e n°1 che eccedono per inorganici.

I piezometri PZPES010, PZPES081 e PZPES082, ubicati a monte idrologico del sito, sono stati esclusi dallo studio dell'analisi di rischio e, quindi, dalla presente valutazione, in quanto la qualità della falda in tali punti non è riconducibile alle attività dello Stabilimento.

Nella planimetria riportata in ALLEGATO 2f sono evidenziati i superamenti rispetto alle concentrazioni soglia di rischio di cui alla Tabella 1-D del Progetto operativo di bonifica.

Di seguito è analizzato lo stato qualitativo della falda confinata per famiglie di contaminanti.

#### Composti inorganici

**Alluminio:** nel piezometro PZPES007 è stata rilevata una concentrazione pari a 520 µg/l. Poiché tale piezometro storicamente non aveva fatto registrare alcuna non conformità, in fase di analisi di rischio non è stata calcolata la relativa CSR, pertanto, il confronto è stato eseguito con la CSC. Si sottolinea tuttavia, che il suddetto Progetto Operativo di Bonifica presentato prevede, per quanto riguarda i composti inorganici, l'analisi sul campione filtrato e non sul tal quale, come avviene attualmente. Tale procedura potrà consentire una minore variabilità dei dati e la riduzione delle anomalie.

#### Alifatici clorurati

Sono confermate le problematiche localizzate nelle aree centrali dello Stabilimento connesse alla presenza nelle acque della falda dei composti clorurati. Le eccedenze rispetto alle CSR calcolate sono relative a n°8 piezometri delle 3 porzioni del plume 1 (vedi "Progetto operativo di bonifica" di cui al Par. 1.2).

**Cloruro di vinile:** sono state rilevate n° 7 eccedenze rispetto alla CSR calcolata, con un valore massimo nel piezometro PZPBA012 (920 µg/l). Si conferma l'esistenza di un'area contaminata da tale sostanza nella zona centrale dello Stabilimento, in cui le concentrazioni risultano comprese tra valori inferiori al limite strumentale (n°9 piezometri) e 920 µg/l (PZPBA019), con una media pari a 108 µg/l.

**Cloroformio:** si rileva n° 1 eccedenza rispetto al limite di riferimento (4,5 µg/l rispetto a 1,1 µg/l della CSR) nel piezometro PZPBA008, ricadente nella porzione 2 del Plume 1.

## **4.2 Dati chimico-fisici delle acque di falda**

Nel tabulato riportato in ALLEGATO 6 sono indicati i dati relativi alle caratteristiche chimico fisiche delle acque di falda, misurati mediante sonda multiparametrica. I parametri rilevati sono: ossigeno disciolto (mg/l), conducibilità elettrica (µS/cm), potenziale RedOx (mV), pH, temperatura (°C) e torbidità (NTU). I valori dei suddetti parametri sono riferiti all'acquisizione effettuata al termine dello spurgo, in condizioni di stabilizzazione dei valori.

### Ossigeno disciolto (OD)

Le acque della falda profonda si confermano in condizioni anossiche. La concentrazione di ossigeno disciolto nelle acque dei piezometri monitorati, ad eccezione del PZPBA008 (2,85 mg/l) e PZPES011 (6,22 mg/l), è inferiore a 1 mg/l. La media è pari a ca. 0,2 mg/l

I valori di ossigeno disciolto presenti nella porzione superiore dell'acquifero e quelli misurati nei piezometri totalmente penetrati non mostrano significative discrepanze presentando il medesimo ordine di grandezza.

### Potenziale di Ossido-Riduzione (RedOx)

La distribuzione del potenziale RedOx indica, coerentemente, una condizione delle acque della falda confinata di tipo riducente.

Il valor medio del potenziale RedOx relativo all'acquifero confinato è, infatti, pari a -166 mV (-173 mV nei piezometri totalmente penetrati e -160 mV nei piezometri parzialmente penetrati).

### pH

I valori di pH registrati nell'acquifero confinato sono prossimi alla neutralità (7,8) e tali da permettere l'attività batterica di bioattenuazione naturale in presenza di nutrienti.

### Temperatura

La falda confinata, durante la campagna di monitoraggio, è stata caratterizzata da una temperatura media di 18,8 °C.

### Conducibilità elettrica

Il valore medio della conducibilità elettrica è pari a 1.297  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (1.646  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nei piezometri totalmente penetrati e 1.009  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nei parzialmente penetrati).

### Torbidità

Al momento del campionamento, tutti i n°62 piezometri monitorati, erano caratterizzati da un'acqua di falda con valori di torbidità <70 NTU (valore medio inferiore a 8 NTU).

## 5 CONCLUSIONI

Rispetto al modello concettuale del sito, riportato nel Progetto Operativo di Bonifica dell'ottobre 2008, i risultati della campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata sottostante lo Stabilimento Petrolchimico, condotta tra settembre ed ottobre 2008, hanno permesso di:

- confermare l'andamento piezometrico generale della falda confinata;
- confermare la natura (tipologia delle sostanze) della contaminazione che caratterizza le acque della falda confinata (presenza di alifatici clorurati nella porzione centrale dello Stabilimento e nell'area Nord est, esterna al sito).

La definizione delle concentrazioni soglia di rischio, ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i., riportate nel suddetto Progetto operativo di bonifica ha permesso di confrontare i risultati analitici con i nuovi obiettivi di bonifica calcolati. Sostanzialmente, si rileva un generale rispetto delle CSR per quanto riguarda i composti aromatici ed una conferma delle eccedenze nella porzione centrale dello Stabilimento per quanto riguarda i composti clorurati.

**ALLEGATO 1: Ubicazione dei piezometri in falda confinata**

---

Dicembre 2008  
Rev. 0  
19 di 26

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata  
Settembre - Ottobre 2008  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0362A*

**ALLEGATO 2: Carte della qualità della falda profonda**

- 2a Eccedenze complessive delle CSC
- 2b Eccedenze delle CSC – Sostanze inorganiche
- 2c Eccedenze delle CSC – Composti organici aromatici e idrocarburi
- 2d Eccedenze delle CSC – Composti organoclorurati
- 2e Distribuzione della concentrazione di Cloruro di Vinile
- 2f Superamenti delle CSR

**ALLEGATO 3: Tabella 1-D (Estratto dal “Progetto operativo di bonifica della falda confinata ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.” – FWIENV, ottobre 2008)**

---

Dicembre 2008  
Rev. 0  
21 di 26

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata  
Settembre - Ottobre 2008  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0362A*

**ALLEGATO 4: Tabulati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acqua della falda confinata**

---

Dicembre 2008  
Rev. 0  
22 di 26

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata  
Settembre - Ottobre 2008  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0362A*

**ALLEGATO 5: Piezometria della falda confinata (Settembre 2008)**

- 5a Piezometria falda confinata – piezometri totalmente penetrati
- 5b Piezometria falda confinata – piezometri totalmente e parzialmente penetrati

**ALLEGATO 6: Tabulato valori parametri chimico fisici acque della falda confinata**

---

Dicembre 2008  
Rev. 0  
24 di 26

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata  
Settembre - Ottobre 2008  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0362A*

**ALLEGATO 7: Tabulato piezometri di monitoraggio della falda confinata: Società di appartenenza, coordinate Gauss Boaga, quota assoluta bocca pozzo, livelli piezometrici (Settembre 2008)**

---

Dicembre 2008  
Rev. 0  
25 di 26

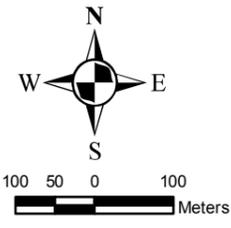
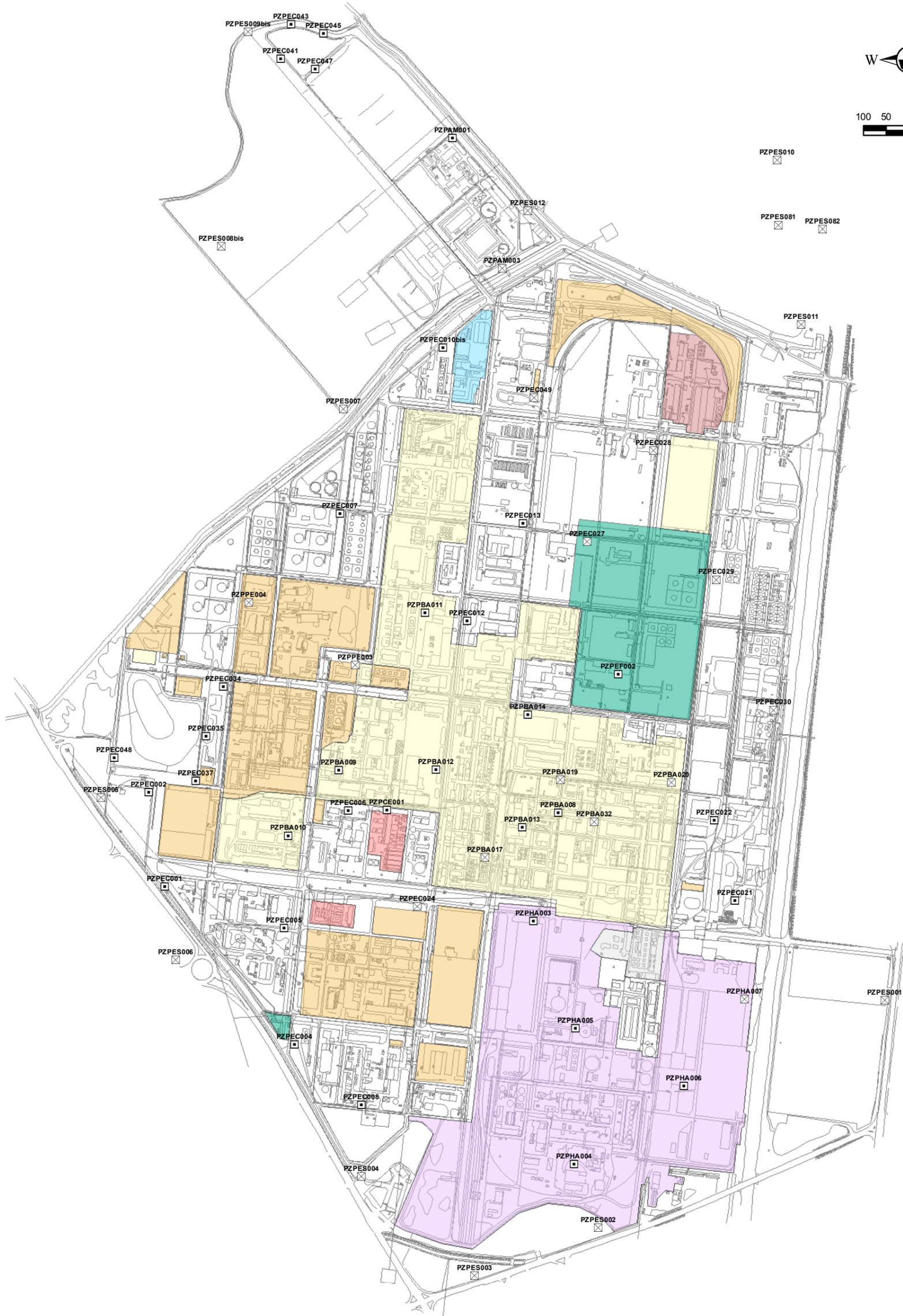
Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata  
Settembre - Ottobre 2008  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0362A*

## ALLEGATO 8: Certificati analisi chimiche di laboratorio

---

Dicembre 2008  
Rev. 0  
26 di 26

Stabilimento Petrolchimico  
Multisocietario di Ferrara  
Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata  
Settembre - Ottobre 2008  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0362A*

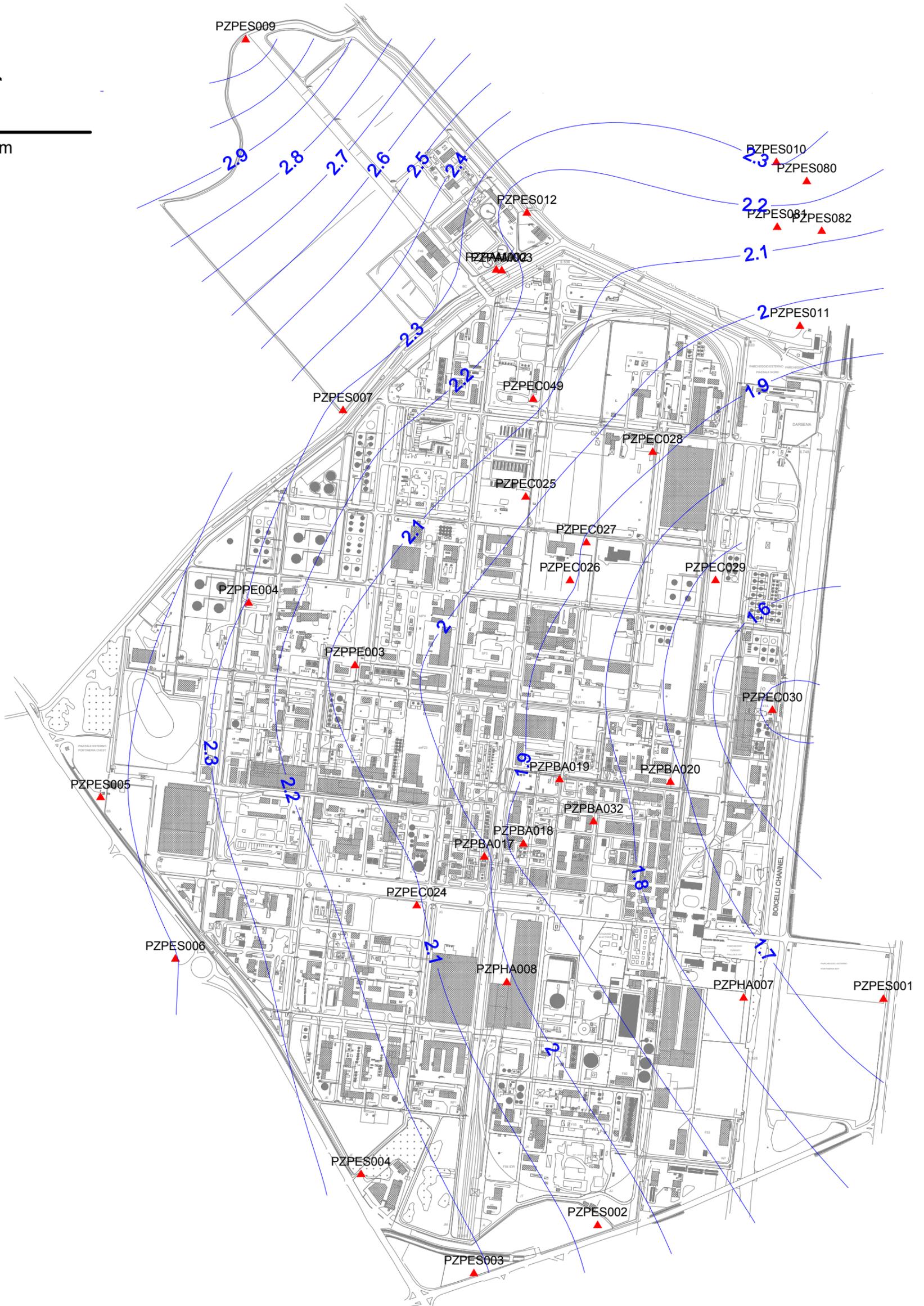


20/11/08	prima emissione	R.L.	L.Z.	D.A.	
LETTER	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
REVISIONS					
<b>Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara</b> Campagna di monitoraggio della acque della falda confinata (Set-Ott'08)		APPROVED FOR CONSTRUCTION DWG. REV.      DATE SIGNATURE			
ALLEGATO 1 Ubicazione dei piezometri in falda confinata		ORDER N SUPPLIER CONTRACT N° 1-BH-0362A FRAME N°			
FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A. ENVIRONMENTAL DIVISION <small>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA AND IS LOANED WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.</small>		THIS DWG. SUPERSEDED BY      SCALE THIS DWG. SUPERSEDES      1:9000 DWG. N°      REV. BH0362A-01-001-A3      0			

- LEGENDA**
- ☒ Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
  - ◻ Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda
- Are di proprietà**
- BASELL
  - CEF
  - SAPIO
  - EDISON
  - NYLCO
  - POLIMERI EUROPA
  - S.E.F.
  - YARA
  - SYNDIAL
  - Base planimetrica



500 m



REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
0	10/08	prima emissione	N.S.	L.Z.	D.A.

REVISIONS	
STABILIMENTO PETROLCHIMICO MULTISOCIETARIO DI FERRARA Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata	APPROVED FOR CONSTRUCTION
Piezometria falda confinata - Settembre 2008	DWG. REV.      DATE
Piezometri totalmente penetrati	SIGNATURE
	ORDER N°
	SUPPLIER
	CONTRACT N° 1-BH-0362A
	FRAME N°
	THIS DWG. SUPERSEDED BY
	SCALE
	THIS DWG. SUPERSEDES
	DWG. N°
	REV.
	ALLEGATO 5a
	0

**LEGENDA**

- Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
- Linee piezometriche

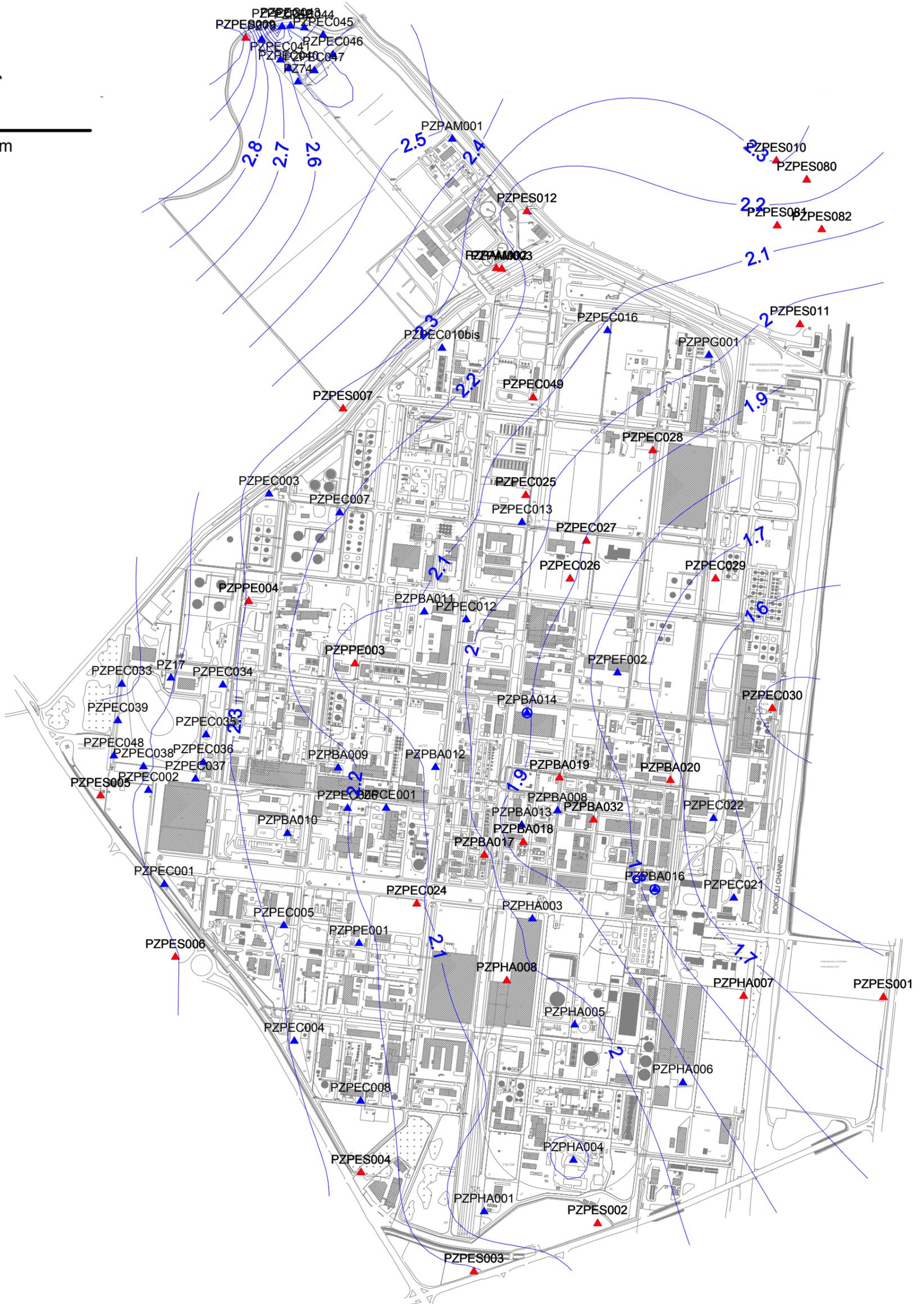


**FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A**  
ENVIRONMENTAL DIVISION

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA AND IS LENT WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.



500 m



REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
0	10/08	prima emissione	N.S.	L.Z.	D.A.

REVISIONS		
STABILIMENTO PETROLCHIMICO MULTISOCIETARIO DI FERRARA Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata	APPROVED FOR CONSTRUCTION	
Piezometria falda confinata - Settembre 2008	DWG. REV.      DATE	
Piezometri totalmente e parzialmente penetrati	SIGNATURE	
	ORDER N°	
	SUPPLIER	
	CONTRACT N° 1-BH-0362A	
	FRAME N°	
	THIS DWG. SUPERSEDED BY	SCALE
	THIS DWG. SUPERSEDES	
	DWG. N°	REV.
	ALLEGATO 5b	0

	<b>FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A</b> ENVIRONMENTAL DIVISION
<small>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA AND IS LENT WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.</small>	

**LEGENDA**

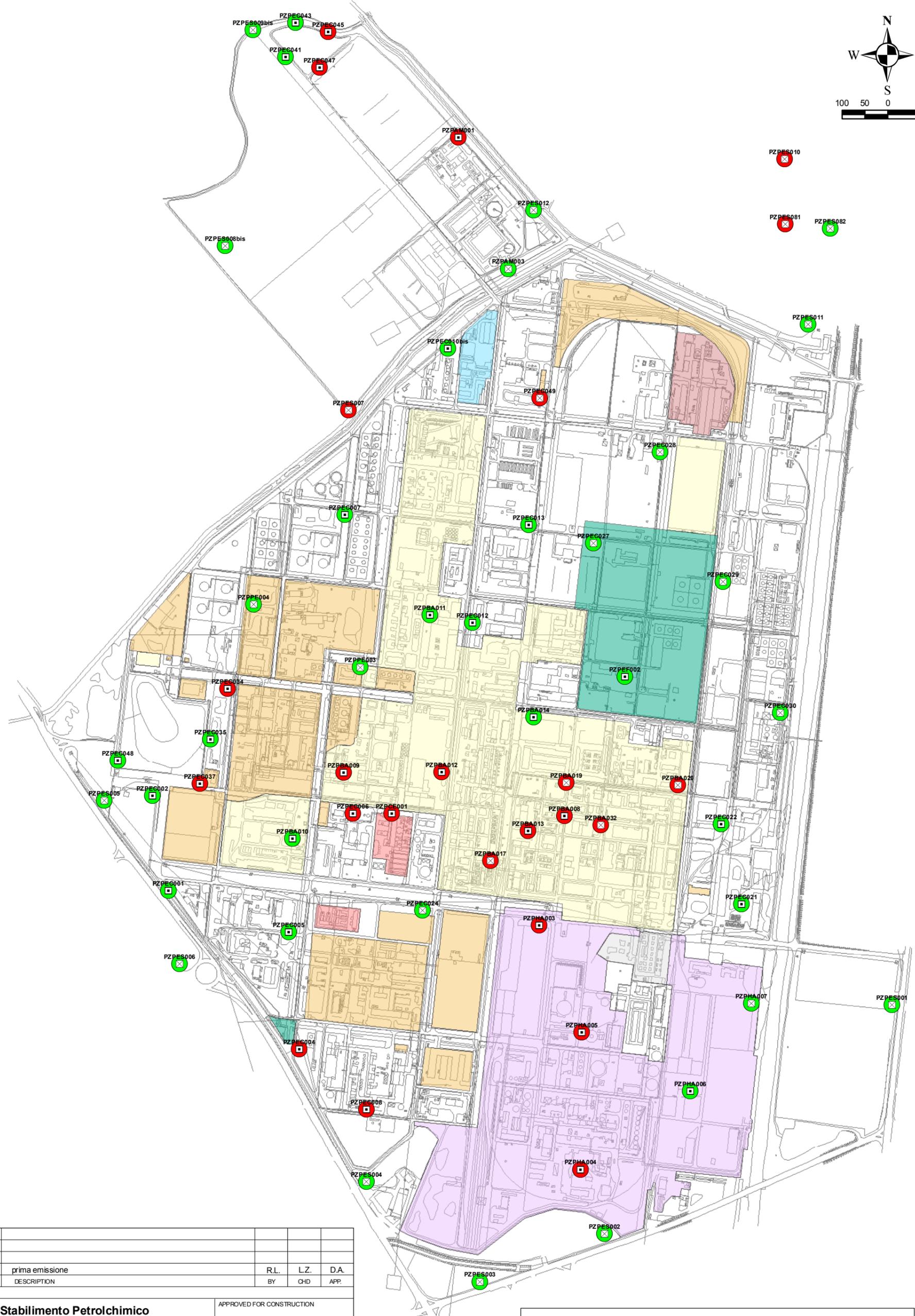
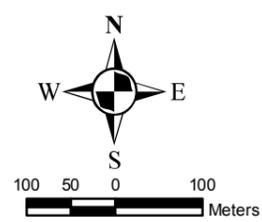
-  Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda
-  Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
-  Piezometro profondo escluso
-  Linee piezometriche

**Allegato 6: Tabulato valori parametri chimico-fisici acque della falda confinata**

Progressivo	Piezometro	Società	data rilievo	temperatura (° C)	pH	redox (mV)	conducibilità elettrica (uS/cm)	O <sub>2</sub> (mg/l)	torbidità (NTU)
1	PZPAM001	SYNDIAL	02/10/2008	19.1	7.91	-34.70	1933.00	0.29	3.07
2	PZPAM003	SYNDIAL	01/10/2008	19.2	7.53	-276.80	1218.00	0.00	0.63
3	PZPBA008	BASELL	30/09/2008	18.2	7.67	133.80	583.00	2.85	37.87
4	PZPBA009	BASELL	01/10/2008	20.9	8.12	-94.80	850.00	0.19	18.78
5	PZPBA010	BASELL	01/10/2008	19.0	8.90	-123.90	1090.00	0.00	0.00
6	PZPBA011	BASELL	30/09/2008	19.3	9.92	-70.90	801.00	0.06	4.19
7	PZPBA012	BASELL	30/09/2008	18.2		-187.20	830.00	0.00	2.01
8	PZPBA013	BASELL	30/09/2008	20.0	8.30	-159.70	898.00	0.00	6.73
9	PZPBA014	BASELL	02/10/2008	20.9	8.26	-128.90	1296.00	0.42	64.00
10	PZPBA017	BASELL	30/09/2008	19.1	8.59	-157.50	1158.00	0.00	0.99
11	PZPBA019	BASELL	30/09/2008	18.2	6.92	-154.40	1316.00	0.00	8.02
12	PZPBA020	BASELL	29/09/2008	18.8	7.38	-236.00	1380.00	0.00	0.22
13	PZPBA032	BASELL	29/09/2008	20.7	8.39	-109.70	1251.00	0.00	2.62
14	PZPEC001	CEF	26/09/2008	17.9	7.29	-199.50	766.00	0.00	1.03
15	PZPEC001	SYNDIAL	29/09/2008	19.7	8.59	-83.80	1097.00	0.02	1.89
16	PZPEC002	SYNDIAL	24/09/2008	17.5	7.36	-265.70	895.00	0.00	0.90
17	PZPEC004	SYNDIAL	30/09/2008	18.9	7.10	-268.40	758.00	0.00	4.32
18	PZPEC005	SYNDIAL	25/09/2008	19.6	8.70	-64.90	896.00	0.00	0.00
19	PZPEC006	SYNDIAL	26/09/2008	17.9	7.24	-251.30	772.00	0.00	1.72
20	PZPEC007	SYNDIAL	01/10/2008	17.7	8.70	-165.20	1016.00	0.00	2.37
21	PZPEC008	SYNDIAL	24/09/2008	20.9	8.05	-98.30	727.00	0.00	0.00
22	PZPEC010bis	SYNDIAL	01/10/2008	19.8	8.41	-160.70	991.00	0.00	0.00
23	PZPEC012	SYNDIAL	01/10/2008	19.1	8.00	-133.70	693.00	0.00	2.10
24	PZPEC013	SYNDIAL	29/09/2008	20.9	7.28	-86.50	1500.00	0.23	63.00
25	PZPEF002	SEF	29/09/2008	21.2	8.03	-276.90	576.00	0.00	14.44
26	PZPEC021	SYNDIAL	23/09/2008	19.1	7.27	-15.90	808.00	0.10	3.20
27	PZPEC022	SYNDIAL	23/09/2008	20.5	7.76	-183.00	818.00	0.00	6.98
28	PZPEC024	SYNDIAL	25/09/2008	19.8	7.31	-249.00	1144.00	0.00	0.94
29	PZPEC027	SYNDIAL	29/09/2008	19.4	7.02	-118.50	6320.00	0.00	0.54
30	PZPEC028	SYNDIAL	26/09/2008	20.3	7.98	-166.80	6.11	0.00	4.84
31	PZPEC029	SYNDIAL	26/09/2008	19.5	8.46	-128.30	9.12	0.15	18.74
32	PZPEC030	SYNDIAL	23/09/2008	19.5	7.63	-169.40	1240.00	0.00	0.99
33	PZPEC034	SYNDIAL	29/09/2008	20.0	7.91	-150.30	784.00	0.00	2.00
34	PZPEC035	SYNDIAL	29/09/2008	18.1	7.59	-50.30	978.00	0.00	0.19
35	PZPEC037	SYNDIAL	29/09/2008	17.9	7.21	-278.70	878.00	0.00	0.04
36	PZPEC041	SYNDIAL	25/09/2008	17.5	7.57	-286.90	1197.00	0.00	1.01
37	PZPEC043	SYNDIAL	25/09/2008	17.8	7.98	-274.70	1208.00	0.00	0.77
38	PZPEC045	SYNDIAL	25/09/2008	18.2	7.43	-281.00	1340.00	0.00	1.17
39	PZPEC047	SYNDIAL	25/09/2008	17.9	7.34	-312.60	1253.00	0.00	1.28
40	PZPEC048	SYNDIAL	28/10/2008	19.5	7.29	-125.40	813.00	0.17	0.00
41	PZPEC049	SYNDIAL	26/09/2008	18.7	8.51	-163.80	2.02	0.00	0.87
42	PZPES001	SYNDIAL	26/09/2008	18.2	7.15	-310.70	1032.00	0.00	2.02
43	PZPES002	YARA	24/09/2008	17.8	7.63	-96.30	1456.00	0.00	0.00
44	PZPES003	YARA	24/09/2008	18.7	7.91	-100.10	1017.00	0.02	1.34
45	PZPES004	YARA	24/09/2008	19.3	7.95	-119.80	1800.00	0.00	1.32
46	PZPES005	SYNDIAL	24/09/2008	17.4	7.36	-161.00	1257.00	0.00	2.02
47	PZPES006	AREA COMUNALE	24/09/2008	17.3	7.30	-221.60	1189.00	0.00	2.94
48	PZPES007	SYNDIAL	02/10/2008	17.9	8.49	-148.60	3400.00	0.00	0.00
49	PZPES008bis	SYNDIAL	02/10/2008	17.6	7.23	-262.80	7810.00	0.00	2.40
50	PZPES009bis	SYNDIAL	02/10/2008	18.1	7.18	-164.30	5.03	0.00	40.55
51	PZPES010	SYNDIAL	25/09/2008	18.0	8.96	-152.90	785.00	0.00	1.91
52	PZPES011	SYNDIAL	25/09/2008	18.4	8.27	-140.90	816.00	6.22	0.25
53	PZPES012	SYNDIAL	01/10/2008	18.2	7.79	-298.10	1056.00	0.00	0.73
54	PZPES081	SYNDIAL	25/09/2008	17.3	5.58	-109.30	911.00	0.00	0.00
55	PZPES082	SYNDIAL	25/09/2008	17.6	8.63	-110.50	806.00	0.00	0.00
56	PZPHA003	YARA	23/09/2008	18.5	7.05	-142.30	1953.00	0.25	11.53
57	PZPHA004	YARA	23/09/2008	17.4	7.20	-219.20	1523.00	0.00	2.07
58	PZPHA005	YARA	23/09/2008	19.2	7.15	-195.10	872.00	0.00	9.16
59	PZPHA006	YARA	23/09/2008	17.6	7.04	-206.20	922.00	0.00	4.72
60	PZPHA007	YARA	23/09/2008	19.4	7.64	-90.40	1278.00	0.00	1.27
61	PZPPE003	POLIMERI EUROPA	01/10/2008	18.2	7.19	-170.40	2760.00	0.00	0.24
62	PZPPE004	POLIMERI EUROPA	01/10/2008	18.1	7.17	-265.30	3680.00	0.00	0.71

**Allegato 7: Tabulato piezometri di monitoraggio della falda confinata: Società di appartenenza, coordinate Gauss Boaga, quota assoluta bocca pozzo, livelli piezometrici (Settembre 2008)**

N°	Piezometro	Società	Est	Nord	Quota b.p.	Soggiacenza falda (m da b.p.)	Quota falda (m da b.p.)
1	PZPAM001	SYNDIAL	1704562.075	4972287.824	5.4881	2.99	2.50
2	PZPAM002	SYNDIAL	1704659.169	4972001.054	5.534	3.28	2.25
3	PZPAM003	SYNDIAL	1704671.46	4971999.37	5.707	3.45	2.26
4	PZPBA008	BASELL	1704794.68	4970797.555	5.9121	4.02	1.89
5	PZPBA009	BASELL	1704309.847	4970892.52	6.4574	4.22	2.24
6	PZPBA010	BASELL	1704198.036	4970747.118	5.9819	3.73	2.25
7	PZPBA011	BASELL	1704500.318	4971238.684	6.5072	4.41	2.10
8	PZPBA012	BASELL	1704524.849	4970893.524	5.9449	3.86	2.08
9	PZPBA013	BASELL	1704715.465	4970765.462	5.8873	4.08	1.81
10	PZPBA014	BASELL	1704727.348	4971014.181	6.5602	4.12	2.44
11	PZPBA016	BASELL	1705009.683	4970622.891	6.229	3.60	2.63
12	PZPBA017	BASELL	1704632.917	4970699.054	6.1953	4.16	2.04
13	PZPBA018	BASELL	1704719.255	4970727.439	6.4715	4.65	1.82
14	PZPBA019	BASELL	1704798.955	4970870.45	5.9735	4.10	1.87
15	PZPBA020	BASELL	1705044.148	4970864.587	6.44	4.71	1.73
16	PZPBA032	BASELL	1704874.335	4970776.991	6.3579	4.50	1.86
17	PZPCE001	CEF	1704415.848	4970803.326	6.235	4.08	2.16
18	PZPEC001	SYNDIAL	1703925.789	4970633.904	5.8385	3.45	2.39
19	PZPEC002	SYNDIAL	1703890.676	4970842.758	6.0856	3.70	2.39
20	PZPEC003	SYNDIAL	1704157.244	4971500.208	6.5985	4.36	2.24
21	PZPEC004	SYNDIAL	1704213.051	4970286.171	6.7435	4.45	2.29
22	PZPEC005	SYNDIAL	1704189.791	4970542.704	6.3713	4.09	2.28
23	PZPEC006	SYNDIAL	1704330.679	4970802.642	5.9219	3.72	2.20
24	PZPEC007	SYNDIAL	1704313.217	4971458.847	5.5856	3.38	2.21
25	PZPEC008	SYNDIAL	1704359.61	4970153.228	6.8003	4.56	2.24
26	PZPEC010bis	SYNDIAL	1704539.396	4971823.844	5.7586	3.49	2.27
27	PZPEC012	SYNDIAL	1704592.743	4971221.545	6.3301	4.31	2.02
28	PZPEC013	SYNDIAL	1704716.302	4971437.28	5.3794	3.30	2.08
29	PZPEC016	SYNDIAL	1704905.101	4971862.802	6.5542	4.46	2.09
30	PZPEF002	SEF	1704927.064	4971103.347	5.6658	3.92	1.75
31	PZPEC021	SYNDIAL	1705184.355	4970603.696	6.2186	4.59	1.63
32	PZPEC022	SYNDIAL	1705139.321	4970780.286	5.8896	4.25	1.64
33	PZPEC024	SYNDIAL	1704483.585	4970590.898	6.6655	4.56	2.11
34	PZPEC025	SYNDIAL	1704724.49	4971497.466	6.1629	4.14	2.02
35	PZPEC026	SYNDIAL	1704822.164	4971312.147	6.6654	4.75	1.92
36	PZPEC027	SYNDIAL	1704858.449	4971396.074	7.192	5.30	1.89
37	PZPEC028	SYNDIAL	1705005.078	4971596.775	6.7119	4.79	1.92
38	PZPEC029	SYNDIAL	1705143.699	4971312.167	6.7226	5.05	1.67
39	PZPEC030	SYNDIAL	1705269.367	4971024.209	5.7228	4.25	1.47
40	PZPEC033	SYNDIAL	1703831.884	4971078.361	6.0882	3.53	2.56
41	PZPEC034	SYNDIAL	1704055.195	4971076.497	6.1742	3.85	2.32
42	PZPEC035	SYNDIAL	1704017.915	4970965.962	6.1087	3.77	2.34
43	PZPEC036	SYNDIAL	1704012.017	4970904.57	5.9852	3.67	2.32
44	PZPEC037	SYNDIAL	1703994.706	4970867.914	5.9097	3.56	2.35
45	PZPEC038	SYNDIAL	1703879.873	4970895.291	6.1172	3.70	2.42
46	PZPEC039	SYNDIAL	1703823.04	4970997.375	6.1711	3.77	2.40
47	PZPEC040	SYNDIAL	1704200.329	4972444.118	5.2816	2.68	2.60
48	PZPEC041	SYNDIAL	1704182.369	4972463.528	5.5157	2.91	2.61
49	PZPEC042	SYNDIAL	1704185.852	4972537.113	5.0027	3.36	1.64
50	PZPEC043	SYNDIAL	1704204.685	4972538.881	5.074	2.40	2.67
51	PZPEC044	SYNDIAL	1704235.154	4972534.859	5.068	2.42	2.65
52	PZPEC045	SYNDIAL	1704276.675	4972518.764	4.9106	2.56	2.35
53	PZPEC046	SYNDIAL	1704298.387	4972474.869	5.1958	2.56	2.64
54	PZPEC047	SYNDIAL	1704257.419	4972439.876	5.1366	2.91	2.23
55	PZPEC048	SYNDIAL	1703814.237	4970919.109	7.0643	4.63	2.43
56	PZPEC049	SYNDIAL	1704740.885	4971714.353	5.9416	3.82	2.12
57	PZPES001	SYNDIAL	1705514.673	4970383.232	6.0993	4.47	1.63
58	PZPES002	YARA	1704883.218	4969881.278	7.1101	5.04	2.07
59	PZPES003	YARA	1704609.81	4969774.596	7.0562	4.84	2.22
60	PZPES004	YARA	1704360.557	4969994.484	7.9611	5.69	2.27
61	PZPES005	SYNDIAL	1703784.998	4970830.902	6.1472	3.72	2.43
62	PZPES006	AREA COMUNALE	1703950.375	4970472.552	6.8537	4.45	2.40
63	PZPES007	SYNDIAL	1704320.788	4971689.357	6.2699	4.00	2.27
64	PZPES009	SYNDIAL	1704105.56	4972511.966	5.2283	2.04	3.19
65	PZPES010	SYNDIAL	1705278.197	4972239.478	5.4995	3.19	2.31
66	PZPES011	SYNDIAL	1705330.378	4971876.333	5.1697	3.21	1.96
67	PZPES012	SYNDIAL	1704726.993	4972127.296	5.0327	2.94	2.09
68	PZPES080	SYNDIAL	1705345.353	4972197.448	5.6992	3.44	2.26
69	PZPES081	SYNDIAL	1705280.019	4972095.76	5.506	3.36	2.15
70	PZPES082	SYNDIAL	1705378.493	4972087.103	5.1134	2.99	2.12
71	PZPHA001	YARA	1704632.65	4969907.736	6.4583	4.46	2.00
72	PZPHA003	YARA	1704739.156	4970557.502	6.3781	4.39	1.99
73	PZPHA004	YARA	1704829.706	4970021.906	6.5219	4.40	2.12
74	PZPHA005	YARA	1704832.547	4970322.182	6.4059	4.36	2.05
75	PZPHA006	YARA	1705071.671	4970194.045	6.258	4.34	1.92
76	PZPHA007	YARA	1705205.902	4970385.944	6.0458	4.29	1.76
77	PZPHA008	YARA	1704682.505	4970420.406	6.44	4.43	2.01
78	PZPPE001	POLIMERI EUROPA	1704356.116	4970503.194	6.1018	3.87	2.23
79	PZPPE003	POLIMERI EUROPA	1704347.05	4971123.827	6.3631	4.32	2.04
80	PZPPE004	POLIMERI EUROPA	1704112.145	4971261.789	6.2169	3.92	2.30
81	PZPPG001	NYLCO	1705129.128	4971808.431	5.9508	3.93	2.02
82	PZ17	SYNDIAL	1703940.493	4971092.047	6.1244	3.72	2.40
83	PZ74	SYNDIAL	1704221.23	4972414.733	5.9483	3.39	2.56
84	PZ79	SYNDIAL	1704141.047	4972509.148	5.562	2.91	2.65



20/11/08	prima emissione	R.L.	L.Z.	D.A.	
LETTER	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
REVISIONS					
<b>Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara</b> Campagna di monitoraggio della acque della falda confinata (Set-Ott08)			APPROVED FOR CONSTRUCTION		
ALLEGATO 2a Carta della qualità falda profonda Eccedenze complessive delle CSC			DWG. REV.	DATE	
			SIGNATURE		
			ORDER N°		
			SUPPLIER		
			CONTRACT N°	1-BH-0362A	
			FRAME N°		
			THIS DWG. SUPERSEDED BY	SCALE	
			THIS DWG. SUPERSEDES	1:8000	
			DWG. N°	REV.	
			BH0362A-01-002-A3	0	

**LEGENDA**

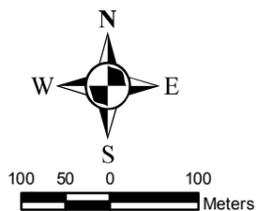
- Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
- Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda
- Piezometro conforme
- Piezometro non conforme alle CSC del D.Lgs 152/06

**AREE DI PROPRIETA'**

- BASELL
- CEF
- SAPIO
- EDISON
- NYLCO
- POLIMERI EUROPA
- S.E.F.
- YARA
- SYNDIAL
- Base planimetrica

**FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A.**  
 ENVIRONMENTAL DIVISION

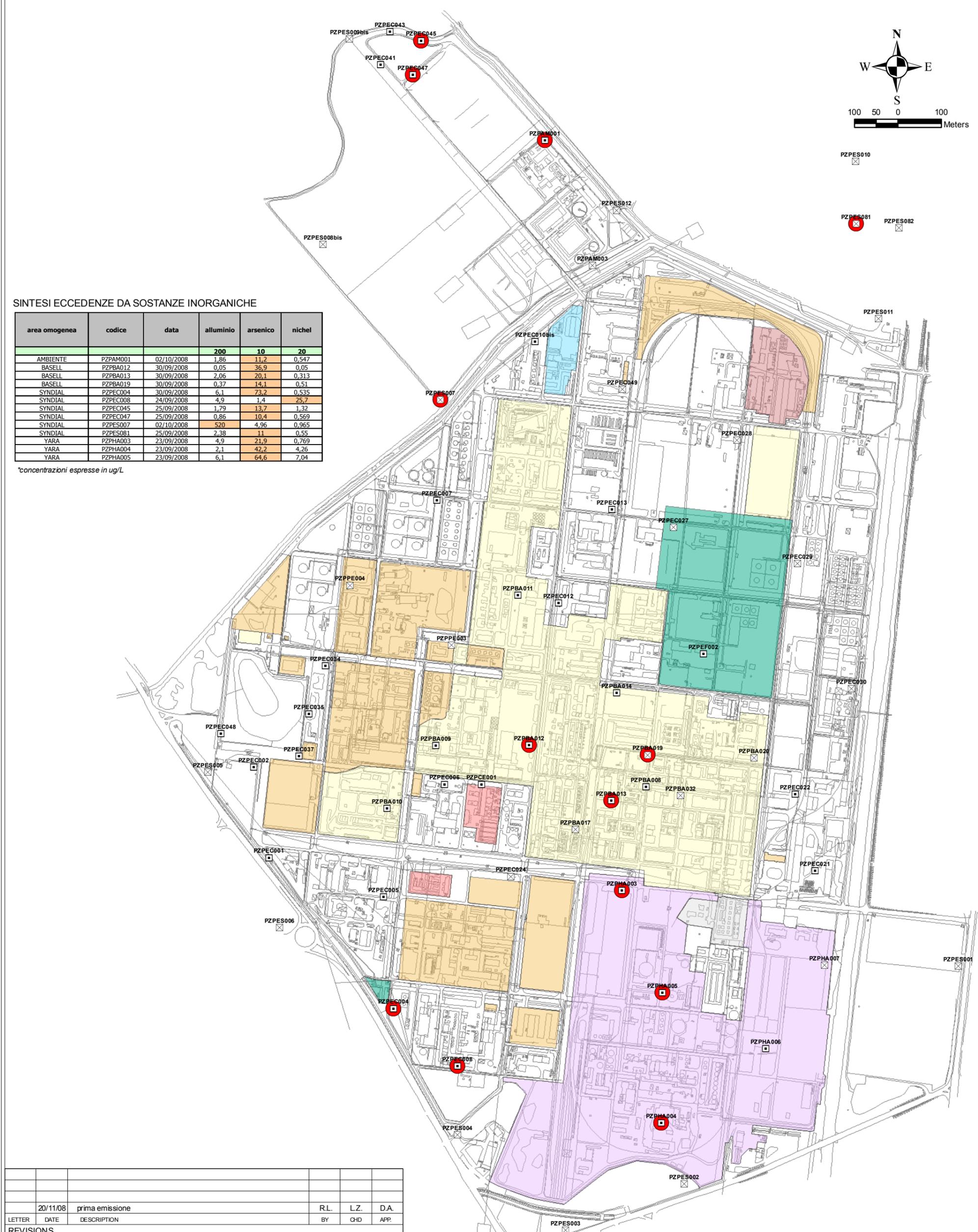
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA AND IS LENT WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.



SINTESI ECCELENZE DA SOSTANZE INORGANICHE

area omogenea	codice	data	alluminio	arsenico	nicel
			200	10	20
AMBIENTE	PZPAM001	02/10/2008	1,86	11,2	0,547
BASELL	PZPBA012	30/09/2008	0,05	36,9	0,05
BASELL	PZPBA013	30/09/2008	2,05	20,1	0,313
BASELL	PZPBA019	30/09/2008	0,37	14,1	0,51
SYNDIAL	PZPEC004	30/09/2008	6,1	73,2	0,535
SYNDIAL	PZPEC008	24/09/2008	4,9	1,4	25,7
SYNDIAL	PZPEC045	25/09/2008	1,79	13,7	1,32
SYNDIAL	PZPEC047	25/09/2008	0,86	10,4	0,569
SYNDIAL	PZPES007	02/10/2008	520	4,96	0,965
SYNDIAL	PZPES081	25/09/2008	2,38	11	0,55
YARA	PZPHA003	23/09/2008	4,9	21,9	0,769
YARA	PZPHA004	23/09/2008	2,1	42,2	4,26
YARA	PZPHA005	23/09/2008	6,1	64,6	7,04

\*concentrazioni espresse in ug/L

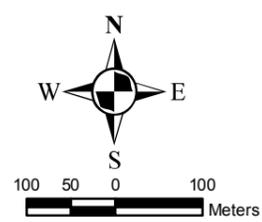


20/11/08	prima emissione	R.L.	L.Z.	D.A.	
LETTER	DATE	DESCRIPTION	BY	CHK	APP.
REVISIONS					
<b>Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara</b> Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata (Set-Out'08)			APPROVED FOR CONSTRUCTION DWG. REV. DATE SIGNATURE ORDER N SUPPLIER CONTRACT N° 1-BH-0362A FRAME N° THIS DWG. SUPERSEDED BY SCALE THIS DWG. SUPERSEDES 1:8000 DWG. N° BH0362A-01-003-A3 REV. 0		
<b>ALLEGATO 2b</b> Carta della qualità della falda profonda Eccedenze delle CSC - Sostanze Inorganiche			<b>FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A.</b> ENVIRONMENTAL DIVISION <small>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA AND IS LENT WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.</small>		

**LEGENDA**

- ☒ Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
- ☐ Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda
- Piezometro non conforme alle CSC del D.Lgs. 152/06 per Sostanze Inorganiche
- BASELL
- CEF
- SAPIO
- EDISON
- NYLCO
- POLIMERI EUROPA
- S.E.F.
- YARA
- SYNDIAL
- Base planimetrica

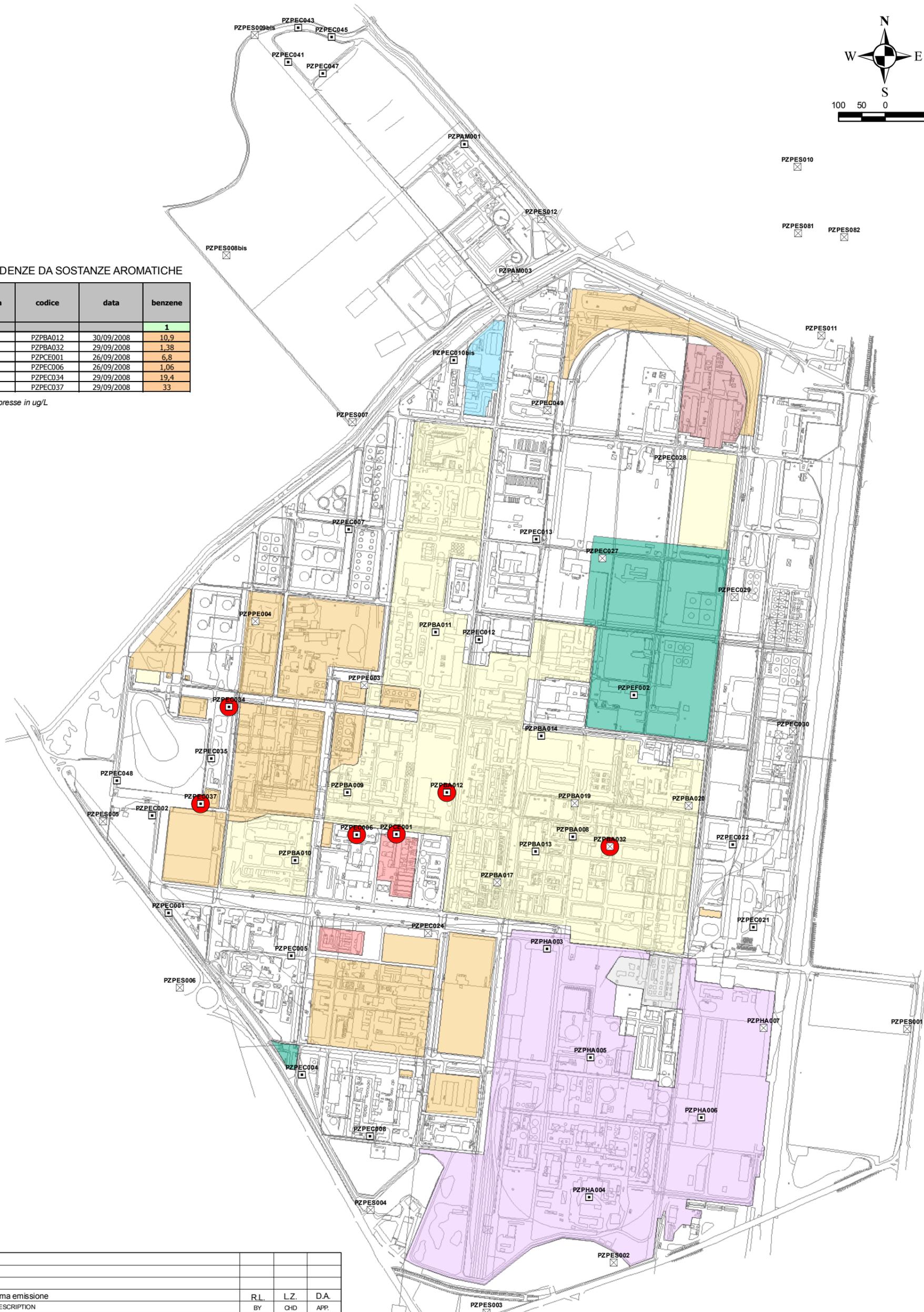
Aree di proprietà



SINTESI ECCEDENZE DA SOSTANZE AROMATICHE

area omogenea	codice	data	benzene
			1
BASELL	PZPBA012	30/09/2008	10,9
BASELL	PZPBA032	29/09/2008	1,38
CEF	PZPCE001	26/09/2008	6,8
SYNDIAL	PZPEC006	26/09/2008	1,06
SYNDIAL	PZPEC034	29/09/2008	19,4
SYNDIAL	PZPEC037	29/09/2008	33

\*concentrazioni espresse in ug/L



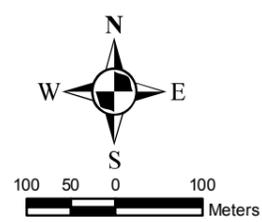
20/11/08	prima emissione	R.L.	L.Z.	D.A.	
LETTER	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
REVISIONS					
<b>Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara</b> Campagna di monitoraggio della acque della falda confinata (Set-Ott08)			APPROVED FOR CONSTRUCTION DWG. REV.      DATE SIGNATURE		
ALLEGATO 2c Carta della qualità della falda profonda Eccedenze delle CSC - Composti organici aromatici e Idrocarburi			ORDER N° SUPPLIER CONTRACT N° 1-BH-0362A FRAME N° THIS DWG. SUPERSEDED BY SCALE THIS DWG. SUPERSEDES 1:8000 DWG. N° REV. BH0362A-01-004-A3      0		
<b>FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A.</b> ENVIRONMENTAL DIVISION <small>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A. AND IS LENT WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.</small>					

**LEGENDA**

- ⊗ Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
- ⊠ Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda
- Piezometro non conforme alle CSC del D.Lgs 152/06 per i Composti Aromatici

■ BASELL	■ SAPIO	■ EDISON	■ NYLCO	■ POLIMERI EUROPA	■ S.E.F.	■ YARA	■ SYNDIAL	— Base planimetrica
----------	---------	----------	---------	-------------------	----------	--------	-----------	---------------------

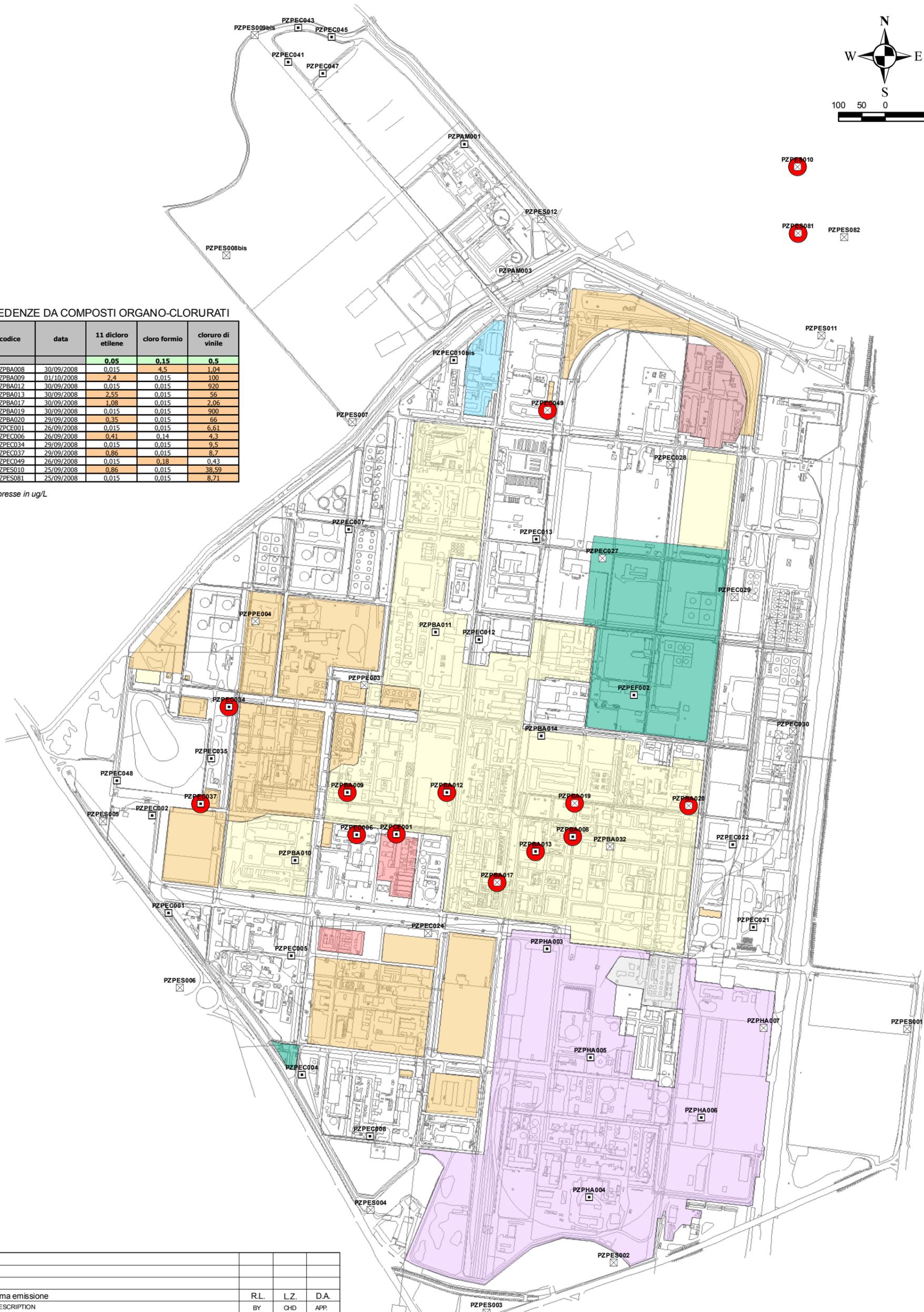
Aree di proprietà



**SINTESI ECCELENZE DA COMPOSTI ORGANO-CLORURATI**

area omogenea	codice	data	11 dicloro etilene	cloro formio	cloruro di vinile
BASELL	PZPBA008	30/09/2008	0,05	0,15	0,5
BASELL	PZPBA009	01/10/2008	0,015	4,5	1,04
BASELL	PZPBA012	30/09/2008	2,4	0,015	100
BASELL	PZPBA013	30/09/2008	0,015	0,015	920
BASELL	PZPBA017	30/09/2008	2,55	0,015	56
BASELL	PZPBA019	30/09/2008	1,08	0,015	2,06
BASELL	PZPBA020	30/09/2008	0,015	0,015	900
BASELL	PZPBA020	29/09/2008	0,35	0,015	66
CEF	PZPE001	26/09/2008	0,015	0,015	6,61
SYNDIAL	PZPE006	26/09/2008	0,41	0,14	4,3
SYNDIAL	PZPE034	29/09/2008	0,015	0,015	9,5
SYNDIAL	PZPE037	29/09/2008	0,86	0,015	8,7
SYNDIAL	PZPE049	26/09/2008	0,015	0,18	0,43
SYNDIAL	PZPES010	25/09/2008	0,86	0,015	38,59
SYNDIAL	PZPES081	25/09/2008	0,015	0,015	8,71

\*concentrazioni espresse in ug/L



20/11/08	prima emissione	R.L.	L.Z.	D.A.	
LETTER	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
REVISIONS					
<b>Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara</b> Campagna di monitoraggio della acque della falda confinata (Set-Ott'08)			APPROVED FOR CONSTRUCTION		
ALLEGATO 2d Carta della qualità della falda profonda Eccedenze delle CSC - Composti Organoclorurati			DWG. REV.      DATE SIGNATURE		
FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A. ENVIRONMENTAL DIVISION			ORDER N SUPPLIER CONTRACT N° 1-BH-0362A FRAME N° THIS DWG. SUPERSEDED BY THIS DWG. SUPERSEDES DWG. N° BH0362A-01-005-A3		
			SCALE 1:8000 REV. 0		

**LEGENDA**

- Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
- Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda
- Piezometro non conforme alle CSC del D.Lgs 152/06 per i Composti Organoclorurati
- BASELL
- CEF
- SAPIO
- EDISON
- NYLCO
- POLIMERI EUROPA
- S.E.F.
- YARA
- SYNDIAL
- Base planimetrica

Aree di proprietà



500 m



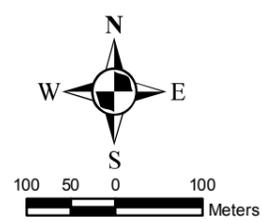
REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
0	11/08	prima emissione	N.S.	L.Z.	D.A.

REVISIONS		APPROVED FOR CONSTRUCTION	
<b>STABILIMENTO PETROLCHIMICO MULTISOCIETARIO DI FERRARA</b> Campagna di monitoraggio delle acque della falda confinata (Settembre - Ottobre 2008)		DWG. REV.	DATE
ALLEGATO 2e Carta della qualità della falda profonda Distribuzione della concentrazione di Cloruro di Vinile		SIGNATURE	
		ORDER N°	
		SUPPLIER	
		CONTRACT N°	1-BH-0362A
		FRAME N°	
		THIS DWG. SUPERSEDED BY	SCALE
		THIS DWG. SUPERSEDES	
<b>FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A</b> <b>ENVIRONMENTAL DIVISION</b> <small>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA AND IS LENT WITH-            OUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL            NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY,            NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY            FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.</small>		DWG. N°	REV.
		BH0362A-01-007-A3	0

**LEGENDA**

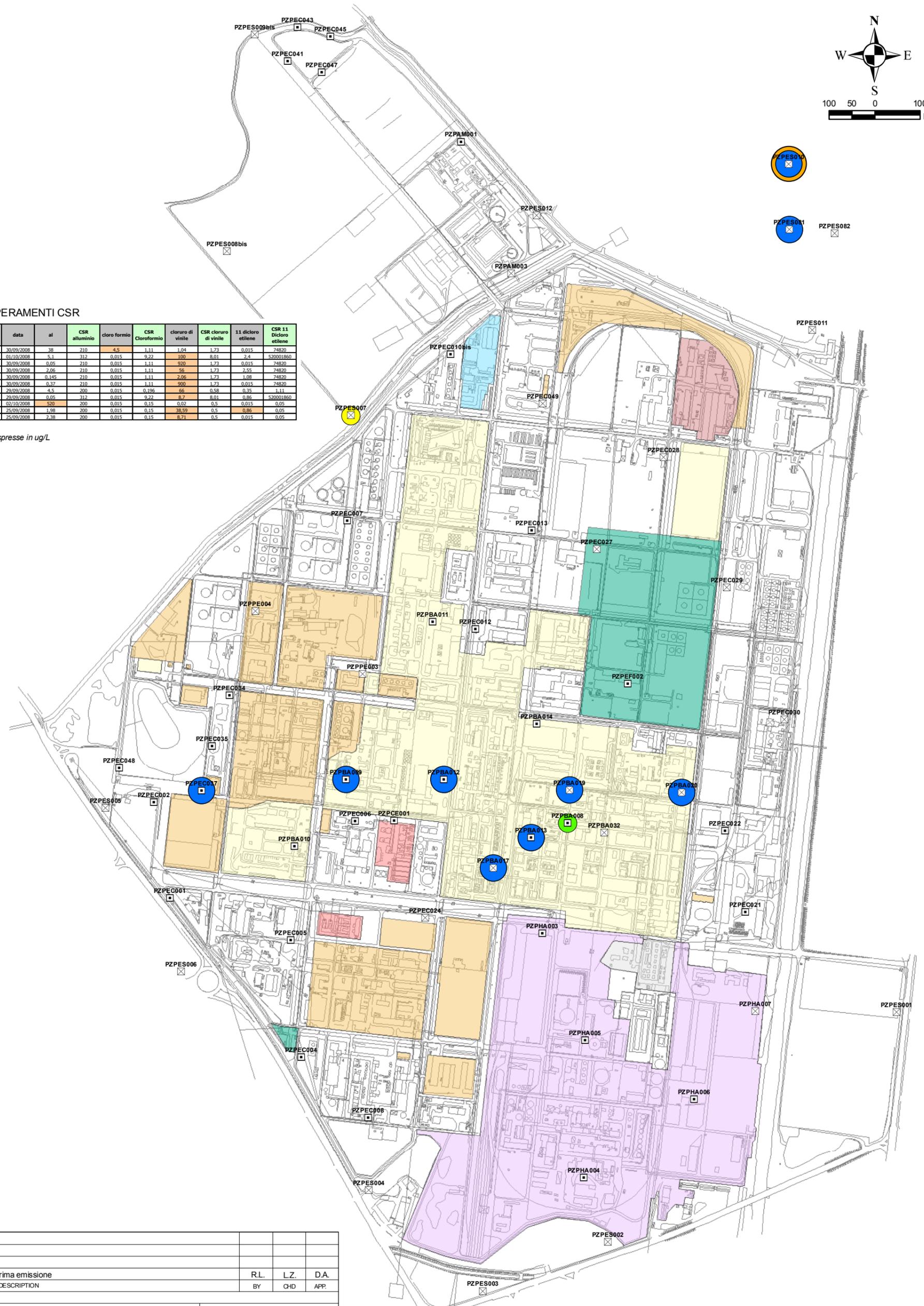
- ▲ Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda
- ▲ Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
- ✱ Ulteriore non conformità rispetto alle CSC (D.lgs. 152/06)
- Linee di isoconcentrazione



**SINTESI SUPERAMENTI CSR**

codice	nota AdR	data	al	CSR alluminio	cloro formio	CSR Cloroformio	cloruro di vinile	CSR cloruro di vinile	1,1 dicloro etilene	CSR 1,1 Dicloro etilene
PZPBA008	plumetaz2	30/09/2008	38	210	4.5	1.11	1.04	1.73	0.015	74820
PZPBA009	plumetaz1	01/10/2008	5.1	312	0.015	9.22	100	8.01	3.4	520001860
PZPBA012	plumetaz2	30/09/2008	0.05	210	0.015	1.11	920	1.73	0.015	74820
PZPBA013	plumetaz2	30/09/2008	2.06	210	0.015	1.11	56	1.73	2.55	74820
PZPBA017	plumetaz2	30/09/2008	0.145	210	0.015	1.11	2.06	1.73	1.08	74820
PZPBA019	plumetaz2	30/09/2008	0.37	210	0.015	1.11	900	1.73	0.015	74820
PZPBA020	plumetaz2	29/09/2008	4.5	200	0.015	0.196	66	0.98	0.25	1.11
PZPEC037	plumetaz1	29/09/2008	0.05	312	0.015	9.22	8.7	8.01	0.86	520001860
PZPEC007	generico	02/10/2008	520	200	0.015	0.15	0.02	0.5	0.015	0.05
PZPES010	generico	25/09/2008	1.98	200	0.015	0.15	38.59	0.5	0.86	0.05
PZPES081	generico	25/09/2008	7.38	200	0.015	0.15	8.71	0.5	0.015	0.05

\*concentrazioni espresse in ug/L



21/11/08	prima emissione	R.L.	L.Z.	D.A.	
LETTER	DATE	DESCRIPTION	BY	CHD	APP.
REVISIONS					
<b>Stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Ferrara</b> Campagna di monitoraggio della acque della falda confinata (Set-Ott'08)			APPROVED FOR CONSTRUCTION DWG. REV. DATE SIGNATURE		
ALLEGATO 2f Carta della qualità della falda profonda Superamenti delle CSR			ORDER N SUPPLIER CONTRACT N° 1-BH-0362A FRAME N° THIS DWG. SUPERSEDED BY SCALE THIS DWG. SUPERSEDES 1:8000 DWG. N° BH0362A-01-006-A3 REV. 0		
<b>FOSTER WHEELER ITALIANA S.p.A.</b> ENVIRONMENTAL DIVISION <small>THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF FOSTER WHEELER ITALIANA AND IS LENT WITHOUT CONSIDERATION OTHER THAN THE BORROWER'S AGREEMENT THAT IT SHALL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SPECIFICALLY FURNISHED. THE APPARATUS SHOWN IN THE DRAWING IS COVERED BY PATENTS.</small>					

**LEGENDA**

- ☒ Piezometro profondo totalmente penetrato in falda
- ☐ Piezometro profondo parzialmente penetrato in falda

Non conformità alle CSR:

- Alluminio
- Cloroformio
- Cloruro di Vinile
- 1,1-Dicloroetilene

Aree di proprietà:

- BASELL
- CEF
- SAPIO
- EDISON
- NYLCO
- POLIMERI EUROPA
- S.E.F.
- YARA
- SYNDIAL
- Base planimetrica

Tabella 1-D: Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)

Parametro	Limite ai sensi DLgs 152/06 [µg/l]	CSR [µg/l]	C <sub>SAT</sub> [µg/l]
<b>Plume 1 - Porzione 1 (PZPBA009-PZPBA010-PZPCE001-PZPEC001-PZPEC002-PZPEC006-PZPEC036-PZPEC037-PZPC038-PZPEC048)</b>			
Alluminio	200	312	
Nichel	20	31	
Piombo	10	15.6	
Benzene	1	3,499	
Etilbenzene	50	1,000,000,000	>1,69E+05
p-Xylene	10	1,000,000,000	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	9	
Cloruro di Vinile	0.5	8	
1,1 Dicloroetilene	0.05	520,001,860	>2,25E+06
TPH - Arom >C09-C10	350	546	
TPH - Arom >C11-C22		546	
TPH - Aliph >C05-C08		546	
TPH - Aliph >C09-C18		546	>1,00E+1
<b>Plume 1 - Porzione 2 (PZPBA008-PZPBA012-PZPBA013-PZPBA014-PZPBA017-PZPBA018-PZPBA019-PZPBA032)</b>			
Alluminio	200	210	
Nichel	20	21	
Piombo	10	10.5	
Benzene	1	85.9	
Etilbenzene	50	28,465,091	>1,69E+05
p-Xylene	10	922,967	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	1.1	
Cloruro di Vinile	0.5	1.7	
1,1 Dicloroetilene	0.05	74,820	
TPH - Arom >C09-C10	350	368	
TPH - Arom >C11-C22		368	
TPH - Aliph >C05-C08		368	
TPH - Aliph >C09-C18		368	>1,00E+1
<b>Plume 1 - Porzione 3 (PZPBA020-PZPBA024-PZPBA025-PZPBA026-PZPEC022-PZPEC050-PZPEC051-PZPEC052-PZPEC053-PZPEC054-PZPEC055-PZPEF002)</b>			
Alluminio	200	200	
Nichel	20	20	
Piombo	10	10	
Benzene	1	2	
Etilbenzene	50	848	
p-Xylene	10	104	
Cloroformio	0.15	0.196	
Cloruro di Vinile	0.5	0.58	
1,1 Dicloroetilene	0.05	1.1	
TPH - Arom >C09-C10	350	350	
TPH - Arom >C11-C22		350	
TPH - Aliph >C05-C08		350	
TPH - Aliph >C09-C18		350	>1,00E+1
<b>Plume 2 (PZ17-PZPEC034-PZPPE003)</b>			
Alluminio	200	664	
Nichel	20	66	
Piombo	10	33	
Benzene	1	7,213	
Etilbenzene	50	1,000,000,000	>1,69E+05
p-Xylene	10	1,000,000,000	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	19	
Cloruro di Vinile	0.5	17	
1,1 Dicloroetilene	0.05	1,000,000,000	>2,25E+06
TPH - Arom >C09-C10	350	1,162	
TPH - Arom >C11-C22		1,162	
TPH - Aliph >C05-C08		1,162	
TPH - Aliph >C09-C18		1,162	>1,00E+1
<b>Plume 3 (PZPEC010bis-PZPEC049)</b>			
Alluminio	200	359	
Nichel	20	36	
Piombo	10	18	
Benzene	1	1,628	
Etilbenzene	50	1,000,000,000	>1,69E+05
p-Xylene	10	275,178,372	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	6.5	
Cloruro di Vinile	0.5	6.7	
1,1 Dicloroetilene	0.05	62,124,894	>2,25E+06
TPH - Arom >C09-C10	350	629	
TPH - Arom >C11-C22		629	
TPH - Aliph >C05-C08		629	
TPH - Aliph >C09-C18		629	>1,00E+1
<b>PZ79</b>			
Alluminio	200	5,877	
Nichel	20	588	
Piombo	10	294	
Benzene	1	5,247,281	>1,75E+06
Etilbenzene	50	1,000,000,000	>1,69E+05
p-Xylene	10	1,000,000,000	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	1,964	
Cloruro di Vinile	0.5	807	
1,1 Dicloroetilene	0.05	1,000,000,000	>2,25E+06
TPH - Arom >C09-C10	350	10,285	
TPH - Arom >C11-C22		10,285	>6,00E+03
TPH - Aliph >C05-C08		10,285	
TPH - Aliph >C09-C18		10,285	>1,00E+1

Tabella 1-D: Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)

Parametro	Limite ai sensi DLgs 152/06 [ $\mu\text{g/l}$ ]	CSR [ $\mu\text{g/l}$ ]	C <sub>SAT</sub> [ $\mu\text{g/l}$ ]
<b>PZPEC003</b>			
Alluminio	200	1,353	
Nichel	20	135	
Piombo	10	68	
Benzene	1	143,246	
Etilbenzene	50	1,000,000,000	>1,69E+05
p-Xylene	10	1,000,000,000	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	137	
Cloruro di Vinile	0.5	80.6	
1,1 Dicloroetilene	0.05	1,000,000,000	>2,25E+06
TPH - Arom >C09-C10	350	2,368	
TPH - Arom >C11-C22		2,368	
TPH - Aliph >C05-C08		2,368	
TPH - Aliph >C09-C18		2,368	>1,00E+1
<b>PZPEC008</b>			
Alluminio	200	1,030	
Nichel	20	103	
Piombo	10	51	
Benzene	1	52,944	
Etilbenzene	50	1,000,000,000	>1,69E+05
p-Xylene	10	1,000,000,000	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	70	
Cloruro di Vinile	0.5	47	
1,1 Dicloroetilene	0.05	1,000,000,000	>2,25E+06
TPH - Arom >C09-C10	350	1,802	
TPH - Arom >C11-C22		1,802	
TPH - Aliph >C05-C08		1,802	
TPH - Aliph >C09-C18		1,802	>1,00E+1
<b>PZPEC029</b>			
Alluminio	200	368	
Nichel	20	36.76	
Piombo	10	18	
Benzene	1	32	
Etilbenzene	50	968,795	>1,69E+05
p-Xylene	10	50,298	
Cloroformio	0.15	0.926	
Cloruro di Vinile	0.5	1.9	
1,1 Dicloroetilene	0.05	1,989	
TPH - Arom >C09-C10	350	643	
TPH - Arom >C11-C22		643	
TPH - Aliph >C05-C08		643	
TPH - Aliph >C09-C18		643	>1,00E+1
<b>PZPHA004</b>			
Alluminio	200	648	
Nichel	20	65	
Piombo	10	32	
Benzene	1	708	
Etilbenzene	50	986,747,915	
p-Xylene	10	24,153,523	
Cloroformio	0.15	5.6	
Cloruro di Vinile	0.5	7.3	
1,1 Dicloroetilene	0.05	3,006,484	
TPH - Arom >C09-C10	350	1,133	
TPH - Arom >C11-C22		1,133	
TPH - Aliph >C05-C08		1,133	
TPH - Aliph >C09-C18		1,133	
<b>PZPPG001</b>			
Alluminio	200	380	
Nichel	20	38	
Piombo	10	19	
Benzene	1	185	
Etilbenzene	50	79,022,547	>1,69E+05
p-Xylene	10	2,436,944	>1,85E+05
Cloroformio	0.15	2.2	
Cloruro di Vinile	0.5	3.3	
1,1 Dicloroetilene	0.05	213,252	
TPH - Arom >C09-C10	350	665	
TPH - Arom >C11-C22		665	
TPH - Aliph >C05-C08		665	
TPH - Aliph >C09-C18		665	>1,00E+1

Allegato 4: Tabulati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acqua della falda confinata

Determinando	CODICE PIEZOMETRO	DATA PRELIEVO	ALLUMINIO	ARSENICO	NICHEL	PIOMBO	BENZENE	ETILBENZENE	STIRENE	TOLUENE	p-XILENE	CLOROFORMIO
Metodo			EPA 200.8 1994	EPA 200.8 1994	EPA 200.8 1994	EPA 200.8 1994	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006
Unità di misura			µg/l(come Al)	µg/l(come As)	µg/l(come Ni)	µg/l(come Pb)	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Valori limite (CSC ex DLgs 152/06)			200	10	20	10	1	50	25	15	10	0.15
08.045597.001.01	PZPEC007	01/10/2008	20.4	6.39	0.422	0.125	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.002.01	PZPEC012	01/10/2008	8.7	4.93	1.3	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.003.01	PZPPE004	01/10/2008	71	1.14	0.353	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.004.01	PZPPE003	01/10/2008	0.82	2.37	0.434	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.005.01	PZPBA010	01/10/2008	17.5	1.22	0.433	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.006.01	PZPBA009	01/10/2008	5.1	0.122	1.09	<0,1	1	1.6	<0,2	1	<0,06	<0,03
08.045597.007.01	PZPAM003	01/10/2008	7	2.8	0.98	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.008.01	PZPEC010bis	01/10/2008	10 (10)	7,58 (7,1)	1,06 (0,5)	<0,1 (<0,1)	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.009.01	PZPES012	01/10/2008	172	2.85	1.78	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.010.01	PZPES007	02/10/2008	520	4.96	0.965	0.162	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.011.01	PZPES008bis	02/10/2008	7.6	4.26	2.12	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.012.01	PZPAM001	02/10/2008	1.86	11.2	0.547	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.013.01	PZPES009bis	02/10/2008	18.7	9.3	4.04	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045597.014.01	PZPBA014	02/10/2008	30 (8,6)	26 (9,3)	2,9 (2,1)	0,6 (<0,1)	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045578.001.01	PZPBA032	29/09/2008	<0,1	3.72	2.94	<0,1	1.38	0.23	<0,2	0.26	<0,06	<0,03
08.045578.002.01	PZPBA020	29/09/2008	4.5	0.736	0.374	<0,1	<0,03	0.57	<0,2	<0,08	0.1	<0,03
08.045578.003.01	PZPBA011	30/09/2008	2.56	3.02	<0,1	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	0.24	<0,06	<0,03
08.045578.004.01	PZPBA012	30/09/2008	<0,1	36.9	<0,1	<0,1	10.9	<0,03	<0,2	<0,08	0.34	<0,03
08.045578.005.01	PZPBA008	30/09/2008	38	0.397	3.47	3.25	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	4.5
08.045578.006.01	PZPBA017	30/09/2008	0.145	2.83	0.26	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	0.38	<0,06	<0,03
08.045578.007.01	PZPBA013	30/09/2008	2.06	20.1	0.313	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	0.49	<0,06	<0,03
08.045578.008.01	PZPEC037	29/09/2008	<0,1	1.18	0.1	<0,1	33	8.3	<0,2	2.02	3.9	<0,03
08.045578.009.01	PZPEC035	29/09/2008	<0,1	1.98	0.25	<0,1	<0,03	0.43	0.25	0.31	<0,06	<0,03
08.045578.010.01	PZPEC034	29/09/2008	2.12	3.49	0.641	<0,1	19.4	0.16	<0,2	0.17	<0,06	<0,03
08.045578.011.01	PZPEF002	29/09/2008	31	0.848	1.2	<0,1	0.19	0.17	<0,2	0.38	<0,06	<0,03
08.045578.012.01	PZPEC013	29/09/2008	15.2	0.4	0.679	<0,1	0.15	<0,03	<0,2	0.22	<0,06	<0,03
08.045578.013.01	PZPEC001	29/09/2008	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045578.014.01	PZPEC027	29/09/2008	<0,1	3.08	0.689	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045578.015.01	PZPBA019	30/09/2008	0.37	14.1	0.51	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045578.016.01	PZPEC004	30/09/2008	6.1	73.2	0.535	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045511.001.01	PZPEC041	25/09/2008	1.62	5.84	5.3	<0,1	<0,03	0.2	<0,2	0.34	0.13	<0,03
08.045511.002.01	PZPES081	25/09/2008	2.38	11	0.55	0.204	<0,03	<0,03	0.34	<0,08	<0,06	<0,03
08.045511.003.01	PZPES010	25/09/2008	1.98	6.36	0.486	0.156	<0,03	<0,03	<0,2	0.32	<0,06	<0,03
08.045511.004.01	PZPEC043	25/09/2008	1.36	6.2	0.912	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045511.005.01	PZPEC045	25/09/2008	1.79	13.7	1.32	0.348	<0,03	<0,03	<0,2	0.3	<0,06	<0,03
08.045511.006.01	PZPES082	25/09/2008	2.4	7.6	0.47	0.18	<0,03	<0,03	<0,2	0.33	<0,06	<0,03
08.045511.007.01	PZPES011	25/09/2008	2.4	6.52	0.446	0.305	<0,03	<0,03	<0,2	0.27	<0,06	<0,03
08.045511.008.01	PZPEC047	25/09/2008	0.86	10.4	0.569	3.64	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045511.009.01	PZPEC005	25/09/2008	23.8	1.48	1.41	0.48	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045511.010.01	PZPEC024	25/09/2008	2.25	2.07	0.685	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045511.011.01	PZPEC049	26/09/2008	10 (9)	2,5 (2,5)	1,5 (1,3)	0,3 (<0,1)	0.11	0.32	<0,2	0.35	<0,06	0.18
08.045511.012.01	PZPEC006	26/09/2008	2.33	0.467	0.657	<0,1	1.06	1.21	<0,2	0.6	0.28	0.14
08.045511.013.01	PZPCE001	26/09/2008	2.76	2.37	0.403	0.193	6.8	0.14	<0,2	0.43	0.24	<0,03
08.045511.014.01	PZPEC028	26/09/2008	7	2.36	0.388	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045511.015.01	PZPES001	26/09/2008	0.91	6.91	0.369	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	0.23	<0,06	<0,03
08.045511.016.01	PZPEC029	26/09/2008	181 (12,9)	5,6 (4,3)	2,3 (1,4)	0,4 (<0,1)	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	0.22	<0,03
08.045470.001.01	PZPHA007	23/09/2008	9.1	1.97	0.725	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.002.01	PZPES005	24/09/2008	3.7	4.99	0.978	0.332	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.003.01	PZPES003	24/09/2008	1.4	2.99	0.812	0.982	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.004.01	PZPES002	24/09/2008	2.52	1.92	0.631	0.13	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.005.01	PZPES006	24/09/2008	2.45	1.23	0.889	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.006.01	PZPES004	24/09/2008	1.46	1.98	0.586	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
045470.007.01/08.046275.001	PZPEC048*	24/09/2008	2	4.46	1.25	<0,1	<0,03	1,7	<0,2	<0,08	9,0	<0,03
08.045470.008.01	PZPEC021	23/09/2008	5.5	1.52	1.14	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.009.01	PZPHA003	23/09/2008	4.9	21.9	0.769	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.010.01	PZPEC022	23/09/2008	3.8	5.23	4.69	0.812	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.011.01	PZPHA005	23/09/2008	6.1	64.6	7.04	0.138	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.012.01	PZPHA004	23/09/2008	2.1	42.2	4.26	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.013.01	PZPEC030	23/09/2008	27.6	1.38	0.356	0.349	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.014.01	PZPHA006	23/09/2008	<0,1	0.519	0.304	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03
08.045470.015.01	PZPEC002	24/09/2008	<0,1	1.34	0.103	<0,1	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	3	<0,03
08.045470.016.01	PZPEC008	24/09/2008	4.9	1.4	25.7	0.2	<0,03	<0,03	<0,2	<0,08	<0,06	<0,03

() valori filtrati

\* piezometro ricampionato in data 28/10/08 per la verifica dei Composti Aromatici e Idrocarburi

Allegato 4: Tabulati delle analisi chimiche

Determinando	CODICE PIEZOMETRO	CLORURO DI VINILE	1,2-DICLOROETANO	1,1-DICLOROETILENE	TRICLOROETILENE	TETRACLOROETILENE	1,1-DICLOROETANO	1,2-DICLOROETILENE	DRO (come n-esano)	GRO (come n-esano)	IDROCARBURI TOTALI (come n-esano)
Metodo		EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5030 C 2003 + EPA 8260 C 2006	EPA 5021A 2003 + EPA 3510 C 1996 + EPA 8015 D 2003	EPA 5021A 2003 + EPA 3510 C 1996 + EPA 8015 D 2003	EPA 5021A 2003 + EPA 3510 C 1996 + EPA 8015 D 2003
Unità di misura		µg/l	µg/l	µg/l							
Valori limite (CSC ex DLgs 152/06)		0.5	3	0.05	1.5	1.1	810	60			350
08.045597.001.01	PZPEC007	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	10	10
08.045597.002.01	PZPEC012	<0,04	0.29	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.003.01	PZPPE004	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.004.01	PZPPE003	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.005.01	PZPBA010	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.006.01	PZPBA009	100	<0,02	2.4	<0,02	0.2	0.2	0.7	15	40	55
08.045597.007.01	PZPAM003	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.008.01	PZPEC010bis	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.009.01	PZPES012	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	45	<5	45
08.045597.010.01	PZPES007	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	20	<5	20
08.045597.011.01	PZPES008bis	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.012.01	PZPAM001	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.013.01	PZPES009bis	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045597.014.01	PZPBA014	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.001.01	PZPBA032	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	10	10
08.045578.002.01	PZPBA020	66	<0,02	0.35	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.003.01	PZPBA011	<0,04	0.5	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.004.01	PZPBA012	920	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	10	20	30
08.045578.005.01	PZPBA008	1.04	0.38	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.006.01	PZPBA017	2.06	<0,02	1.08	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.007.01	PZPBA013	56	0.39	2.55	<0,02	<0,05	1.84	<0,06	30	150	180
08.045578.008.01	PZPEC037	8.7	1.56	0.86	0.35	<0,05	1.07	<0,06	20	100	120
08.045578.009.01	PZPEC035	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.010.01	PZPEC034	9.5	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	17.2	110	40	150
08.045578.011.01	PZPEF002	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.012.01	PZPEC013	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.013.01	PZPEC001	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.014.01	PZPEC027	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.015.01	PZPBA019	900	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045578.016.01	PZPEC004	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.001.01	PZPEC041	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	5	5	10
08.045511.002.01	PZPES081	8.71	0.17	<0,03	<0,02	<0,05	0.18	1.38	<5	<5	<5
08.045511.003.01	PZPES010	38.59	0.33	0.86	<0,02	<0,05	<0,05	3.6	<5	<5	<5
08.045511.004.01	PZPEC043	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.005.01	PZPEC045	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.006.01	PZPES082	<0,04	0.27	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	2.8	<5	<5	<5
08.045511.007.01	PZPES011	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	27	<5	27
08.045511.008.01	PZPEC047	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.009.01	PZPEC005	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.010.01	PZPEC024	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.011.01	PZPEC049	0.43	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.012.01	PZPEC006	4.3	0.13	0.41	0.15	<0,05	<0,05	0.26	10	10	20
08.045511.013.01	PZPCE001	6.61	0.45	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	30	30
08.045511.014.01	PZPEC028	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045511.015.01	PZPES001	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	40	<5	40
08.045511.016.01	PZPEC029	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045470.001.01	PZPHA007	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045470.002.01	PZPES005	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	15	<5	15
08.045470.003.01	PZPES003	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	60	<5	60
08.045470.004.01	PZPES002	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	140	<5	140
08.045470.005.01	PZPES006	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	70	<5	70
08.045470.006.01	PZPES004	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	70	<5	70
08.045470.007.01/08.046275.001	PZPEC048*	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	125	120	245
08.045470.008.01	PZPEC021	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045470.009.01	PZPHA003	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	15	<5	15
08.045470.010.01	PZPEC022	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	0.4	<0,05	1.7	<5	<5	<5
08.045470.011.01	PZPHA005	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045470.012.01	PZPHA004	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	<5	<5	<5
08.045470.013.01	PZPEC030	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	20	<5	20
08.045470.014.01	PZPHA006	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	20	<5	20
08.045470.015.01	PZPEC002	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	20	60	80
08.045470.016.01	PZPEC008	<0,04	<0,02	<0,03	<0,02	<0,05	<0,05	<0,06	85	5	90