

**ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.**  
**Raffineria ISAB Impianti Sud – Priolo Gargallo (SR)**  
**Rel. T60021/7178**

**RIMODULAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI  
BONIFICA MEDIANTE ANALISI DI RISCHIO E  
PROGETTO DI MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA**  
**Relazione tecnica**

n. 20 copie **ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.** – Raffineria ISAB Impianti Sud  
Priolo Gargallo (SR)

n. 1 copia **Golder Associates S.r.l.**  
Torino

**Ottobre 2006**

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	1
1.1	Documentazione di riferimento .....	2
1.2	Finalità e ambito del documento .....	3
1.3	Normative di riferimento .....	4
2	AGGIORNAMENTO ATTIVITA' DI MSE .....	5
2.1	Aree omogenee .....	5
2.2	Prodotto surnatante .....	5
2.2.1	Zona A: area blending .....	6
2.2.2	Zona B: area valle impianti .....	6
2.2.3	Risultati ottenuti con le attività di recupero prodotto .....	6
2.3	Acqua sotterranea.....	7
2.3.1	Barriera attiva di Air Sparging/Biosparging (AS/BS) e Soil Vapour Extraction (SVE).....	7
2.3.2	Sistema di emungimento delle acque sotterranee lungo la strada Ovest 4.....	9
2.3.3	Sistema di emungimento delle acque sotterranee in area PM3110	
2.3.4	Realizzazione nuovi pozzi monitoraggio strada esterna Ovest 410	
2.4	Terreno insaturo .....	11
2.4.1	Interno bacino serbatoio S903 .....	11
2.4.2	Evento accidentale serbatoio S104 .....	12
2.4.3	Evento accidentale serbatoio S103 .....	13
2.4.4	Serbatoio S315.....	13
2.4.5	Sala pompe n.1 .....	14
2.4.6	Sala pompe grezzi n.2.....	15
2.4.7	Serbatoio S401.....	16
2.4.8	Serbatoio S216.....	17
2.4.9	Oleodotto 13 .....	18
3	STATO AMBIENTALE DEL SITO AGGIORNATO A SETTEMBRE 2006	19
3.1	Prodotto surnatante .....	19
3.2	Flusso delle acque sotterranee .....	20
3.3	Acqua sotterranea.....	20
3.4	Terreno .....	21
3.4.1	Interno bacino serbatoio S903 .....	22
3.4.2	Evento accidentale serbatoio S104 .....	22
3.4.3	Evento accidentale serbatoio S103 .....	23
3.4.4	Serbatoio S315.....	24
3.4.5	Sala pompe n.1 .....	25
3.4.6	Sala pompe grezzi n.2.....	26
3.4.7	Serbatoio S401.....	26

3.4.8	Serbatoio S216.....	27
3.4.9	Oleodotto 13 .....	28
4	RIMODULAZIONE OBIETTIVI DI BONIFICA.....	30
4.1	Analisi di rischio .....	30
4.2	Obiettivi di bonifica .....	30
4.2.1	Terreno insaturo.....	30
4.2.2	Acqua sotterranea .....	31
5	REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DEL GENNAIO 2006 E PROGETTO DI MSO .....	32
5.1	Acque sotterranee: aree omogenee e revisione sottogruppi di intervento.....	32
5.2	Criteri e strategie di intervento .....	34
5.2.1	Approccio Triad.....	35
5.3	Tecnologie di MSO.....	37
5.3.1	Intervento 1a: <u>recupero prodotto surnatante nella zona A</u> .....	37
5.3.2	Intervento 2a: <u>recupero prodotto surnatante nella zona B</u> .....	39
5.3.3	Intervento 2b: <u>fase disciolta</u> nella zona B.....	40
5.3.4	Intervento 2c: <u>idrocarburi in fase disciolta</u> a valle della zona B.....	40
5.3.5	Intervento 2d: <u>arsenico</u> in fase disciolta a valle flusso della zona B	41
5.3.6	Intervento 4a: selenio in fase disciolta nel settore del pozzo PM24	41
5.3.7	MSO delle aree interessate da sversamenti accidentali .....	42
5.4	Monitoraggio aree interessate da superamenti delle CSR nelle acque sotterranee .....	43
5.5	Monitoraggio dell'aria interstiziale.....	43
6	PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MSO .....	44
6.1	Interventi integrativi propedeutici alla realizzazione degli impianti ..	44
6.1.1	Pozzi aggiuntivi .....	44
6.1.2	Spurgo e campionamento delle acque sotterranee.....	45
6.1.3	Analisi chimiche di laboratorio delle acque sotterranee.....	45
6.1.4	Prove di acquifero.....	45
6.1.5	Modellazione numerica .....	46
6.2	Dimensionamento degli impianti di MSO .....	47
6.2.1	Intervento 1a: <u>recupero prodotto surnatante nella zona A</u> .....	48
6.2.2	Intervento 2a: <u>recupero prodotto surnatante nella zona B</u> .....	50
6.2.3	Intervento 2b: <u>fase disciolta</u> nella zona B.....	50
6.2.4	Intervento 2c: <u>idrocarburi in fase disciolta</u> nella zona B .....	51
6.2.5	Intervento 2d: <u>arsenico</u> in fase disciolta a valle flusso della zona B	51

6.2.6	Intervento 4a: <u>selenio</u> in fase disciolta nel settore del pozzo PM24	52
6.3	Gestione degli effluenti.....	52
6.3.1	Trattamento effluenti liquidi.....	52
6.3.2	Trattamento effluenti gassosi.....	53
7	PIANO DI MONITORAGGIO .....	54
7.1	Monitoraggio acque sotterranee.....	54
7.2	Monitoraggio esposizione dei lavoratori .....	56
7.3	Monitoraggio e manutenzione impianti .....	56
8	INTERVENTI POST DISMISSIONE IMPIANTI PRODUTTIVI.....	58
9	STRATEGIE DI GESTIONE DI EVENTUALI SVERSAMENTI ACCIDENTALI FUTURI .....	59
10	STIMA DELLE TEMPISTICHE DI INTERVENTO .....	60
11	STIMA DEI COSTI DI INTERVENTO.....	61

## TABELLE

<b>Tabella 1</b>	Rilievi piezometrici
<b>Tabella 2</b>	Analisi chimiche acque sotterranee
<b>Tabella 3</b>	Stima dei costi di esecuzione delle indagini e dei pozzi di monitoraggio integrativi
<b>Tabella 4</b>	Intervento 1a - Stima dei costi di costruzione dell'impianto di recupero prodotto (zona A-blending)
<b>Tabella 5</b>	Intervento 2b - Stima dei costi di costruzione dell'impianto di AS/BS-SVE (Valle Impianti)
<b>Tabella 6</b>	Stima dei costi annui di esercizio

## FIGURE

<b>Figura 1</b>	Corografia generale del sito
<b>Figura 2</b>	Ubicazione moduli AS/BS-SVE lungo la strada Ovest 4
<b>Figura 3</b>	Schema planimetrico impianto di recupero prodotto Zona A area omogenea 1
<b>Figura 4</b>	Schema planimetrico impianto di recupero prodotto Zona B area omogenea 2
<b>Figura 5</b>	Ubicazione dei moduli di AS/BS-SVE Intervento 2b e tubazioni di collegamento ai moduli

- Figura 6** Ubicazione indicativa pozzi di monitoraggio integrativi prove di sito lungo la strada Ovest 8
- Figura 7** Ubicazione indicativa pozzi di monitoraggio integrativi da perforare
- Figura 8** Stima di massima dei tempi di intervento

## **SCHEDE**

- Schede 1-43** Prove di ricarica pozzi di monitoraggio
- Scheda 44** Strategia di rimozione del prodotto - Area omogenea 1
- Scheda 45** Attenuazione naturale

## **TAVOLE**

- Tavola 1** Planimetria aree omogenee
- Tavola 2** Ubicazione aree interessate da sversamenti accidentali (luglio 2003-luglio 2006)
- Tavola 3** Pozzi di monitoraggio di Raffineria ed ubicazione punti di indagine integrativa a maglia 50m x 50m
- Tavola 4** Mappatura aree contaminate - Acque sotterranee - Prodotto idrocarburico surnatante
- Tavola 5** Isopiezometrie acquifero carbonatico
- Tavola 6** Mappatura aree non conformi alle CSC del D.Lgs. 152/2006 (siti ad uso commerciale ed industriale) – Terreno

## **APPENDICI**

- Appendice 1** Certificati analitici acque sotterranee
- Appendice 2** Certificati analitici terreno – Fondo scarifica sversamento accidentale nei pressi del serbatoio S315
- Appendice 3** Analisi di rischio
- Appendice 4** Indagini integrative e prove di sito
- Appendice 5** Intervento 1a: impianto di recupero prodotto Zona A
- Appendice 6** Intervento 2b: impianto di AS/BS-SVE Zona B
- Appendice 7** Interventi 2c, 2d; impianto di AS/BS-SVE a valle della Zona B

## 1 INTRODUZIONE

La ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A. ha conferito alla Golder Associates S.r.l. (Golder) l'incarico per la redazione del presente documento, che riporta la rimodulazione degli obiettivi di bonifica del sito della Raffineria ISAB Impianti Sud di Priolo Gargallo (SR) (Raffineria), ai sensi di quanto previsto dall'art. 265 del D.Lgs. 152/2006; il presente documento costituisce inoltre il Progetto di Messa in Sicurezza Operativa della Raffineria.

Si ricorda che la Raffineria (Figura 1) ha attivato l'iter tecnico-procedurale ai sensi del Decreto Ministeriale n. 471 del 25 ottobre 1999, con specifico riferimento a quanto indicato per il sito di interesse nazionale di Priolo, definito con Legge n. 426 del 9 dicembre 1998<sup>(1)</sup>.

Alla luce di quanto disposto dal vigente D.Lgs. 152/2006, la Raffineria intende rimodulare gli obiettivi di bonifica, individuando le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) per i terreni e per le acque sotterranee, mediante l'esecuzione di una analisi di rischio sito specifica i cui elementi e risultati sono esposti nel seguito.

Nel contesto di quanto disposto dal D.Lgs. 152/2006, essendo in corso nella Raffineria attività produttive (per le quali non è possibile ipotizzare la data di cessazione), si ritiene di dover individuare, nell'ambito di quanto già definito nel "Progetto Definitivo di bonifica" delle acque sotterranee (rel. Golder T20033/5968), gli interventi di Messa in Sicurezza Operativa (MSO) atti a ridurre il rischio per la salute pubblica e per l'ambiente, alla protezione delle matrici ambientali sensibili e alla graduale eliminazione delle sorgenti secondarie di contaminazione.

Sulla base delle evidenze di contaminazione presenti nel sottosuolo, descritte nei documenti tecnici inviati alle Pubbliche Autorità (PP.AA.) e riassunti nel Paragrafo 1.1 sono state intraprese dalla Raffineria attività di messa in sicurezza di emergenza (MSE), contestualmente alle quali sono state condotte attività di indagine e monitoraggio per la valutazione dell'evoluzione dello stato ambientale del sito.

Il presente documento riguarda la MSO delle acque sotterranee, del terreno di frangia capillare (contestualmente a quanto previsto per le acque sotterranee) e del terreno insaturo: è basato sulle informazioni riportate nei documenti tecnici finora presentati alle PP.AA. e sulle informazioni che sono state acquisite nel corso delle attività di MSE e di indagine svolte fino al momento attuale: è inoltre basato sui risultati delle indagini di caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m.

---

<sup>(1)</sup> Legge n. 426 del 9 dicembre 1998 "Nuovi interventi in campo ambientale".

Il presente documento è relativo all'area di Raffineria occupata dagli impianti di stoccaggio e trasformazione dei prodotti petroliferi; non comprende quindi le aree alla radice del pontile di attracco delle navi e dell'oleodotto di collegamento tra il pontile e l'area degli impianti.

Le elaborazioni riportate nel presente documento si riferiscono ai dati acquisiti fino a settembre 2006.

### **1.1 Documentazione di riferimento**

I principali documenti tecnici, inerenti la Raffineria, finora presentati alle PP.AA. sono di seguito specificati:

- Relazione Golder 992290/3754 “*Programma di Caratterizzazione ambientale*” (settembre 1999), approvato in sede di Conferenza dei Servizi presso il Ministero dell’Ambiente il 13 novembre 2000;
- Relazione Golder T10015/4522 “*Piano di Caratterizzazione del sito*” (maggio 2002), ritenuto approvabile in sede di Conferenza dei Servizi presso il Ministero dell’Ambiente, il giorno 10 gennaio 2003 (Piano di Caratterizzazione);
- Relazione Golder T20033/5101 “*Progetto Preliminare di bonifica*” (novembre 2003), approvato in sede di Conferenza dei Servizi presso il Ministero dell’Ambiente, il giorno 31 marzo 2004 (Progetto Preliminare);
- Relazione Golder T20033/5326 “*Integrazione al Progetto Preliminare di bonifica – Progettazione di base della barriera di contenimento della falda acquifera (Risultati delle prove pilota di Air Sparging e Soil Vapour Extraction)*” (giugno 2004), discussa in sede di Conferenza dei Servizi presso il Ministero dell’Ambiente, in data 28 febbraio 2005 (Integrazione al Progetto Preliminare);
- Relazione Golder T20033/5729 “*Programma di Caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m*” (aprile 2005), approvato in sede di Conferenza dei Servizi presso il Ministero dell’Ambiente in data 15 dicembre 2005;
- Relazione Golder T20033/5968 “*Progetto Definitivo di bonifica*” (gennaio 2006), discusso in sede di Conferenza di Servizi istruttoria del 16 maggio 2006 (Progetto Definitivo);
- Comunicazione della Raffineria riportante l’integrazione la progetto definitivo di bonifica delle acque sotterranee (marzo 2006);
- Relazione Golder T60021/7044 “*Aggiornamento attività di MSE in corso presso l’area impianti produttivi*” (maggio 2006);

- Relazione SET “Risultati indagini di caratterizzazione integrativa maglia 50m x 50m”.

Per quanto concerne l’area denominata “sovrappasso”, sono stati inviati dalla Raffineria i seguenti documenti principali:

- *"Studio idrogeologico e geofisico del sottosuolo della raffineria ISAB e di alcune aree contermini" a cura di EURECOS S.a.s., aprile 1994;*
- *"Stima della frazione mobile e immobile di prodotto presente nel sottosuolo" a cura di EURECOS S.a.s., dicembre 1997;*
- *"Raffineria ISAB di Priolo: analisi di rischio e ottimizzazione del piano di bonifica per l'area oleodotti" a cura di Dames & Moore, giugno 1998;*
- *"Analisi e Grafici della simulazione dell'attività di degradazione batterica" a cura di EUREKOS s.r.l. maggio 2000;*
- *"Grafici prove di pompaggio" a cura di EUREKOS s.r.l. maggio 2000;*
- *"Sondaggi, campionamento ed analisi chimiche per i test di Bioremediation" a cura di EUREKOS s.r.l. maggio 2000;*
- *"Valutazione della quantità residua di prodotto nel sottosuolo in un'area all'interno della Raffineria ISAB di Priolo Gargallo" a cura di EUREKOS s.r.l., luglio 2000;*
- *"Valutazione dello spessore residuo di prodotto presente nel sottosuolo della Raffineria ISAB di Priolo Gargallo" a cura di EUREKOS s.r.l., maggio 2001;*
- *Piano di caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/1999 della porzione sud dell'area ex I.M.S. Industrie Meccaniche Siciliane Marina di Melilli (SR)" a cura di EUREKOS s.r.l. febbraio 2005;*
- *Progetto di bonifica dell'area denominata "Sovrappasso" all'interno del ex raffineria Isab.ora Erg Med Impianti Sud e dell'area I.M.S Priolo Gargallo . Nuova presentazione secondo le osservazioni del servizio RI.BO (Prot. RI.BO nr. 7197 del 16-07-03) trasmesso il 30-01-06 PB-17-AMB.*

## **1.2 Finalità e ambito del documento**

Il presente documento persegue i seguenti obiettivi:

- descrivere le attività di MSE in essere presso il sito e le evoluzioni dello stato ambientale che queste hanno determinato;
- delineare uno stato ambientale del sottosuolo aggiornato al mese di settembre 2006;



- descrivere l'analisi di rischio condotta per rimodulare gli obiettivi di bonifica e definire le Concentrazioni Soglia di Rischio per il sito della Raffineria, così come definite nel D.Lgs. 152/2006;
- individuare i criteri e le strategie degli interventi di MSO;
- individuare le tecnologie di MSO con relativi dimensionamenti, costi e tempi di intervento;
- delineare un programma di monitoraggio ambientale da attuare nel corso delle attività di MSO;
- fornire indicazioni circa gli interventi da condurre a seguito della dismissione degli impianti produttivi di Raffineria.

### **1.3 Normative di riferimento**

Il presente documento fa riferimento alla normativa vigente sintetizzata nel seguito:

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”; in particolare, la rimodulazione degli obiettivi di bonifica è stata condotta con riferimento a quanto indicato all'art. 265, comma 4;
- Legge n. 426 del 9 dicembre 1998 “Nuovi interventi in campo ambientale”.

## **2 AGGIORNAMENTO ATTIVITA' DI MSE**

Nel presente capitolo si riporta l'aggiornamento a settembre 2006, delle attività di MSE condotte sul sito della Raffineria per le diverse matrici ambientali.

### **2.1 Aree omogenee**

Con riferimento al modello idrogeologico di dettaglio, riportato nel Piano di Caratterizzazione, è possibile distinguere per il sito della Raffineria le due seguenti aree omogenee:

1. le aree in cui l'acquifero principale è compreso nel complesso carbonatico (area omogenea 1);
2. le aree in cui l'acquifero principale è compreso nel complesso sabbioso-calcarenitico (area omogenea 2).

L'area omogenea 1 è ubicata ad ovest della strada Ovest 5, e comprende la cosiddetta zona A-blending e una minima parte della zona B-valle impianti (Tavola 1). L'area omogenea 2 è ubicata ad est della strada Ovest 5, e comprende la maggior parte della zona B, l'intera zona C-strada Ovest 4 e l'area circostante il pozzo PM31 (Tavola 1).

L'area omogenea 1 presenta un grado di permeabilità del terreno saturo (per fratturazione) più limitato rispetto a quello dell'area omogenea 2.

Il prodotto surnatante l'acqua sotterranea nell'area omogenea 1 presenta viscosità molto più elevate rispetto al prodotto surnatante presente nell'area omogenea 2 (essenzialmente zona B).

La distinzione nelle due aree omogenee è stata effettuata sulla base delle evidenze di contaminazione riscontrate nell'acqua sotterranea, in quanto nella matrice terreno le attività di caratterizzazione hanno individuato la presenza di contaminazione prevalentemente nei campioni prelevati in corrispondenza della zona di oscillazione delle acque sotterranee (presso i pozzi di monitoraggio interessati dalla presenza di prodotto surnatante) o in corrispondenza di alcune limitate aree.

### **2.2 Prodotto surnatante**

A partire dalla fine del mese di gennaio 2002, sono state intraprese attività di messa in sicurezza di emergenza mediante recupero del prodotto surnatante le acque sotterranee, tuttora in corso di esecuzione. Le modalità operative sono state definite sulla base delle peculiarità rilevate per le zone A-blending e B-valle impianti: caratteristiche geologiche ed idrogeologiche, caratteristiche delle diverse tipologie di prodotto surnatante e tempi di ricarica all'interno dei pozzi di monitoraggio.

In termini generali le attività condotte hanno determinato contestualmente la riduzione degli spessori di prodotto surnatante e l'incremento dei tempi di ricarica del prodotto all'interno dei pozzi di monitoraggio.

### **2.2.1 Zona A: area blending**

Nei pozzi di monitoraggio appartenenti a tale zona, durante il primo periodo di intervento il prodotto in fase libera è stato recuperato mediante un sistema mobile, costituito da una pompa pneumatica (con ingresso non selettivo dall'alto), alimentata da un motocompressore. Tale attività ha previsto il recupero periodico del prodotto dai pozzi di monitoraggio PM18, PM41, PM48, PM49, PM50, PM51, PM57, PM68, PM70, PM71, PM74, PM80, PM81.

Al momento attuale, nell'area in oggetto, il recupero del prodotto viene eseguito presso i pozzi di monitoraggio PM55, PM56, PM66, PM42, PM58, PM65 e PM113 con *skimmer attivi*, dispositivi in grado di recuperare con continuità esclusivamente il prodotto in fase libera e di depositarlo temporaneamente in contenitori idonei di significativa capacità (200-1.000 l). Nei restanti pozzi, il prodotto surnatante viene periodicamente recuperato, circa una volta alla settimana, con sistemi mobili.

### **2.2.2 Zona B: area valle impianti**

Nei pozzi di monitoraggio appartenenti a tale zona, l'impianto di recupero del prodotto è costituito da pompe pneumatiche fisse (con ingresso non selettivo dall'alto) attive 24 ore su 24, in grado di estrarre circa 6-10 l/minuto di miscela acqua-prodotto da ciascun pozzo. A differenza dell'impianto semi-fisso utilizzato in precedenza (da aprile 2002), che prevedeva il deposito temporaneo del liquido recuperato in un'autocisterna svuotata quotidianamente, l'impianto fisso (attivo da maggio 2004) prevede il collettamento della miscela recuperata direttamente al pozzetto S109.

Le pompe pneumatiche attualmente in esercizio sono installate nei pozzi di monitoraggio PM40, PM46, PM47, PM52, PM53, PM54, PM69 e, dal settembre 2006, anche nei pozzi PM84, PM85, PM86 e PM88.

### **2.2.3 Risultati ottenuti con le attività di recupero prodotto**

Le attività di MSE del sito della Raffineria effettuate mediante recupero del prodotto surnatante, attivate a partire da gennaio 2002 e finora condotte con continuità, hanno permesso di recuperare fino al settembre 2006 complessivamente circa 3.900 m<sup>3</sup> di prodotto idrocarburico e circa 22.220 m<sup>3</sup> di acqua.

I quantitativi recuperati sono così ripartiti:

- area blending:
  - pompe pneumatiche: circa 109 m<sup>3</sup> di prodotto e 220 m<sup>3</sup> di acqua;
  - *skimmer attivi*: circa 105 m<sup>3</sup> di prodotto;
- area valle impianti: circa 3.700 m<sup>3</sup> di prodotto e 22.000 m<sup>3</sup> di acqua.

## 2.3 Acqua sotterranea

### 2.3.1 *Barriera attiva di Air Sparging/Biosparging (AS/BS) e Soil Vapour Extraction (SVE)*

Lungo la strada Ovest 4 è attualmente operante, per il contenimento della contaminazione disciolta nelle acque sotterranee, una barriera attiva di *Air Sparging/Biosparging* e *Soil Vapour Extraction* (AS/BS-SVE) estesa circa 650m di sviluppo lineare (Figura 2). Più in particolare, la barriera attiva è costituita da n. 6 moduli impiantistici denominati “modulo pilota ampliato”, “modulo 1”, “modulo 2”, “modulo 4”, “modulo 5” e “modulo 6”.

I sei moduli impiantistici sono al momento attuale tutti attivi.

La barriera attiva di AS/BS-SVE inietta aria nell’acqua sotterranea (al di sotto del livello piezometrico, per mezzo di pozzi di iniezione) ed estrae aria e vapori organici dal sottosuolo insaturo (per mezzo di pozzi di aspirazione). Di conseguenza, ai fini della MSE, la barriera attiva non determina nella propria area di influenza un confinamento idraulico, quanto invece una azione di trattamento della contaminazione disciolta nelle acque sotterranee che fluiscono attraverso di essa. Nel suo complesso, la barriera operante è attualmente costituita da n. 43 pozzi di AS/BS e da n. 34 pozzi di SVE.

Nel marzo 2006, presso alcuni specifici tratti di barriera attiva è stato eseguito un infittimento dei punti di iniezione, mediante l’installazione di n. 3 ulteriori pozzi di AS/BS (AS40, AS41 e AS42) ed il loro collegamento ai moduli impiantistici (“modulo 1” e “pilota ampliato”).

I principali parametri di processo della barriera attiva sono i seguenti:

- impianto di SVE:
  - portata di aria aspirata da ciascuna linea compresa tra 30 m<sup>3</sup>/ora e 150m<sup>3</sup>/ora;
  - depressione dell’aria misurata presso ciascuna linea di ispezione compresa tra 60 mbarg e 100 mbarg;
- impianto di AS/BS:

- portata di aria iniettata in ciascuna linea compresa tra 3 m<sup>3</sup>/ora e 20 m<sup>3</sup>/ora;
- pressione di mandata dell'aria compressa in ciascuna linea di iniezione compresa tra 400 mbarg e 2000 mbarg.

In linea generale, rispetto alle fasi iniziali di attivazione della barriera attiva, si è assistito ad un marcato decremento delle concentrazioni di composti organici volatili (VOC) nei flussi aeriformi aspirati dal sottosuolo. In particolare, dal modulo 1 e modulo pilota ampliato i valori medi di VOC estratti dalle linee del sistema di aspirazione, registrati a inizio settembre 2006, sono stati rispettivamente pari a 5 ppm e 21 ppm; tali concentrazioni risultano nettamente inferiori ai rispettivi valori medi rilevati nel dicembre 2004 per il modulo 1 (450 ppm) e nel giugno 2005 per il modulo pilota ampliato (457 ppm). Dal modulo 2, a settembre 2006 sono stati estratti flussi d'aria con valori nulli di VOC, mentre la concentrazione media rilevata nelle linee di aspirazione nel dicembre 2004 era pari a 185 ppm.

Nei flussi d'aria estratti dalle linee di SVE dei moduli 4 e 5 registrati a inizio settembre 2006, sono stati rilevati valori medi di VOC inferiori rispetto a quelli registrati nel periodo immediatamente successivo all'attivazione: per il modulo 4, la concentrazione di VOC è scesa da 12 ppm ad 1 ppm; per il modulo 5 la concentrazione di VOC è scesa da 39 ppm a 3 ppm. Nel modulo 6 le concentrazioni di VOC nell'aria aspirata dal sottosuolo sono sempre risultate trascurabili o nulle.

L'esercizio della barriera attiva ha determinato una diminuzione percentuale media delle concentrazioni dell'anidride carbonica nei flussi di aria aspirata (parametro indicativo dei fenomeni di biodegradazione aerobica dei contaminanti in atto nel sottosuolo): tale diminuzione è associata alla rimozione di accumuli di anidride carbonica nel sottosuolo legati a fenomeni di biodegradazione pregressi. Le concentrazioni di anidride carbonica nei flussi aspirati sono attualmente stabilizzate su valori significativi, che denotano la presenza di fenomeni di biodegradazione aerobica degli idrocarburi disciolti nell'acqua sotterranea. L'esercizio della barriera attiva ha determinato un aumento percentuale medio dell'ossigeno nei flussi di aria aspirati, indice delle condizioni di buona ossigenazione del sottosuolo che favoriscono i fenomeni di biodegradazione aerobica. In particolare sono state riscontrate a inizio settembre 2006, sui flussi di aria aspirati dal sottosuolo, percentuali medie di CO<sub>2</sub> pari a 0,8% (modulo 5), 0,7% (modulo pilota ampliato e modulo 4), 0,4% (modulo 1 e modulo 6) e 0,2% (modulo 2), associate a percentuali di ossigeno pari a 20,4% (modulo 6), 20,1% (modulo pilota ampliato), 20,9% (modulo 1), 21,9% (modulo 2), 19,9% (modulo 5) e 19,8% (modulo 6).

I risultati dei monitoraggi eseguiti evidenziano che l'esercizio della barriera attiva ha comportato un generale miglioramento della qualità delle acque sotterranee nei pozzi di monitoraggio da essa interessati, in termini di riduzione delle concentrazioni dei contaminanti disciolti.

### **2.3.2 Sistema di emungimento delle acque sotterranee lungo la strada Ovest 4**

Da maggio 2005 è stato attivato, lungo la strada Ovest 4, un sistema integrativo di messa in sicurezza d'emergenza, mediante emungimento delle acque sotterranee dai pozzi di monitoraggio PM109, PM110, PMC, PM93, PM102 bis, PM103 e PM28. Ai fini della MSE della contaminazione disciolta, questo sistema di emungimento integra sia le attività di recupero prodotto in corso nell'area valle impianti, alle quali è associato anche un parziale emungimento di acqua sotterranea, sia la barriera attiva di AS/BS-SVE lungo la strada Ovest 4.

Per l'emungimento sono usate pompe pneumatiche "*total fluid*", la cui alimentazione (aria compressa) viene fornita dai moduli di AS/BS-SVE presenti lungo la Strada Ovest 4. L'acqua emunta viene inviata all'impianto TAS della Raffineria.

Il dimensionamento di tale sistema, di seguito riportato, è stato basato in parte sui dati rilevati in sito nel corso delle campagne di indagine condotte, in parte su una modellazione matematica eseguita con il software *Modflow*<sup>(2)</sup>:

- PM109, PM110, PMC: portata di emungimento pari a 8 l/minuto per ciascun pozzo;
- PM93: portata di emungimento pari a 5 l/minuto;
- PM102 bis, PM103, PM28: portata di emungimento pari a 3 l/minuto per ciascun pozzo.

Il dimensionamento è stato eseguito in considerazione del fatto che in alcuni tratti a monte della strada Ovest 4 è presente prodotto surnatante. Un sistema di confinamento idraulico lungo la strada Ovest 4 può infatti determinare il richiamo di prodotto surnatante verso le aree di confine. In relazione a ciò, il dimensionamento è stato effettuato in modo tale che l'emungimento determini il confinamento della parte più superficiale delle acque sotterranee (primi 5 m) in modo da non perturbare eccessivamente l'idrodinamica dell'acquifero. Il sistema

---

<sup>(2)</sup> I risultati delle campagne di indagine condotte e dell'applicazione del modello analitico sono riportati nella comunicazione Golder C5079T/05 - FDU/lca del 24 maggio 2005.

di emungimento è pertanto un sistema integrativo di MSE, la cui efficacia è sinergica all'esercizio della barriera attiva di AS/BS-SVE.

A partire dall'autunno 2005, sono state progressivamente interrotte le attività di emungimento delle acque sotterranee presso i pozzi di monitoraggio PMC, PM93 e PM28. In relazione all'attivazione della barriera attiva lungo tutto il suo sviluppo, al potenziamento delle attività di recupero prodotto ed emungimento acque in area valle impianti ed al miglioramento della qualità delle acque sotterranee lungo la strada Ovest 4, è in corso di valutazione, sulla base degli esiti dei monitoraggi, l'interruzione delle operazioni di emungimento delle acque sotterranee presso i pozzi di monitoraggio PM109, PM110, PM102bis, PM103.

### **2.3.3 Sistema di emungimento delle acque sotterranee in area PM31**

In riferimento a quanto richiesto dal Ministero dell'Ambiente nel corso della Conferenza dei Servizi decisoria del 28 febbraio 2005, a partire da gennaio 2006 è stato attivato l'emungimento delle acque sotterranee dai pozzi PM31 e PM114, mediante pompe pneumatiche *total fluid*.

### **2.3.4 Realizzazione nuovi pozzi monitoraggio strada esterna Ovest 4**

Nel periodo agosto-settembre 2006, idrogeologicamente a valle della barriera di AS/BS-SVE ubicata lungo la strada Ovest 4, in un'area di proprietà della Raffineria (Figura 2, Tavola 3), sono stati realizzati, per il monitoraggio delle acque sotterranee n. 12 pozzi di monitoraggio (BM1-BM8, BM10-BM13), ad integrazione dei già esistenti pozzi di monitoraggio PMD, PME, PMF, PM45, PM75, PM78.

In particolare, per quanto riguarda i n. 12 pozzi integrativi si precisa che:

- sono stati perforati a distruzione di nucleo e sono stati attrezzati con piezometro in PVC del diametro di 4”;
- hanno una profondità di 25 m dal piano campagna (p.c.) ed interessano il terreno saturo per circa 12-13 m;
- sono costituiti da un tratto cieco superficiale (a profondità comprese tra il piano campagna e 6 m da p.c.) e da un tratto fenestrato dalla profondità di 6 m fino a fondo foro. Sono dotati di uno strato di ghiaietto filtrante siliceo arrotondato e di un tappo di bentonite al di sopra della zona fenestrata, in modo da evitare l'infiltrazione di acqua o contaminanti attraverso il pozzo; sono stati attrezzati con appositi chiusini di protezione;
- sono stati georeferenziati nel sistema Gauss-Boaga e nel sistema di riferimento interno di Raffineria.

Rispetto a quanto indicato nel Progetto Definitivo e nella Relazione Golder T60021/7044, si segnala che, a causa della presenza di numerosi sottoservizi nell'area a valle del PM117, dei n. 13 pozzi previsti è risultato possibile installarne n. 12.

## **2.4 Terreno insaturo**

All'interno del sito della Raffineria si sono verificati degli sversamenti accidentali di prodotti idrocarburici, notificati alle PP.AA. secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale.

Nel seguito si riportano alcune informazioni in merito agli eventi accidentali occorsi tra luglio 2003 e luglio 2006, con particolare riferimento alle attività di messa in sicurezza di emergenza attivate, alle indagini ambientali proposte, già condotte o in fase di esecuzione.

Nella Tavola 2 si riporta l'ubicazione delle aree interessate dai citati eventi incidentali.

### **2.4.1 *Interno bacino serbatoio S903***

In data 12 luglio 2003 si è verificato un traboccamento accidentale, dal serbatoio S903, di acqua di zavorra, che si è riversata all'interno del bacino di contenimento.

A seguito dell'evento incidentale la Raffineria ha inviato alle PP.AA. competenti, ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 1 e Comma 2, le seguenti comunicazioni:

- lettera Prot. N. PB/54/AMB del 14 luglio 2003;
- lettera Prot. N. PB/56/AMB del 16 luglio 2003.

Ai sensi dell'ex DM 471/99 art. 10, la Raffineria ha inviato alle PP.AA. competenti il "Piano di Caratterizzazione del sito - Interno Bacino Serbatoio S-903" (Relazione Golder T20033/5145, Agosto 2003), al quale si rimanda per una più completa descrizione della dinamica dell'evento, delle operazioni di messa in sicurezza di emergenza attivate e delle indagini ambientali eseguite a seguito delle operazioni di scarifica del terreno all'interno del bacino di contenimento.

Nel settembre 2003 la Raffineria ha trasmesso gli esiti delle indagini ambientali eseguite (lettera Prot. PB/77/AMB del 12 settembre 2003).



Nel mese di novembre 2003 la Raffineria ha trasmesso il “Progetto Preliminare di bonifica” all’interno del quale veniva descritta una proposta di intervento per la bonifica dell’area in esame.

#### **2.4.2 Evento accidentale serbatoio S104**

In data 8 marzo 2004, si è verificata all’interno del bacino del serbatoio S104, una perdita accidentale di greggio; la matrice ambientale interessata è risultata essere il terreno superficiale del bacino.

Le attività di MSE intraprese a seguito dell’evento incidentale hanno previsto quanto segue:

- spandimento sulla superficie interessata dall’evento di materiale assorbente per contenere l’infiltrazione del prodotto all’interno del terreno;
- scarifica ed asportazione del terreno superficiale per rimuovere la sorgente secondaria di contaminazione (terreno contaminato da idrocarburi); la scarifica è stata spinta fino a 20-25 cm dal piano campagna (p.c.).

In seguito all’evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi dell’ex DM 471/99, Art. 7, Comma 1 (Prot. N. PB/14/AMB del 9 marzo 2004);
- lettera ai sensi dell’ex DM 471/99, Art. 7, Comma 2 (Prot. N. PB/15/AMB dell’11 marzo 2004);
- Relazione tecnica T20033/5379 “Piano di Caratterizzazione Interno Bacino S-104”, inviata dalla Raffineria con nota Prot. PB/23/AMB;
- lettera Prot. PB/70/AMB (con lettera Golder Rif. C7021T/04 del 14/07/04) “Risultati del Piano della Caratterizzazione”, acquisita dal MATT al prot. 13818/QdV/DI del 3 agosto 2004;
- lettera Prot. PB/105/AMB “Ulteriore risposta alle richieste di integrazione formulate dal Ministero dell’Ambiente nella Conferenza di Servizi del 19 ottobre 2004” (punti 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 13 del verbale), acquisita dal Ministero dell’Ambiente al prot. 00137/QdV/DI del 4 gennaio 2005;
- lettera Prot. PB/08/AMB del 21 gennaio 2005, inerente la proposta di esecuzione delle indagini ambientali di approfondimento;
- lettera Prot. PB/24/AMB del 10 febbraio 2005, inerente il cronoprogramma delle attività di indagine ambientale di approfondimento.

### **2.4.3 Evento accidentale serbatoio S103**

In data 27 dicembre 2004 è stato riscontrato, nel bacino del serbatoio S103, uno spandimento accidentale di petrolio greggio, causato dalla non perfetta chiusura della valvola di spia del tubo di drenaggio del serbatoio stesso.

Lo sversamento accidentale ha coinvolto il suolo del bacino di contenimento del serbatoio per una superficie estesa all'incirca 500 m<sup>2</sup>.

Il quantitativo di petrolio greggio accidentalmente sversato è stimabile in alcuni metri cubi.

A seguito dell'evento, sono state intraprese le seguenti attività di messa in sicurezza di emergenza:

- chiusura della valvola di spia del tubo di drenaggio ed interruzione della sorgente primaria di contaminazione;
- scarifica del terreno superficiale, presente nel bacino di contenimento, interessato dalla presenza di greggio, al fine di rimuovere la sorgente secondaria di contaminazione (terreno contaminato da idrocarburi). La scarifica, eseguita per fasi di approfondimento successive, è stata spinta fino a profondità comprese tra 10 cm e 20 cm circa dal piano campagna;
- campionamento del terreno asportato ai fini dell'esecuzione delle analisi di classificazione del rifiuto, in modo tale da poterne organizzare lo smaltimento;
- riporto di materiale inerte nelle aree del bacino interessate dalla scarifica.

In seguito all'evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 1 (Prot. N. PB/116/AMB del 28 dicembre 2004);
- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 2 (Prot. N. PB/117/AMB del 29 dicembre 2004);
- Relazione tecnica T20033/5659 "Piano di Caratterizzazione – Interno Bacino Serbatoio S103" (gennaio 2005);
- lettera Prot. PB/68/AMB del 22 giugno 2005, inerente i risultati di indagini ambientali eseguite.

### **2.4.4 Serbatoio S315**

In data 18 luglio 2005, a causa di un foro, creatosi su una tubazione utilizzata per la movimentazione del prodotto idrocarburico, è stata riscontrata una fuoriuscita incidentale di idrocarburi pesanti (assimilabili ad olio combustibile) in

prossimità del muro di contenimento del bacino del serbatoio S315, sul lato verso mare.

La perdita del prodotto ha interessato il fondo della trincea dov'è ubicato il fascio tubiero (posto fuori terra) a cui appartiene la tubazione in oggetto. Il fondo della trincea non è pavimentato.

Lo sversamento incidentale ha interessato un'area di suolo estesa circa 70 m<sup>2</sup>. Il quantitativo di prodotto, incidentalmente sversato, è stimabile in circa 0,7 m<sup>3</sup>.

A seguito del rinvenimento della perdita incidentale sono state intraprese le seguenti attività di messa in sicurezza d'emergenza:

- interruzione della sorgente primaria di contaminazione, mediante intercettazione, svuotamento e riparazione della parte di tubazione danneggiata;
- scarifica del terreno superficiale contaminato. La scarifica è stata spinta fino alla profondità massima di circa 10 cm dal fondo della trincea;
- campionamento del terreno asportato ai fini dell'esecuzione delle analisi di classificazione del rifiuto, in modo tale da poterne organizzare lo smaltimento;
- riporto di materiale inerte nelle aree interessate dalla scarifica.

In seguito all'evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 1 (Prot. N. PB/83/AMB del 19 luglio 2005);
- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 2 (Prot. N. PB/85/AMB del 21 luglio 2005);
- Relazione tecnica T20033/5837 "Piano di Caratterizzazione Ambientale – Sversamento in prossimità del Serbatoio S315" (agosto 2005).

#### **2.4.5 Sala pompe n.1**

Il giorno 4 settembre 2005 è stato riscontrato in prossimità della sala pompe n. 1 un rilascio accidentale di greggio, originato da un foro in una linea da 14" appartenente alla pipeway secondaria.

La perdita del prodotto ha interessato il fondo della trincea, non pavimentata, dov'è ubicato il fascio tubiero (posto fuori terra) a cui appartiene la tubazione in oggetto. Lo sversamento incidentale ha interessato un'area di suolo estesa circa 600 m<sup>2</sup>.

Immediatamente a seguito dell'evento in questione sono state intraprese le seguenti attività di messa in sicurezza d'emergenza:

- interruzione della sorgente primaria di contaminazione, mediante l'applicazione di un collare a tenuta nella parte di tubazione danneggiata;
- scarifica del terreno superficiale contaminato; la profondità di scarifica è stata spinta fino ad un massimo di 40 cm dal fondo della trincea;
- campionamento del terreno asportato ai fini dell'esecuzione delle analisi di classificazione del rifiuto, che permetta di organizzare lo smaltimento;
- riporto di materiale inerte nelle aree interessate dalla scarifica.

In seguito all'evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 1 (Prot. N. PB/101/AMB del 6 settembre 2005);
- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 2 (Prot. N. PB/102/AMB dell'8 settembre 2005);
- Relazione tecnica T20033/5899 “Piano di Caratterizzazione Ambientale – Sversamento in prossimità della Sala pompe n.1” (settembre 2005).

#### **2.4.6 Sala pompe grezzi n.2**

In data 21 aprile 2006 a causa di un foro, creatosi su una tubazione di drenaggio della Sala Pompe grezzi n. 2, è stata riscontrata una fuoriuscita incidentale di grezzo.

La perdita del prodotto ha interessato una porzione limitata di suolo presente al di sotto della tubazione danneggiata, stimata in circa 15 m<sup>2</sup>.

La quantità di prodotto incidentalmente sversato è stata stimata in pochi litri.

A seguito del rinvenimento della perdita incidentale sono state intraprese le seguenti attività di messa in sicurezza d'emergenza:

- interruzione della sorgente primaria di contaminazione, mediante l'applicazione di un collare a tenuta nella parte di tubazione danneggiata;
- scarifica del terreno superficiale contaminato;
- campionamento del terreno asportato ai fini dell'esecuzione delle analisi di classificazione del rifiuto, in modo tale da poterne organizzare lo smaltimento;
- riporto di materiale inerte nell'area interessata dalla scarifica.

In seguito all'evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 1 (Prot. N. PB/68/AMB del 21 aprile 2006);
- lettera ai sensi dell'ex DM 471/99, Art. 7, Comma 2 (Prot. N. PB/69/AMB del 22 aprile 2006);
- Relazione tecnica T60021/7006 "Piano di Caratterizzazione – Sala pompe grezzi n. 2" (maggio 2006).

#### **2.4.7 Serbatoio S401**

In data 2 maggio 2006, a causa di un foro, creatosi su una tubazione utilizzata per la movimentazione del prodotto ubicata all'interno della trincea in prossimità del serbatoio S401, è stata riscontrata una fuoriuscita incidentale di gasolio.

La perdita del prodotto ha interessato il fondo della trincea dov'è ubicato il fascio tubiero (posto fuori terra) a cui appartiene la tubazione danneggiata. Il fondo della trincea non è pavimentato.

Lo sversamento incidentale ha interessato un'area di suolo estesa circa 10 m<sup>2</sup>. La quantità di prodotto incidentalmente sversato è stata stimata in pochi litri.

A seguito del rinvenimento della perdita incidentale sono state intraprese le seguenti attività di messa in sicurezza d'emergenza:

- interruzione della sorgente primaria di contaminazione, mediante l'applicazione di un collare a tenuta nella parte di tubazione danneggiata. Il tratto di tubazione danneggiata è stato in seguito sostituito;
- scarifica del terreno superficiale contaminato;
- campionamento del terreno asportato ai fini dell'esecuzione delle analisi di classificazione del rifiuto, in modo tale da poterne organizzare lo smaltimento.

In seguito all'evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi del D.Lgs. 152/2006, Art. 242 Comma 1, Art. 249, Art. 304 Comma 2 (Prot. N. PB/75/AMB del 3 maggio 2006);
- lettera ai sensi del D.Lgs. 152/2006, Art. 242 Comma 3, Art. 249 (Prot. N. PB/78/AMB del 5 maggio 2006);

- Relazione tecnica T60021/7038 “Piano di Caratterizzazione – Fuoriuscita accidentale di gasolio in prossimità del serbatoio S401” (giugno 2006).

#### **2.4.8 Serbatoio S216**

In data 11 luglio 2006 è stata ravvisata una perdita accidentale di olio combustibile da una valvola di spia, non perfettamente serrata, ubicata sulla linea di drenaggio del serbatoio S216.

L’olio combustibile, la cui quantità fuoriuscita è stata stimata in circa 25 m<sup>3</sup>, ha interessato il terreno superficiale circostante il serbatoio S216 ed alcune aree ubicate più a valle, in prossimità dei serbatoi S214, S210, S211. L’area interessata dallo spandimento dell’olio combustibile è estesa circa 800 m<sup>2</sup>.

A seguito del rinvenimento della perdita incidentale e della comunicazione ai sensi del D.Lgs. 152/2006 citata in precedenza, sono state intraprese le seguenti attività di messa in sicurezza d’emergenza:

- interruzione della sorgente primaria di contaminazione, mediante completo serraggio della valvola di spia da cui è avvenuta la fuoriuscita accidentale;
- creazione di cordoli di contenimento, in materiale inerte, atti ad arrestare il deflusso del prodotto verso le aree disposte più a valle;
- scarifica del terreno superficiale interessato dalla presenza di olio combustibile;
- rilievo piezometrico, alcuni giorni a seguito dell’evento, presso i limitrofi pozzi di monitoraggio PM59 e PM15, nei quali è stata confermata l’assenza di prodotto surnatante le acque sotterranee.
- il campionamento del terreno asportato ai fini dell’esecuzione delle analisi di classificazione del rifiuto, in modo tale da poterne organizzare lo smaltimento.

In seguito all’evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi del D.Lgs. 152/2006, Art. 242 Comma 1, Art. 249, Art. 304 Comma 2 (Prot. N. PB/123/AMB del 12 luglio 2006);
- Relazione tecnica T60021/7118 “Piano di Caratterizzazione – Sversamento in prossimità del Serbatoio S216” (luglio 2006).

#### **2.4.9 Oleodotto 13**

In data 17 luglio 2006 è stata riscontrata una perdita accidentale di benzina da una tubazione (oleodotto 13), appartenente alla pipeway di collegamento tra la Raffineria ed il pontile di attracco delle navi.

La benzina sversata, la cui quantità fuoriuscita è stimata in circa 35 m<sup>3</sup>, ha interessato il terreno superficiale interno alla trincea: lo spandimento orizzontale della benzina sul suolo è stato circoscritto, lateralmente, dalle pareti della trincea e longitudinalmente dai manufatti di sostegno delle tubazioni (selle in calcestruzzo).

L'area interessata dallo spandimento della benzina è estesa circa 700 m<sup>2</sup>.

A seguito del rinvenimento della perdita accidentale sono state intraprese le seguenti attività di messa in sicurezza d'emergenza:

- interruzione della sorgente primaria di contaminazione, mediante immediata intercettazione della tubazione da cui ha avuto origine la perdita, successiva applicazione di un collare a tenuta e spiazzamento con acqua. Il tratto di tubazione danneggiato è stato successivamente sostituito;
- scarifica del terreno superficiale interessato dalla presenza di benzina;
- campionamento del terreno asportato ai fini dell'esecuzione delle analisi di classificazione del rifiuto, in modo tale da poterne organizzare lo smaltimento.

In seguito all'evento incidentale è stata inviata alle PP.AA. la seguente documentazione:

- lettera ai sensi del D.Lgs. 152/2006, Art. 242 Comma 1 e Art. 249 (Prot. N. PB/128/AMB del 18 luglio 2006);
- Relazione tecnica T60021/7120 "Piano di Caratterizzazione – Sversamento accidentale da oleodotto 13" (luglio 2006).

### **3 STATO AMBIENTALE DEL SITO AGGIORNATO A SETTEMBRE 2006**

#### **3.1 Prodotto surnatante**

Le operazioni di recupero del prodotto mediante i sistemi di messa in sicurezza d'emergenza attivati hanno determinato una riduzione generale degli spessori apparenti rilevati nei pozzi di monitoraggio (Tabella 1).

In Tavola 4 sono rappresentate le aree interessate dalla presenza di prodotto surnatante (aggiornate a settembre 2006). Si segnala che la mappatura delle aree interessate dalla presenza di prodotto surnatante è stata ottenuta per interpolazione dei dati puntuali rilevati nei pozzi di monitoraggio; deve quindi essere ritenuta come indicativa.

A fronte di una generale riduzione degli spessori apparenti di prodotto surnatante, in termini di presenza e distribuzione areale, rispetto alla fine dell'anno 2003 è possibile notare quanto segue:

- a) l'estensione areale della zona A-blending si è modificata in quanto nei pozzi di monitoraggio PM57, PM74 e PM81, nel corso degli ultimi rilievi piezometrici, è stato rinvenuto prodotto surnatante le acque sotterranee (tale area risulta invariata rispetto al novembre 2005);
- b) nel pozzo PM12 è stata rinvenuta, nel corso del rilievo eseguito nel marzo 2006, la presenza di prodotto surnatante le acque sotterranee (spessore apparente 1 cm). Immediatamente è stato installato nel pozzo un sistema di recupero prodotto (*skimmer* passivo). Gli ultimi rilievi eseguiti nel settembre 2006 non hanno individuato nel PM12 la presenza di prodotto surnatante;
- c) l'estensione areale della zona B-valle impianti si è modificata e ridotta in quanto nei pozzi PM46, PM84 e PM69, nel corso degli ultimi rilievi piezometrici, non è stata riscontrata la presenza di prodotto surnatante; nel pozzo PM40 è stata riscontrata nuovamente la presenza di prodotto surnatante;
- d) nella zona C-strada Ovest 4 non è più stata rinvenuta la presenza di prodotto in fase libera dal dicembre 2003.

Nel periodo novembre 2004-luglio 2006 sono state condotte delle prove di ricarica del prodotto surnatante in alcuni pozzi della zona A-blending e B-valle impianti (Schede 1-43), nei quali erano state condotte in precedenza delle prove analoghe. I risultati ottenuti da tali prove consentono di evidenziare che nei pozzi di monitoraggio PM42, PM51, PM55, PM56, PM65, PM66, PM68, PM80, PM81 (zona A-blending), PM46, PM47, PM52, PM53, PM69 (zona B-valle impianti) i tempi di ricarica del prodotto surnatante risultano generalmente aumentati rispetto



ai tempi registrati nelle prove precedenti; questo fenomeno è correlabile alla progressiva riduzione della quantità di prodotto surnatante presente nel sottosuolo.

### **3.2 Flusso delle acque sotterranee**

Le oscillazioni di livello piezometrico registrate sono ascrivibili alle variazioni stagionali ed alle caratteristiche, in termini soprattutto di distribuzione temporale ed intensità, dei fenomeni meteorici. Sulla base dei recenti rilievi e delle elaborazioni eseguite (Tabella 1, Tavola 5) non si registrano significative evoluzioni nelle condizioni di flusso delle acque sotterranee dell'acquifero principale, sia in termini di direzione generale, sia di gradiente idraulico.

### **3.3 Acqua sotterranea**

Per verificare la qualità delle acque sotterranee della Raffineria sono state effettuate diverse campagne di monitoraggio, in cui le attività di campionamento sono state precedute dallo spurgo dei pozzi di monitoraggio.

Nella Tabella 2 sono riportati gli esiti delle campagne di monitoraggio finora condotte, i cui risultati sono già stati presentati alle PP.AA. nei diversi documenti tecnici inviati: la Tabella 2 riporta inoltre gli esiti di alcuni monitoraggi ulteriori che sono stati condotti presso alcune aree, perlopiù finalizzati al controllo dell'efficienza della barriera attiva di AS/SVE in esercizio lungo la strada Ovest 4. I certificati analitici di laboratorio non ancora inviati alle PP.AA. sono riportati in Appendice 1.

L'esame dei risultati degli ultimi monitoraggi condotti lungo la strada Ovest 4 (pozzi PM26, PM27, PM28, PM29, PM96, PM101, PM125, PMC), tutti appartenenti alla barriera di AS/SVE, permette di osservare che per tutti i parametri considerati, le concentrazioni rilevate sono conformi alle rispettive CSC indicate nel D.Lgs. 152/2006.

Presso alcuni pozzi di monitoraggio installati durante le indagini di caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m, sono state rilevate per alcuni parametri (principalmente composti organici aromatici e metalli) anomalie di concentrazione. Si rimanda al documento "Risultati indagini di caratterizzazione integrativa maglia 50m x 50m" per la descrizione dettagliata di tali anomalie. Si anticipa che tali anomalie di concentrazione sono state considerate dall'analisi di rischio condotta: i risultati delle elaborazioni effettuate, con le relative azioni da intraprendere dove necessario, sono descritte nel seguito.

Con riferimento a quanto indicato nel documento preparatorio alla Conferenza di Servizi istruttoria del 16 maggio 2006 (punti A.c ed A.d alle pagine 205 e 206), si riportano in Appendice 1 i certificati analitici corretti.

### **3.4 Terreno**

Le indagini ambientali svolte sul sito di Raffineria nel periodo luglio 2000 – novembre 2005 hanno evidenziato, in quasi tutti i campioni di terreno prelevati e per i parametri analizzati, concentrazioni conformi ai limiti normativi vigenti.

I punti di non conformità evidenziati possono essere schematicamente così suddivisi:

- 1 superamenti dei Valori di Concentrazione Limite Accettabili (VCLA<sup>(3)</sup>), per parametri idrocarburici (C>12; C<12 ed aromatici) in corrispondenza del livello piezometrico/di frangia capillare;
- 2 superamenti dei VCLA, per parametri idrocarburici, nel sottosuolo insaturo più superficiale.

Considerazioni analoghe valgono se vengono assunte come riferimento le CSC indicate nel D.Lgs. 152/2006 per siti ad uso commerciale ed industriale.

Alla prima categoria si riferiscono i superamenti rilevati nelle aree in cui si è evidenziata la presenza di prodotto surnatante (zona A, zona B e zona C): in Area omogenea 1 - zona blending per idrocarburi C<12 (PM49, PM48, PM42, PM55, PM58, PM70) e per idrocarburi C>12 (PM49); in Area omogenea 2 – zona valle impianti per idrocarburi C<12 (PM52) e idrocarburi aromatici (PM52, PM40 e PM69, in zona C presso il PM27).

Alla seconda categoria si riferiscono esclusivamente i superamenti dei valori limite per idrocarburi C<12, C>12 ed aromatici in corrispondenza del serbatoio S903, oggetto di indagini specifiche a seguito di un evento accidentale di sversamento di idrocarburi.

Ulteriori attività di indagine inerenti il terreno sono state condotte con la caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m, i cui risultati sono stati inviati alle PP.AA. Si ricorda che le indagini di caratterizzazione integrativa sono state eseguite sulla base di quanto riportato nella Rel. Golder T20033/5729 “Programma di Caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m” (aprile 2005), approvato con prescrizioni dalla Conferenza di Servizi decisoria del 15/12/2005.

Sulla base dei risultati delle analisi chimiche dei campioni prelevati (comprensivi anche dei risultati delle indagini a maglia 50m x 50m), è stata effettuata la mappatura delle aree in cui il terreno insaturo/di frangia capillare presenta anomalie di concentrazione. In particolare, sono state perimetrare le aree

---

<sup>(3)</sup> Indicati nell'ex DM 471/99 per i siti ad uso commerciale ed industriale.

in cui sono state rilevate, nei campioni di terreno analizzati, concentrazioni di alcuni parametri non conformi alle rispettive CSC del D.Lgs. 152/2006 (siti ad uso commerciale ed industriale) (Tavola 6).

Si precisa che la mappatura delle aree che presentano tali superamenti è stata ottenuta mediante elaborazioni ed interpolazioni di dati riferiti ad elementi puntuali (i campioni prelevati dai sondaggi): deve essere quindi ritenuta, a causa degli inevitabili limiti di approssimazione e delle anisotropie del sottosuolo, quale puramente indicativa.

Per quanto concerne lo stato ambientale dei terreni, si riassumono nel seguito ulteriori informazioni circa le aree interessate da sversamenti accidentali (si veda quanto già menzionato nel precedente capitolo).

#### **3.4.1 Interno bacino serbatoio S903**

Lo stato ambientale rilevato con le indagini eseguite a seguito delle operazioni di messa in sicurezza di emergenza è il seguente:

- in n. 3 campioni di terreno prelevati dai pozzetti esplorativi eseguiti nel bacino del serbatoio (profondità comprese tra 1 m e 1,6 m) sono state rilevate concentrazioni non conformi ai rispettivi VCLA (indicati nell'ex DM 471/99) ed alle rispettive CSC indicate nel D.Lgs. 152/2006 per siti ad uso commerciale ed industriale;
- nei campioni di terreno ed acqua sotterranea prelevati all'esterno del bacino di contenimento (pozzo di monitoraggio PM92), sono state rilevate per tutti i parametri analizzati concentrazioni conformi ai rispettivi VCLA indicati nell'ex DM 471/99 e alle CSC del D.Lgs. 152/2006.

Alla luce dello stato ambientale residuale evidenziato, l'area in esame è stata considerata, nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito, come sorgente di contaminazione, anche ai fini della rimodulazione degli obiettivi di bonifica.

#### **3.4.2 Evento accidentale serbatoio S104**

Sulla base dei rilievi effettuati in sito e dei risultati delle indagini ambientali eseguite, si evidenzia quanto segue:

- la sorgente primaria che ha generato il fenomeno di contaminazione è stata immediatamente interrotta;

- il terreno contaminato presente sulla superficie dell'area (sorgente secondaria di contaminazione) è stato rimosso;
- le analisi chimiche eseguite sui sei campioni di terreno prelevati dai cinque pozzetti esplorativi scavati (PZ1-PZ4 e PE4) hanno rilevato, per tutti i parametri analizzati, concentrazioni conformi ai rispettivi VCLA indicati nell'ex DM 471/99 ed alle CSC del D.Lgs. 152/2006 per i siti ad uso commerciale ed industriale;
- le analisi chimiche eseguite sui sette campioni di terreno prelevati dai sondaggi/pozzi di monitoraggio PM106 e PM107 hanno rilevato, per tutti i parametri analizzati, concentrazioni conformi ai rispettivi VCLA indicati nell'ex DM 471/99 ed alle CSC del D.Lgs. 152/2006 per i siti ad uso commerciale ed industriale;
- le analisi chimiche eseguite sull'acqua sotterranea prelevata dai pozzi di monitoraggio PM106, PM107 e PM22 hanno rilevato, per tutti i parametri analizzati, concentrazioni conformi ai rispettivi VCLA indicati nell'ex DM 471/99 ed alle CSC del D.Lgs. 152/2006 per le acque sotterranee.

I risultati delle indagini effettuate indicano che la tempestività degli interventi di messa in sicurezza di emergenza e le caratteristiche di viscosità del prodotto accidentalmente sversato e di scarsa permeabilità del terreno hanno impedito la migrazione verticale della contaminazione.

Le operazioni di scarifica effettuate nel corso della messa in sicurezza di emergenza, con le quali è stato rimosso il terreno contaminato dalla perdita accidentale, hanno permesso contestualmente il raggiungimento della bonifica ambientale dell'area.

Le attività di indagine ambientale sono state supervisionate dagli incaricati di ARPA Sicilia – DAP Siracusa, anche ai fini della validazione dei dati.

In considerazione di quanto esposto, non si individua la necessità di procedere con ulteriori interventi di indagine ambientale, messa in sicurezza e/o bonifica dell'area interessata dalla perdita accidentale. Alla luce degli esiti delle indagini ambientali condotte, l'area in esame non è stata contemplata come sorgente di contaminazione nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito.

### **3.4.3 *Evento accidentale serbatoio S103***

Per quanto concerne le attività di indagine ambientale ad oggi condotte, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- le attività di indagine ambientale previste nel piano di caratterizzazione presentato alle PP.AA. (Relazione Golder T20033/5659), sono state condotte sotto la supervisione degli incaricati di ARPA Sicilia – DAP Siracusa. Tali attività, in sintesi, hanno previsto il collaudo del fondo scavo mediante il prelievo di campioni di terreno da n. 4 pozzetti esplorativi nell'area scarificata, la perforazione di un sondaggio a valle dell'area scarificata, l'installazione di un pozzo di monitoraggio dell'acqua sotterranea. Dal pozzo di monitoraggio e da pozzi limitrofi all'area sono stati prelevati campioni di acqua sotterranea;
- i risultati delle indagini condotte, comunicati alle PP.AA. nel giugno 2005, hanno permesso di rilevare, nei campioni di terreno ed acqua sotterranea prelevati, concentrazioni conformi agli standard qualitativi imposti dalla normativa vigente;
- i risultati presentati alle PP.AA. sono stati validati dal DAP Siracusa, con nota n. 00450 del 09/06/2006 prot. N. 3604/SR;
- i limitati residui di contaminazione segnalati dal DAP Siracusa e ricordati nel verbale della Conferenza di Servizi del 21/07/06, fanno riferimento ad un sopralluogo del 13 gennaio 2005. Successivamente alla data del sopralluogo si è provveduto alla rimozione della contaminazione residua.

In considerazione di quanto esposto, non si individua la necessità di procedere con ulteriori interventi di indagine ambientale, messa in sicurezza e/o bonifica dell'area interessata dalla perdita accidentale. Alla luce degli esiti delle indagini ambientali condotte, l'area in esame non è stata contemplata come sorgente di contaminazione nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito.

#### **3.4.4 Serbatoio S315**

Al termine delle operazioni di scarifica del terreno superficiale, è stato prelevato n. 1 campione di terreno (S315 - fondo scarifica) per l'esecuzione delle analisi chimiche di laboratorio. Tale campione è stato prelevato dal fondo della scarifica, immediatamente al di sotto del punto dal quale si è originata la fuoriuscita di idrocarburi.

I risultati delle analisi chimiche di laboratorio del campione di terreno prelevato, confrontati con le CSC del D.Lgs. 152/2006 per i siti ad uso commerciale ed industriale, hanno evidenziato la conformità di tale campione per tutti i parametri analizzati. Il certificato analitico è riportato in Appendice 2.

Per quanto concerne le ulteriori attività di indagine ambientale, si fa presente che il Piano di Caratterizzazione dell'area in esame è stato approvato con

prescrizioni dalla Conferenza dei Servizi decisoria del 21 luglio 2006 e che sarà definita con gli Enti di controllo la tempistica di esecuzione delle indagini ambientali proposte, al fine di ottenere la validazione dei dati di sito.

Sulla base dei risultati delle indagini ambientali che verranno eseguite, sarà valutata la necessità di procedere con ulteriori interventi di messa in sicurezza e/o bonifica.

Alla luce degli esiti del campionamento di fondo scarifica eseguito, l'area in esame non è stata contemplata come sorgente di contaminazione nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito.

#### **3.4.5 Sala pompe n.1**

In seguito all'evento incidentale, sulla base degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza e dei rilievi effettuati in sito è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- la sorgente primaria, che ha generato il fenomeno di contaminazione del terreno superficiale, è stata immediatamente interrotta mediante l'applicazione di un collare a tenuta nella parte di tubazione danneggiata;
- gli interventi di messa in sicurezza di emergenza hanno previsto la scarifica del terreno superficiale visibilmente contaminato (sorgente secondaria di contaminazione).

Si fa presente che il Piano di Caratterizzazione dell'area in esame è stato approvato con prescrizioni dalla Conferenza dei Servizi decisoria del 21 luglio 2006 e che pertanto sarà definita con gli Enti di controllo la tempistica di esecuzione delle indagini ambientali proposte, al fine di ottenere la validazione dei dati di sito.

Nonostante le attività di messa in sicurezza di emergenza eseguite, in via cautelativa l'area in esame è stata considerata, nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito, come potenziale sorgente di contaminazione.

Sulla base dei risultati delle indagini ambientali che verranno eseguite e dell'analisi di rischio sito specifica, sarà valutata la necessità di procedere in questa area con ulteriori interventi di messa in sicurezza e/o bonifica.

### **3.4.6 Sala pompe grezzi n.2**

Secondo quanto già esposto, con le operazioni di messa in sicurezza di emergenza effettuate è stato rimosso dall'area lo strato di terreno superficiale visibilmente contaminato.

Il Piano di Caratterizzazione, inviato alle PP.AA. nel maggio 2006, è in attesa di essere discusso in sede di Conferenza di Servizi; pertanto le indagini ambientali integrative, che avranno come obiettivo principale l'individuazione di un eventuale stato residuo di contaminazione nell'area, verranno svolte a seguito dell'approvazione del Piano di Caratterizzazione.

In particolare le indagini prevedono quanto segue:

- perforazione a carotaggio continuo di n. 2 sondaggi ambientali, spinti fino alla profondità di 5 m dal piano campagna (p.c.); in relazione alla non accessibilità dell'area alle sonde di perforazione i sondaggi saranno eseguiti sulla strada limitrofa;
- prelievo, ad ogni metro di profondità, nel corso delle operazioni di perforazione, di campioni di terreno da sottoporre in sito a TST;
- prelievo da ogni sondaggio di n. 3 campioni di terreno alle profondità di 1 m, 3 m e 5 m dal p.c., da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio.

Nonostante le attività di messa in sicurezza di emergenza eseguite, in via cautelativa l'area in esame è stata considerata, nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito, come potenziale sorgente di contaminazione.

Sulla base dei risultati delle indagini ambientali che verranno eseguite e dell'analisi di rischio sito specifica, sarà valutata la necessità di procedere in questa area con ulteriori interventi di messa in sicurezza e/o bonifica.

### **3.4.7 Serbatoio S401**

In merito all'evento incidentale, a seguito degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza e dei rilievi effettuati in sito è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- la sorgente primaria di contaminazione, che ha originato lo sversamento sul terreno superficiale, è stata interrotta mediante l'immediata applicazione di un collare a tenuta e la successiva sostituzione del tratto di tubazione danneggiata;
- gli interventi di messa in sicurezza di emergenza hanno previsto la scarifica del terreno superficiale visibilmente contaminato (sorgente secondaria di contaminazione).

Il Piano di Caratterizzazione, inviato alle PP.AA. nel giugno 2006, è in attesa di essere discusso in sede di Conferenza di Servizi; pertanto le indagini ambientali integrative, che avranno come obiettivo principale l'individuazione di un eventuale stato residuo di contaminazione nell'area, verranno svolte a seguito dell'approvazione del Piano di Caratterizzazione.

In particolare, il programma delle indagini di approfondimento proposte prevede il collaudo dello scavo mediante il prelievo di n. 2 campioni di terreno dal fondo dell'area scarificata. I campioni di collaudo, che saranno prelevati ad una profondità indicativa di 0-15 cm dal fondo scarifica, saranno sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio, per verificare la presenza di eventuali stati residui di contaminazione del terreno a seguito delle operazioni di messa in sicurezza di emergenza.

Nonostante le attività di messa in sicurezza di emergenza eseguite, in via cautelativa l'area in esame è stata considerata, nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito, come potenziale sorgente di contaminazione.

Sulla base dei risultati delle indagini ambientali che verranno eseguite e dell'analisi di rischio sito specifica, sarà valutata la necessità di procedere in questa area con ulteriori interventi di messa in sicurezza e/o bonifica.

#### **3.4.8 Serbatoio S216**

In merito all'evento incidentale ravvisato il giorno 11 luglio 2006, a seguito degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza effettuati, nonché dei rilievi condotti, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- la sorgente primaria di olio combustibile, che ha originato lo sversamento sul terreno superficiale, è stata interrotta mediante completo serraggio della valvola di spia da cui è avvenuta la fuoriuscita;
- gli interventi di messa in sicurezza di emergenza hanno previsto la scarifica del terreno superficiale visibilmente contaminato (sorgente secondaria di contaminazione);
- nei limitrofi pozzi di monitoraggio PM59 e PM15, i rilievi eseguiti a seguito dell'evento hanno confermato l'assenza di prodotto surnatante le acque sotterranee.

Il Piano di Caratterizzazione, inviato alle PP.AA. nel luglio 2006, è in attesa di essere discusso in sede di Conferenza di Servizi; pertanto le indagini ambientali integrative, che avranno come obiettivo principale l'individuazione di un eventuale stato residuo di contaminazione nell'area, verranno svolte a seguito dell'approvazione del Piano di Caratterizzazione.



In particolare il programma delle indagini ambientali di approfondimento prevede le seguenti attività:

- collaudo del fondo scavo, mediante prelievo ed analisi chimica di laboratorio di n. 6 campioni di terreno, per verificare l'eventuale presenza residua di olio combustibile nel terreno superficiale a seguito delle operazioni di messa in sicurezza di emergenza;
- spurgo dei pozzi di monitoraggio PM15 e PM59, limitrofi all'area interessata dallo sversamento, e successivo campionamento dell'acqua sotterranea. I campioni prelevati saranno sottoposti ad analisi chimica di laboratorio, per verificare l'eventuale interessamento, da parte dello sversamento accidentale occorso, dell'acqua sotterranea.

Nonostante le attività di messa in sicurezza di emergenza eseguite, in via cautelativa l'area in esame è stata considerata, nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito, come potenziale sorgente di contaminazione.

Sulla base dei risultati delle indagini ambientali che verranno eseguite e dell'analisi di rischio sito specifica, sarà valutata la necessità di procedere in questa area con ulteriori interventi di messa in sicurezza e/o bonifica.

#### **3.4.9 Oleodotto 13**

In merito all'evento accidentale riscontrato il giorno 17 luglio 2006, a seguito degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza effettuati, nonché dei rilievi condotti, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

- la sorgente primaria di contaminazione è stata interrotta mediante immediata intercettazione della tubazione, successiva posa di collare a tenuta, spiazzamento con acqua e sostituzione del tratto di tubazione danneggiato;
- gli interventi di messa in sicurezza di emergenza hanno previsto la scarifica del terreno superficiale visibilmente contaminato (sorgente secondaria di contaminazione).

Il Piano di Caratterizzazione, inviato alle PP.AA. nel luglio 2006, è in attesa di essere discusso in sede di Conferenza di Servizi; pertanto le indagini ambientali integrative, che avranno come obiettivo principale l'individuazione di un eventuale stato residuo di contaminazione nell'area, verranno svolte a seguito dell'approvazione del Piano di Caratterizzazione.

In particolare il programma delle indagini ambientali di approfondimento prevede le seguenti attività:

- collaudo del fondo scavo, mediante prelievo ed analisi chimica di laboratorio di n. 5 campioni di terreno, per verificare l'eventuale presenza residua di benzina nel terreno superficiale a seguito delle operazioni di messa in sicurezza di emergenza;
- perforazione di n. 2 sondaggi ambientali, con prelievo di campioni di terreno, e successiva installazione di n. 2 pozzi di monitoraggio, per permettere il prelievo di campioni di acqua sotterranea da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio. L'ubicazione dei sondaggi/pozzi di monitoraggio sarà definita in accordo con gli Enti di controllo, compatibilmente con l'accessibilità dell'area alla sonda di perforazione e con la presenza di sottoservizi.

Nonostante le attività di messa in sicurezza di emergenza eseguite, in via cautelativa l'area in esame è stata considerata, nell'ambito dell'analisi di rischio sito specifica descritta nel seguito, come potenziale sorgente di contaminazione.

Sulla base dei risultati delle indagini ambientali che verranno eseguite e dell'analisi di rischio sito specifica, sarà valutata la necessità di procedere in questa area con ulteriori interventi di messa in sicurezza e/o bonifica.

## **4 RIMODULAZIONE OBIETTIVI DI BONIFICA**

### **4.1 Analisi di rischio**

In conformità a quanto definito nel D.Lgs. 152/2006, per il sito della Raffineria è stata condotta una analisi di rischio sito specifica per determinare le CSR e rimodulare gli obiettivi di bonifica.

L'analisi di rischio è stata eseguita secondo i principi illustrati nell'Allegato 1 alla parte quarta del D.Lgs. 152/2006, nonché dei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" redatti da APAT nel luglio 2006.

Si rimanda all'Appendice 3 per la descrizione dettagliata dell'analisi di rischio, con specifico riferimento ai dati e alle procedure utilizzati, nonché ai risultati conseguiti.

La rimodulazione degli obiettivi di bonifica e la definizione delle CSR è stata fatta per i parametri, appartenenti al *set* analitico approvato dalla Conferenza di Servizi per la caratterizzazione della Raffineria, per i quali sono stati rilevati superamenti delle CSC indicate nel D.Lgs. 152/2006 e per l'ammoniaca. Il parametro MtBE non è stato considerato nell'analisi di rischio, in quanto i più recenti monitoraggi hanno generalmente evidenziato concentrazioni inferiori a 350 µg/l.

### **4.2 Obiettivi di bonifica**

#### **4.2.1 *Terreno insaturo***

Gli obiettivi di bonifica per il terreno insaturo sono le CSR specificate nella Tabella A3.4. Le CSR sono state definite, in modo specifico per ciascuna subarea considerata, per il terreno superficiale (0-1 m da p.c.) e profondo (profondità > 1 m dal p.c.).

Le CSR indicate nella Tabella A3.4 sono state calcolate sulla base dei percorsi di esposizione contatto dermico/ingestione e della via di migrazione lisciviazione in falda. La verifica dei rischi derivanti dal percorso di esposizione legato all'inalazione sarà effettuata mediante monitoraggi di sito: sono quindi previste analisi chimiche di laboratorio dell'aria interstiziale presente nei livelli più superficiali del terreno, da eseguirsi sulle subaree per le quali sono state definite le CSR per i terreni.

Nelle subaree interessate da sversamenti accidentali e non ancora indagate (sala pompe 1, sala pompe 2, S401, S216, oleodotto 13) valgono le seguenti considerazioni: qualora gli esiti dei monitoraggi dell'aria interstiziale indichino la presenza di rischi da inalazione, si potrà decidere di interrompere il percorso di

esposizione (per esempio riportando uno strato di terreno pulito e/o posando idonei teli plastici impermeabili). In tal caso, saranno considerate come obiettivi di bonifica le CSR indicate nella Tabella A3.6, che sono state definite sulla base della sola lisciviazione in falda (in quanto i percorsi di inalazione e contatto dermico/ingestione risultano interrotti).

#### **4.2.2 *Acqua sotterranea***

Gli obiettivi di bonifica per le acque sotterranee sono le CSR indicate nella Tabella A3.5.

Le CSR sono state definite in modo specifico per ciascuna subarea considerata nell'analisi di rischio.

## **5 REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DEL GENNAIO 2006 E PROGETTO DI MSO**

Sulla base degli approfondimenti di indagine condotti e degli esiti dell'analisi di rischio, in considerazione del fatto che presso la Raffineria sono in corso attività produttive e diverse aree non sono accessibili agli interventi di indagine/MSE o bonifica, è presentata nel seguito una revisione degli interventi previsti nel Progetto Definitivo di bonifica del gennaio 2006: nell'ambito di quanto definito nel D.Lgs. 152/2006, gli interventi di seguito specificati sono finalizzati alla Messa in Sicurezza Operativa del sito della Raffineria, e dovranno essere protratti lungo il periodo di esercizio della Raffineria o fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica specificati nel capitolo precedente.

### **5.1 Acque sotterranee: aree omogenee e revisione sottogruppi di intervento**

Per quanto concerne le acque sotterranee, con riferimento al modello idrogeologico di dettaglio descritto nel Piano di Caratterizzazione, è possibile distinguere per il sito della Raffineria due seguenti principali aree di intervento (Tavola 1):

1. le aree in cui l'acquifero principale è compreso nel complesso carbonatico (area omogenea 1), ubicata ad ovest della strada Ovest 5, e comprende la cosiddetta zona A-blending e una minima parte della zona B-valle impianti;
2. le aree in cui l'acquifero principale è compreso nel complesso sabbioso-calcarenitico (**area omogenea 2**), ubicata ad est della strada Ovest 5 ed in prossimità del pozzo di monitoraggio PM31, e comprende la maggior parte della zona B e la zona C.

Per la definizione dei relativi interventi di MSO, le due aree omogenee si differenziano anche sulla base dei seguenti aspetti:

- l'area omogenea 1 presenta un grado di disomogeneità e di anisotropia generalmente molto più elevato dell'area omogenea 2; inoltre, la permeabilità del terreno saturo (per fratturazione) dell'area omogenea 1 è generalmente più limitata rispetto a quello dell'area omogenea 2;
- il prodotto surnatante l'acqua sotterranea nell'area omogenea 1 presenta viscosità molto più elevate rispetto al prodotto surnatante presente nell'area omogenea 2 (essenzialmente zona B);
- la contaminazione disciolta nelle due aree presenta caratteristiche chimico-fisiche diverse (ad es. volatilizzazione, adsorbimento, biodegradabilità).

Sono inoltre presenti alcune aree dall'estensione limitata che presentano, per alcuni parametri, locali superamenti degli standard normativi o concentrazioni anomale.

Nel Progetto Definitivo, alla luce di queste considerazioni, erano stati individuati, per la matrice acqua sotterranea, i seguenti sottogruppi di intervento:

1. Area omogenea 1:

- a. prodotto in fase libera nella zona A-blending (costituito da KEP/KEL e gasolio);
- b. idrocarburi in fase disciolta a monte flusso della zona A-blending (BTEX, KEP/KEL e gasolio);
- c. idrocarburi in fase disciolta nel settore della zona A-blending interessata da prodotto in fase libera (KEP/KEL e gasolio);
- d. porzione a valle flusso della zona A-blending.

2. Area omogenea 2:

- a. prodotto in fase libera nella zona B-valle Impianti (costituito prevalentemente da idrocarburi C5-C6);
- b. idrocarburi in fase disciolta nella zona B-valle Impianti interessata da prodotto in fase libera (C5-C6);
- c. idrocarburi in fase disciolta a valle della zona B-valle Impianti (C5-C6);
- d. arsenico in fase disciolta a valle della zona B-valle Impianti.

3. Settore del pozzo PM31:

- a. idrocarburi in fase disciolta;
- b. ammoniaca in fase disciolta;
- c. arsenico in fase disciolta.

4. Settore dei pozzi PM12, PM24, PM38 e PM92:

- a. selenio in fase disciolta.

Alla luce degli esiti dell'analisi di rischio condotta, sono stati individuati gli interventi funzionali alla MSO del sito, presso i seguenti sottogruppi di intervento:

1. Area omogenea 1:

- a. prodotto in fase libera nella zona A-blending (costituito da KEP/KEL e gasolio);

2. Area omogenea 2:

- a. prodotto in fase libera nella zona B-valle Impianti (costituito prevalentemente da idrocarburi C5-C6);
- b. idrocarburi in fase disciolta nella zona B-valle Impianti interessata da prodotto in fase libera (C5-C6);
- c. idrocarburi in fase disciolta a valle della zona B-valle Impianti (C5-C6);
- d. arsenico in fase disciolta a valle della zona B-valle Impianti.

4. Settore circostante il pozzo PM24

- a. selenio in fase disciolta.

Si precisa che nelle aree in cui è stato verificato che le concentrazioni dei parametri analizzati sono conformi alle CSR, non sono previsti interventi di MSO.

Nei paragrafi successivi sono descritte le tecnologie di MSO individuate per i sottogruppi di intervento.

L'esame degli esiti del campionamento delle acque sotterranee eseguito nell'ambito della caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m, i cui risultati sono riportati nel documento "*Risultati indagini di caratterizzazione integrativa maglia 50m x 50m*" permette di individuare una area (in corrispondenza del PIM 6) nella quale, per alcuni parametri, sono stati rilevati superamenti delle CSR.

Per tale area, si ritiene necessario verificare con ulteriori monitoraggi se lo stato di contaminazione rilevato viene confermato. Qualora tali stati di contaminazione siano confermati, saranno individuati in ulteriori documenti progettuali gli interventi integrativi di MSO.

## **5.2 Criteri e strategie di intervento**

Gli interventi di MSO del sito della Raffineria sono stati definiti sulla base dei seguenti criteri:

- le tecnologie di MSO devono essere compatibili con la presenza e l'esercizio delle strutture produttive della Raffineria, soprattutto in considerazione dei tempi di intervento che saranno prevedibilmente lunghi;
- gli impianti che esercitano il loro effetto sulle acque sotterranee devono poter essere dislocati lungo diverse linee di intervento sub-parallele alle linee isopiezometriche, in modo tale da poter interessare nel medio-lungo termine le aree contaminate ubicate idrogeologicamente a valle, grazie al flusso naturale delle acque sotterranee;
- non è possibile escludere che, a seguito degli interventi di recupero del prodotto surnatante con le tecnologie finora adottate, possa manifestarsi la

persistenza del prodotto in relazione a fenomeni di saturazione residua, cui dovrà indirizzarsi l'intervento di bonifica con altre tecnologie a medio-lungo termine, successivamente allo smantellamento della Raffineria.

La strategia dell'intervento di MSO è da suddividere in funzione delle aree di intervento (area omogenea 1 e area omogenea 2), in funzione della matrice ambientale (presenza/rimozione del prodotto surnatante e/o di contaminazione disciolta) ed in funzione della tipologia di contaminazione (idrocarburi/metalli).

Per le aree e per le situazioni di contaminazione esposte nel seguito:

- Area omogenea 1: recupero del prodotto surnatante;
- Area omogenea 2:
  - recupero del prodotto surnatante;
  - trattamento della contaminazione disciolta;

è possibile prevedere i seguenti passi procedurali: progettazione degli interventi di MSO (riportata nel seguito); installazione ed esercizio degli impianti di MSO; monitoraggio e verifica dell'efficacia degli interventi; eventuali interventi integrativi di tipo puntuale.

### **5.2.1 *Approccio Triad***

Si propone di utilizzare le perforazioni necessarie alla realizzazione delle opere di MSO descritte nel seguito, al fine di ottenere dati integrativi utili ad una comprensione approfondita e localizzata dei fenomeni di propagazione dei contaminanti. L'USEPA propone un nuovo approccio alle indagini ambientali chiamato "*Triad approach*" (*Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC)*, 2003): si tratta di un approccio dinamico, che prevede di verificare e progressivamente modificare i parametri di dimensionamento delle opere di risanamento, in funzione della complessità del sottosuolo e della risposta dello stesso (a medio-lungo termine) all'applicazione delle tecnologie, al fine di permettere una comprensione più rapida, adattata ai bisogni specifici delle attività di MSO.

Tale approccio presenta la migliore flessibilità tecnica per il risanamento di siti contaminati caratterizzati da elevato grado di complessità, quale la Raffineria in questione. Le tre componenti fondamentali dell'approccio *Triad* sono le seguenti:

1. pianificazione sistematica del progetto degli interventi, comprensiva di un'analisi preventiva delle incognite tecniche non eliminabili e della conseguente strategia dinamica di risoluzione delle stesse;



2. strategie di lavoro dinamiche, che permettono di integrare ed aggiornare il modello concettuale definito inizialmente ed adattare il piano di monitoraggio e di realizzazione (per passi successivi) degli interventi, secondo quanto previsto dal precedente punto 1;
3. tecnologie di misura dei parametri ambientali quanto più possibile in tempo reale, e comunque in grado di validare, verificare, modificare od adattare quanto in esercizio, secondo quanto descritto ai precedenti punti 1 e 2.

L'approccio *Triad* è nato principalmente per permettere di caratterizzare in modo più veloce ed efficace la matrice terreno: tale approccio si è rivelato particolarmente utile nella verifica della presenza di contaminazione dei composti non facilmente identificabili in campo e permettere di meglio adattare la griglia di campionamento in tempo reale, evitando di dover affrontare diverse campagne di caratterizzazione. Il risparmio ottenuto in termini di mobilitazione, analisi chimiche e tempo viene utilizzato per aumentare il numero di punti di prelievo e di dati, permettendo di definire le proprietà della zona contaminata in maniera molto più rapida rispetto all'approccio tradizionale.

L'oggetto delle indagini addizionali, descritte nel presente documento, ha come obiettivo una più dettagliata perimetrazione dei pennacchi di prodotto in fase libera. Trattandosi di un dato identificabile in maniera speditiva sul campo, non è richiesta la presenza di gascromatografi di campo. Per contro, la maggiore incognita dell'area di studio dal punto di vista del corretto dimensionamento delle opere di MSO/bonifica risulta costituita dalla matrice roccia fratturata. Si ricorda infatti che l'assenza di omogeneità e uniformità della matrice rocciosa, e di conseguenza l'elevata variazione spaziale di parametri come la porosità, la conducibilità idraulica e la capillarità, rendono estremamente complessa la comprensione dei fenomeni di migrazione della contaminazione ed il conseguente dimensionamento di opere di MSO.

In tale contesto, si intendono utilizzare le perforazioni necessarie alla realizzazione dei pozzi di recupero del prodotto (sulla strada Ovest 8) anche con l'obiettivo di ottenere dati integrativi utili ad una comprensione approfondita e localizzata dei fenomeni di propagazione dei contaminanti. Si adotterà quindi una versione modificata dell'approccio *Triad*, volto a permettere una ridefinizione costante ed immediata delle sezioni idrogeologiche, in modo da individuare l'eventuale presenza di vie di flusso preferenziale. Con questo tipo di approccio sarà possibile procedere alla calibrazione "pozzo per pozzo" degli interventi di MSO, necessario per il sito in esame.

### **5.3 Tecnologie di MSO**

Con riferimento ai sottogruppi di intervento prioritari di cui al precedente Paragrafo 5.1, riportiamo nel seguito la descrizione delle tecnologie di MSO.

#### **5.3.1 Intervento 1a: recupero prodotto surnatante nella zona A**

L'approccio di intervento descritto nel seguito si basa sull'esperienza acquisita nel corso delle operazioni di messa in sicurezza d'emergenza e sulla base degli approfondimenti tecnici, tra cui quelli inerenti la dinamica della contaminazione, riportati nel Capitolo 6 del Progetto Definitivo. A seguito dell'attivazione ai fini della MSE dei sistemi di recupero prodotto, i monitoraggi periodici effettuati hanno permesso di assistere ad un decremento generale degli spessori reali ed apparenti di prodotto surnatante.

Per il recupero del prodotto surnatante con sistemi diretti è previsto quanto segue (Figura 3):

- utilizzo di skimmer attivi, nei pozzi PM70 (strada Ovest 10 bis), PM113 (zona C300), PM74, PM66, PM58, PI137, PM48, PM57, PM71, PM81 (strada Ovest 9);
- realizzazione di una barriera di rimozione del prodotto lungo la strada Ovest 8. La realizzazione di tale barriera costituisce una intensificazione delle attività di recupero lungo la strada Ovest 8, sia in termini di numero di punti di recupero che di continuità temporale di intervento.

Come sarà meglio spiegato nel seguito, la barriera di rimozione del prodotto sarà costituita da una batteria di pozzi in cui saranno installati sistemi di recupero diretto con pompe pneumatiche *total fluid*. Tali pompe permettono di recuperare sia prodotto sia acqua sotterranea, abbassando localmente ed in modo contenuto il livello piezometrico senza determinare drastiche modifiche dell'idrodinamica del sistema.

Si ricorda che la maggior parte dell'area omogenea 1 è occupata dagli impianti produttivi, quindi non è possibile operare direttamente su tutta l'area interessata dal pennacchio di fase libera. L'emungimento associato al recupero del prodotto, provocherà una modificazione della piezometria dell'area, richiamando il prodotto verso la barriera e permettendo di recuperare, a medio-lungo termine, maggiori quantitativi di prodotto surnatante.

Si ritiene che la realizzazione di più barriere di emungimento (per esempio dislocate su più linee sub-parallele alle linee isopiezometriche) si riveli controproducente sia per il rischio di tagliare il pennacchio di prodotto, segregandone alcune porzioni in zone di alto piezometrico (cioè tra le barriere), sia di produrre effetti indesiderati sulla dinamica del prodotto. Infine, una sola

barriera con pozzi sufficientemente ravvicinati potrà permettere l'intercettazione di tutto il flusso di prodotto che altrimenti transiterebbe verso valle.

Sulla base dei modelli di comportamento del prodotto in fase libera, riportati al Paragrafo 6.1.6 del Progetto Definitivo, si sono definiti 4 schemi di recupero prodotto, illustrati schematicamente nella Scheda 44 (per facilità di comprensione, i modelli di recupero sono posti a fianco del relativo modello di comportamento). Nel seguito vengono descritti i 4 schemi di recupero:

- SITUAZIONE A: la zona occupata dal prodotto e dall'interfaccia acqua/prodotto è caratterizzata da elevata fratturazione: è prevedibile che da questi pozzi possano essere recuperate elevate quantità di prodotto, se questi sono innestati lungo un asse di deflusso. L'emungimento verrà realizzato in modo da ottenere il migliore rapporto abbassamento piezometrico/quantità di prodotto emunto, cercando di minimizzare la quantità di acqua estratta. L'abbassamento massimo sarà di circa 2 m (nel caso in cui il livello di fratturazione sia omogeneo su tale spessore);
- SITUAZIONE B: la zona occupata dal prodotto e dall'interfaccia acqua/prodotto è caratterizzata da ridotta fratturazione: è prevedibile che in questi pozzi siano recuperabili basse quantità di prodotto. L'emungimento verrà realizzato in modo da mantenere il livello dinamico poco al di sotto della zona con presenza di prodotto. Solo nel caso in cui le portate emunte siano limitate e l'emungimento concorra ad aumentare la quantità di prodotto recuperato, si indurranno abbassamenti più consistenti, fino ad un massimo di circa 2 m (nel caso in cui il livello di fratturazione sia omogeneo su tale spessore);
- SITUAZIONE C: il prodotto e l'interfaccia acqua/prodotto sono localizzati in una zona molto fratturata, ma ad immediato contatto con una zona sottostante a limitata fratturazione. In questo sarà necessario mantenere il livello dinamico all'interno della zona di maggiore fratturazione, onde evitare l'ulteriore intrappolamento di prodotto all'interno delle fessure più fini;
- SITUAZIONE D: il prodotto e l'interfaccia acqua/prodotto sono localizzati in una zona poco fratturata, ma ad immediato contatto con una zona sottostante ad elevata fratturazione. In questo caso sarà necessario portare la superficie piezometrica all'interno della zona a maggiore fratturazione, in modo tale da creare un cono di influenza più esteso e spostare il prodotto in una zona a maggiore permeabilità.

Infine, si prevede di utilizzare, qualora si evidenziasse la necessità di incrementare l'abbassamento della superficie piezometrica, un sistema di *dual pumping*. L'utilizzo di tale tecnologia prevede l'installazione di una pompa elettrosommersa ad una quota di circa 5 m al di sotto del livello minimo di

oscillazione della falda, contestualmente al recupero del prodotto surnatante mediante pompa dedicata installata al livello dinamico della falda.

Qualora si verificasse una riduzione dell'efficienza di tale sistema di recupero (per esempio nelle fasi finali dell'intervento), verrà valutata l'opportunità di infittire ulteriormente i punti di prelievo per la rimozione del prodotto surnatante residuo.

### **5.3.2 Intervento 2a: recupero prodotto surnatante nella zona B**

I sistemi di recupero del prodotto surnatante ed emungimento di acqua sotterranea in fase di esercizio ai fini della MSE operano in PM40, PM46, PM7 (attualmente il sistema in PM7 non è attivo), PM47, PM52, PM53, PM54 e PM69, PM84, PM85, PM86 e PM88.

Si ricorda che tali sistemi operano per mezzo di pompe pneumatiche tipo *total fluid* installate nei pozzi di monitoraggio, collettate mediante un impianto fisso fino al punto di scarico al pozzetto S109, a sua volta collegato all'impianto TAS di Raffineria.

In Figura 4 è rappresentata l'ubicazione dei pozzi di recupero, del punto di scarico ed il tracciato della tubazione di collettamento dai pozzi al punto di scarico.

A seguito dell'attivazione dei sistemi di recupero (aprile 2002) ai fini della MSE, i monitoraggi periodici effettuati hanno permesso di assistere ad un decremento generale degli spessori reali ed apparenti di prodotto surnatante. L'area interessata dalla presenza di prodotto surnatante si è ridotta (si ricorda ad esempio che nelle prime fasi di intervento il pozzo di monitoraggio PM7 era interessato dalla presenza di prodotto surnatante, non più presente a partire dall'ottobre 2003). Si ritiene pertanto che tali sistemi, per i quali è stato effettuato il potenziamento fino al raggiungimento di n. 11 punti di prelievo, siano correttamente installati e dimensionati e possano essere utilizzati a medio-lungo termine per l'intervento di recupero del prodotto nell'area omogenea 2.

La presenza degli impianti produttivi comporta una ridotta accessibilità delle aree contaminate alle opere di recupero, con forti limitazioni alla uniforme copertura areale degli interventi. Questa condizione, dalla quale non è peraltro al momento possibile prescindere, è compatibile con l'efficacia dei sistemi in oggetto per l'intervento anche su aree non direttamente interessate dagli stessi, purché tali sistemi operino a medio-lungo termine.

Non si ritiene necessario per l'area in oggetto condurre ulteriori indagini per individuare raggi di influenza o dimensionare l'aumento dei punti di recupero (peraltro si ricorda che, essendo in presenza di un sottosuolo costituito da roccia fratturata, risulta improprio parlare di raggi di influenza, in relazione alle

anisotropie del sottosuolo), avendo già sufficienti riscontri anche dalle modellazioni operate.

Solo verso il termine delle attività di recupero prodotto potrà essere eventualmente valutata la necessità di intervenire, presso specifiche aree, per la rimozione della presenza residua di prodotto surnatante. Dovrà in tal caso essere valutata l'opportunità di installare ulteriori punti di recupero diretto o eventualmente il ricorso ad altre tecnologie di intervento (es. *dual pumping*).

### **5.3.3 *Intervento 2b: fase disciolta nella zona B***

La MSO della fase disciolta può essere intrapresa solo in seguito alla rimozione del prodotto surnatante (spessori reali nulli o non superiori ad 1 cm).

E' prevista la realizzazione di una barriera attiva di Air Sparging/Biosparging (AS/BS), associata ad un sistema di Soil Vapour Extraction (SVE) per l'intercettazione dei vapori organici, il cui dimensionamento è eseguito sulla base degli esiti delle prove pilota condotte lungo la strada Ovest 4 ed in relazione all'attuale esercizio della barriera in corrispondenza della strada Ovest 4.

La barriera attiva sarà realizzata immediatamente a valle degli impianti e sarà articolata in due tratti (Figura 5); uno compreso tra i pozzi di monitoraggio PM84 e PM7, uno a monte del PM7.

Il dimensionamento è stato eseguito sulla base dei risultati delle prove pilota eseguite per la barriera di AS/BS-SVE lungo la strada Ovest 4 e degli esiti delle ultime campagne di monitoraggio delle acque sotterranee. La copertura dell'area compresa tra le barriere attive distanti circa 100 m (cioè tra la barriera in esame e la barriera della strada Ovest 4) è prevista a medio termine per mezzo del trasporto in fase disciolta operato dalle acque sotterranee.

### **5.3.4 *Intervento 2c: idrocarburi in fase disciolta a valle della zona B***

Lungo la strada Ovest 4 l'intervento di MSO prevede una barriera attiva di AS/BS, associata ad un sistema di SVE per l'intercettazione dei vapori organici, secondo quanto già anticipato nella Relazione Golder T20033/5326 "*Integrazione al Progetto Preliminare di bonifica – Progettazione di base della barriera di contenimento della falda acquifera (Risultati delle prove pilota di Air Sparging e Soil Vapour Extraction)*" e nel Progetto Definitivo.

In particolare, la barriera attiva copre il tratto di strada Ovest 4, compreso all'incirca tra i pozzi PM24 e PM30, interessato perlopiù dalla presenza di contaminazione da idrocarburi in fase disciolta.

Come descritto in precedenza, tale barriera attiva è già operativa lungo tutto il suo sviluppo.

### **5.3.5 Intervento 2d: arsenico in fase disciolta a valle flusso della zona B**

Per quanto concerne la presenza di arsenico riscontrata nella zona B, la realizzazione delle prove pilota ed il monitoraggio ad esse associato, eseguiti per il dimensionamento della barriera AS/BS-SVE, hanno evidenziato che tale tecnologia si è dimostrata efficace anche per l'abbattimento di tale tipo di sostanza.

Questo risultato era atteso sulla base di quanto disponibile ed ampiamente trattato in letteratura per siti contaminati da idrocarburi. La presenza di attività biologica di degradazione dei composti organici contaminanti determina la modifica delle condizioni naturali del sottosuolo (riduzione del potenziale Red-Ox e modifica del pH) e la conseguente dissoluzione dell'arsenico naturalmente presente nella matrice solida del sottosuolo saturo verso le acque sotterranee. E' ampiamente riconosciuto che non si evidenzia in siti contaminati da composti organici la presenza di una sorgente di contaminazione da arsenico, ma una modifica indotta nel sottosuolo che ne determina la mobilizzazione.

Tale aspetto è evidente in Raffineria, dove si registra assenza di arsenico disciolto nelle acque sotterranee nelle zone di monte flusso (in assenza di contaminazione) e presenza di arsenico nelle acque sotterranee con valori superiori agli standard normativi in corrispondenza (o a valle flusso) delle aree con presenza di contaminazione organica.

La tecnologia di AS/BS, applicata per la decontaminazione dei composti organici (Intervento 2b e Intervento 2c), determina il ripristino delle condizioni fisico-chimiche indisturbate del sottosuolo saturo, con conseguente immobilizzazione (condizioni pre-contaminazione) dell'arsenico.

### **5.3.6 Intervento 4a: selenio in fase disciolta nel settore del pozzo PM24**

Un'accurata ricerca bibliografica dei metodi di trattamento della contaminazione da selenio ha messo in evidenza quanto segue:

- il selenio in fase disciolta si trova nella forma ossidata  $Se^{6+}$ , in ambiente riducente precipita a  $Se^{3+}$ ;
- il selenio può essere biofissato stabilmente dai batteri solfatoriduttori.

La limitata estensione della contaminazione da selenio ed i valori di poco superiori alle CSR suggerirebbero un approccio volto all'attenuazione naturale. Si propone quindi l'installazione di un pozzo di monitoraggio a valle flusso del pozzo PM24 ed il relativo monitoraggio per verificare la stabilità del pennacchio e l'evoluzione dei parametri chimico-fisici dell'acqua sotterranea (quali potenziale Red-Ox,  $Fe^{2+}$ , Solfati, ecc.). Tale verifica ha l'obiettivo di identificare la presenza

di un ambiente solfato-riduttore e valutarne la capacità di attenuazione da parte dell'acquifero (Scheda 45).

Qualora questa analisi rivelasse che, a causa di condizioni idrogeologiche non favorevoli ai batteri, i fenomeni di attenuazione naturale non sono sufficienti a determinare il contenimento e, più a lungo termine, una bonifica della contaminazione da selenio, una strada alternativa potrebbe essere l'attenuazione naturale incrementata. Tale approccio prevede l'iniezione di una sorgente di carbonio organico non tossica (lattato, melassa, olio vegetale) tale da creare condizioni anaerobiche nell'acquifero e/o l'iniezione in basse quantità di solfati, tali da favorire la crescita di batteri solfato-riduttori. Tale approccio prevede la realizzazione di test di laboratorio per verificare l'efficacia della tecnologia, seguita da test di sito ed infine l'applicazione della tecnologia a scala di progetto.

Si consideri comunque quanto segue: assumendo il caso limite, in modo ipotetico e cautelativo, che un recettore bambino ingerisca una quantità di acqua contenente selenio pari ad 1 litro/giorno (per 6 anni e con la frequenza 350 giorni/anno), è possibile verificare che il rischio per la sua salute è accettabile ( $HQ \leq 1$ ) fino ad una concentrazione di selenio nell'acqua pari a  $78 \mu\text{g/l}$  <sup>(4)</sup>: nel corso dei monitoraggi finora condotti presso il pozzo PM24, questa concentrazione non è mai stata superata.

### **5.3.7 MSO delle aree interessate da sversamenti accidentali**

Per quanto concerne lo sversamento accidentale verificatosi nel bacino di contenimento del serbatoio S903, le indagini di caratterizzazione effettuate hanno rilevato la presenza di concentrazioni inferiori alle CSR individuate mediante analisi di rischio (area denominata T6). Si ricorda che le CSR sono state individuate sulla base delle vie di esposizione contatto dermico/ingestione e della via di migrazione lisciviazione in falda: dovranno pertanto essere condotti i monitoraggi atti a valutare i potenziali rischi per i lavoratori derivanti dall'inalazione dei vapori organici provenienti dal sottosuolo. Qualora dai monitoraggi si evidenziasse un rischio da inalazione accettabile, non verranno condotti ulteriori interventi; qualora invece tale monitoraggio evidenziasse la presenza di rischi non accettabili, saranno definiti gli interventi di MSO o di mitigazione del rischio, che potranno per esempio prevedere l'interruzione del percorso di esposizione rappresentato da inalazione.

Nelle aree interessate da eventi di sversamento accidentale di cui ai precedenti Capitoli 2 e 3 e non ancora investigate, a seguito dell'approvazione da

---

<sup>(4)</sup> Questo calcolo è stato effettuato utilizzando le proprietà tossicologiche suggerite da ISS/ISPESL (ottobre 2006).

parte delle PP.AA. dei rispettivi piani di caratterizzazione, saranno condotte le indagini ambientali.

Sulla base degli esiti delle indagini ambientali, sarà effettuato il confronto con le CSR calcolate con l'analisi di rischio e saranno definiti in apposita documentazione gli eventuali interventi integrativi di MSO.

#### **5.4 Monitoraggio aree interessate da superamenti delle CSR nelle acque sotterranee**

Come già anticipato, la campagna di campionamento delle acque sotterranee eseguita nell'ambito della caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m, ha individuato una area (in corrispondenza del PIM 6) nella quale, per alcuni parametri, sono stati rilevati superamenti delle CSR.

Per tale area, si ritiene necessario verificare con ulteriori monitoraggi se lo stato di contaminazione rilevato viene confermato. Qualora tale stato di contaminazione sia confermato, saranno individuati in ulteriori documenti progettuali gli interventi integrativi di MSO.

#### **5.5 Monitoraggio dell'aria interstiziale**

Come già specificato, in tutte le aree per le quali è stata condotta l'analisi di rischio inerente i terreni, sono state calcolate le CSR sulla base delle vie di esposizione contatto dermico/ingestione e della via di migrazione lisciviazione in falda. In queste aree dovranno pertanto essere condotti i monitoraggi atti a verificare i rischi derivanti dall'inalazione dei vapori organici provenienti dal sottosuolo.

Tali monitoraggi saranno eseguiti effettuando analisi chimiche di laboratorio dell'aria interstiziale presente nei livelli più superficiali del terreno. I campionamenti saranno eseguiti sulle aree per le quali sono state definite le CSR per i terreni.

Qualora dai monitoraggi si evidenziasse un rischio accettabile, non verranno condotti ulteriori interventi; qualora invece tale monitoraggio evidenziasse la presenza di rischi non accettabili, saranno definiti gli interventi di MSO o di mitigazione del rischio, che potranno per esempio prevedere l'interruzione del percorso di esposizione da inalazione.



## 6 PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MSO

### 6.1 Interventi integrativi propedeutici alla realizzazione degli impianti

#### 6.1.1 *Pozzi aggiuntivi*

Alla luce delle conoscenze sullo stato del sottosuolo nell'area della Raffineria e delle esigenze di dimensionamento di dettaglio dei sistemi di MSO, si ritiene opportuno prevedere alcuni punti di indagine addizionali. I punti di indagine saranno localizzati con i seguenti obiettivi:

- settore dei pozzi PM42, PM18, PM55, PM68 e PM65: eseguire test di pompaggio di lunga durata;
- area circostante la zona A-blending: circoscrivere con maggiore dettaglio l'area interessata da prodotto surnatante;
- settori del pozzo PM24 interessato da contaminazione da selenio: permettere la verifica della presenza di un ambiente solfato-riduttore e della capacità di attenuazione naturale da parte dell'acquifero.

L'esecuzione delle indagini integrative prevede la perforazione di sondaggi ambientali da attrezzare con pozzi di monitoraggio. Il numero di pozzi totale previsto è di 20, così distribuiti:

- n. 15 nel settore dei pozzi PM42, PM18, PM55, PM68 e PM56 (Figura 6, PM42A, PM42B, PM42C; PM18A, PM18B e PM18C; PM55A, PM55B, PM55C; PM68A, PM68B e PM68C; PM56A, PM56B e PM56C);
- n. 4 nel settore circostante la zona A-blending (Figura 7, PM129-PM132);
- n. 1 a valle flusso del pozzo di monitoraggio PM24.

Si precisa che le ubicazioni dei pozzi di monitoraggio potranno subire eventuali modifiche, per ragioni di sicurezza, in relazione alla presenza di sottoservizi.

In dettaglio, la campagna d'indagine prevede quanto indicato nel seguito:

- le perforazioni saranno eseguite a carotaggio continuo, in modo tale da permettere l'individuazione delle caratteristiche geologiche del sottosuolo roccioso;
- i fori saranno attrezzati a pozzo di monitoraggio, mediante l'installazione di tubi fessurati del diametro di 4" e di uno strato di ghiaietto filtrante siliceo arrotondato e di un tappo di bentonite al di sopra della zona fessurata, in modo da evitare l'infiltrazione di acqua o contaminanti attraverso il pozzo. I pozzi saranno attrezzati con appositi chiusini di protezione;

- i sondaggi saranno spinti fino ad una profondità tale da interessare il sottosuolo saturo per circa 5-7 m, a partire dal livello minimo di oscillazione della falda.

### **6.1.2 Spurgo e campionamento delle acque sotterranee**

In corrispondenza dei pozzi di monitoraggio integrativi non interessati dalla presenza di prodotto surnatante, sarà condotta una campagna di spurgo e successivo campionamento dell'acqua sotterranea. Il campionamento sarà eseguito in modalità statica, in funzione delle caratteristiche dei contaminanti potenzialmente presenti nel sottosuolo (idrocarburi). I campioni prelevati saranno sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

Nel corso delle operazioni di spurgo dei pozzi di monitoraggio saranno effettuate le analisi in sito di alcuni parametri chimico-fisici delle acque sotterranee (temperatura, pH, conducibilità elettrica, potenziale Red-Ox, concentrazione di ossigeno disciolto,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $NO_3^-$ ).

### **6.1.3 Analisi chimiche di laboratorio delle acque sotterranee**

I parametri proposti di analisi chimica di laboratorio per le acque sotterranee dei pozzi di monitoraggio integrativi, definiti sulla base dei parametri oggetto di progettazione degli interventi di MSO, sono i seguenti: BTEX, idrocarburi totali espressi come n-esano, metalli (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Pb, Se, V, Zn).

### **6.1.4 Prove di acquifero**

Le caratteristiche dell'acquifero nell'area omogenea 1 saranno studiate tramite l'esecuzione e l'analisi di una serie di prove idrauliche. La tipologia di prove scelte è specifica per lo studio degli acquiferi in roccia fratturata: le prove saranno in particolar modo volte all'individuazione delle anisotropie del sottosuolo.

Le prove idrauliche prevederanno quanto segue:

1. prove di pompaggio a gradini (pozzi PM42, PM18, PM55, PM68, PM56) ed analisi al fine di determinare la portata critica dei pozzi;
2. prove di pompaggio a portata costante di breve durata (6h) e prova di risalita (6h) (pozzi PM42, PM18, PM55, PM68, PM56), al fine di fornire una prima stima della trasmissività nell'intorno del pozzo;
3. breve modellazione analitica al fine di determinare la migliore localizzazione dei pozzi di monitoraggio serie PMXXA, PMXXB e PMXXC di cui alla Figura 6;

4. in seguito all'installazione dei pozzi di monitoraggio, prove di pompaggio a portata costante di lunga durata (72 ore, nei pozzi PM42, PM18, PM55, PM68, PM56) al fine di verificare l'influenza lungo diverse direzioni e permettere di studiare le anisotropie dell'acquifero. L'analisi delle prove di pompaggio verrà condotta sia con le metodiche analitiche tradizionali, sia attraverso lo studio della derivata prima;
5. *slug test* sui pozzi che saranno risultati interessati (anche se non dall'emungimento diretto) dalle prove di lunga durata, al fine di avere una stima della trasmissività nell'intorno dei medesimi.

I pozzi sui quali saranno effettuate le prove di pompaggio di lunga durata sono stati scelti in modo da essere rappresentativi delle diverse categorie descritte nell'analisi del comportamento del prodotto (descritte nel Capitolo 6 del Progetto Definitivo).

Le prove di pompaggio permetteranno di verificare la sostenibilità del sistema di recupero del prodotto prescelto per l'area omogenea 1 (barriera di recupero prodotto lungo la strada Ovest 8, associata all'emungimento congiunto di acqua sotterranea), in relazione all'immagazzinamento dell'acquifero. Il mezzo roccia fratturata, quando la porosità per fratturazione presenta valori molto bassi come in questo caso, può essere immaginato come una rete di tubazioni di vario diametro: la risposta dell'acquifero ad una azione di pompaggio risulta quindi molto rapida rispetto a quella di un suolo poroso. D'altro canto la porosità totale dell'acquifero (direttamente proporzionale alla quantità d'acqua in esso contenuta) risulta molto inferiore a quella di un mezzo poroso. È di primaria importanza, nel corso delle operazioni di MSO, evitare un sovrasfruttamento dell'acquifero, con il rischio di un suo "svuotamento", che comporterebbe la riduzione della capacità di recupero del prodotto e soprattutto il rischio di migrazione della contaminazione verso livelli più profondi.

Si rimanda all'Appendice 4 per la descrizione delle prove che saranno condotte e della loro analisi.

#### **6.1.5 Modellazione numerica**

I risultati delle prove di acquifero e i dati ottenuti dalla realizzazione dei nuovi pozzi di monitoraggio verranno utilizzati come dati di ingresso per un modello numerico. Il modello che verrà utilizzato per la modellazione è FEFLOW (*Finite Element subsurface FLOW system, version 5.2*) sviluppato da WASY LTD (Germania). FEFLOW è un codice di calcolo a elementi finiti che simula il flusso delle acque sotterranee ed il trasporto dei contaminanti nei mezzi porosi saturi o insaturi. Questo codice è ampiamente utilizzato nei settori pubblici e privati ed è

riconosciuto come lo stato dell'arte per la modellazione del flusso delle acque sotterranee.

Rispetto ai codici di calcolo a differenze finite (es. MODFLOW), FEFLOW è più versatile e più adatto per modellizzare il flusso ed il trasporto nei sistemi acquiferi caratterizzati da condizioni geologiche e strutturali molto complesse. FEFLOW permette inoltre di includere il flusso nella zona insatura ed il flusso nella zona satura nello stesso modello, ovvero di eseguire la modellazione del flusso delle acque sotterranee a saturazione variabile.

FEFLOW è adatto per simulare i seguenti processi di trasporto dei contaminanti: l'avvezione, la dispersione idrodinamica, l'adsorbimento e lo scambio ionico, la biodegradazione e l'attenuazione naturale (trasporto reattivo).

La modellazione si svilupperà attraverso le seguenti fasi:

1. ricostruzione della geometria dell'acquifero mediante interpolazione dei dati puntuali ottenuti dalle stratigrafie delle perforazioni oppure estrapolati dalle sezioni geologiche elaborate per il sito in esame;
2. calibrazione del modello sulla base delle attuali condizioni indisturbate in modo tale da rendere affidabili le successive simulazioni (condizioni statiche);
3. simulazione dell'emungimento operato dalla barriera prevista sulla Ovest 8, con verifica delle portate emungibili tali da permettere il recupero del prodotto senza causare un sovrasfruttamento dell'acquifero (che comporterebbe la riduzione della capacità di recupero del prodotto e soprattutto il rischio di migrazione della contaminazione verso livelli più profondi).

Il modello così realizzato potrà essere ricalibrato sulla base dei dati ottenuti nel corso delle prime fasi di MSO.

Sarà inoltre condotta una modellazione per il solo prodotto surnatante, volta a prevedere i tempi necessari per il recupero con la tecnologia di intervento proposta.

## **6.2 Dimensionamento degli impianti di MSO**

Nei paragrafi seguenti è descritto il dimensionamento degli impianti di MSO. Si precisa però che le ubicazioni delle strutture impiantistiche (es. pozzi, tracciati delle linee/tubazioni, ricoveri attrezzature ecc.) potranno eventualmente subire in sede di costruzione alcune modifiche, in relazione alla presenza di sottoservizi, ad esigenze di sicurezza o di produzione, o in seguito ad eventuali modificazioni dell'assetto della Raffineria.

A seguito delle modificazioni dello stato ambientale che saranno eventualmente rinvenute nel corso delle attività di MSO, è prevista la possibilità

di integrare gli interventi. In particolare, qualora si individuassero nuove aree interessate dalla presenza di anomalie di concentrazione nelle acque sotterranee, saranno estesi gli interventi di MSO, secondo i seguenti criteri:

- una integrazione dell'analisi di rischio descritta nel presente documento individuerà l'effettiva necessità di procedere con interventi di MSO;
- qualora tali interventi risultino necessari, sulla base della tipologia di contaminazione e delle caratteristiche del sottosuolo saranno individuate, tra le tecnologie descritte nel presente documento, le tecnologie di MSO idonee;
- saranno installati ed attivati in tali aree gli impianti di MSO.

Qualora le tecnologie descritte nel presente documento non siano idonee alla MSO di tali aree, saranno definite in accordo con le PP.AA. competenti le modalità tecniche e procedurali di intervento.

#### **6.2.1 Intervento 1a: recupero prodotto surnatante nella zona A**

La definizione precisa del sistema di recupero del prodotto sarà calibrata sulla base delle prove di pompaggio (Appendice 4) e sulla base dei risultati delle attività integrative di indagine che saranno eseguite nell'area blending.

Gli esiti delle prove di pompaggio permetteranno di verificare le principali direzioni di influenza esercitate dall'emungimento e di validare le ipotesi descritte nel seguito. Come descritto in precedenza, il sistema prevede l'installazione di pompe *total fluid* (o eventualmente anche di pompe elettrosommerse) in modo da indurre nel pozzo un abbassamento del livello piezometrico variabile da pozzo a pozzo, a seconda delle condizioni di fratturazione della roccia, secondo quanto descritto al Paragrafo 5.3.1.

In via preliminare il sistema di MSO prevede quanto segue:

- recupero del prodotto tramite *skimmer attivi* nei pozzi PM70 (strada Ovest 10 bis), PM113 (zona C300), PM74, PM66, PM58, PI137, PM48, PM57, PM71, PM81 (strada Ovest 9);
- installazione di n. 40 nuovi pozzi di recupero prodotto lungo la strada Ovest 8 (Figura 3), che si aggiungeranno ai n. 16 presenti. La barriera, denominata "barriera Ovest 8" sarà quindi formata da un totale di 56 pozzi di recupero prodotto, ubicati ad una interdistanza di circa 10 m. Il diametro di perforazione previsto è di circa 200 mm, da attrezzare a pozzo con tubi piezometrici (in polietilene o PVC) del diametro di 4". La profondità di ciascun pozzo sarà tale da interessare il terreno saturo per almeno 5 m. Potranno essere utilizzati per il recupero prodotto, qualora ritenuti idonei, i pozzi denominati PMXXA, PMXXB, PMXXC, funzionali all'esecuzione di prove di acquifero, di cui alla Figura 6;

- installazione, in ciascun pozzo di recupero della barriera Ovest 8, di pompe idonee per il recupero del prodotto e l'emungimento congiunto di acqua. La tipologia di pompe da installare in ciascun pozzo sarà definita sulla base degli esiti delle prove di emungimento. In linea generale, saranno utilizzate pompe pneumatiche *total fluid* di diametro compatibile con le dimensioni dei pozzi ed in grado di emungere, con una prevalenza di 30 m, una portata di miscela pari ad almeno 8 l/min. In alternativa, dove si evidenziasse la necessità di incrementare l'abbassamento della superficie piezometrica saranno installate, in aggiunta alle pompe pneumatiche, pompe elettrosommerse in grado di emungere, con una prevalenza di 30 m, almeno 25 l/minuto;
- abbassamento indotto del livello piezometrico variabile da pozzo a pozzo, a seconda delle condizioni di fratturazione della roccia, secondo quanto descritto al Paragrafo 5.3.1, fino ad un massimo di 2 m rispetto al livello statico stagionale (corrispondente, in prima approssimazione, ad una portata estratta a regime compresa tra 3 e 15 l/min<sup>(5)</sup>, a seconda dei pozzi);
- ipotizzando una portata media di 5 l/min, la portata totale estratta acqua/prodotto sarà di circa 280 l/min (400 m<sup>3</sup>/giorno). I risultati delle prove di acquifero e della modellazione permetteranno di definire in maniera più precisa le portate che saranno emunte.

La miscela acqua/prodotto emunta sarà inviata al pozzetto S109 collegato all'impianto TAS di Raffineria.

Si rimanda all'Appendice 5 per ulteriori dettagli inerenti l'impianto.

Per l'installazione dei pozzi sarà seguito un processo di progressivo affinamento, in modo da poter infittire o diradare il numero dei pozzi dove sia maggiormente richiesto dalle condizioni idrogeologiche e dalla contaminazione presente. Il numero e l'ubicazione dei pozzi previsto potrebbe quindi essere modificato nel corso dell'esecuzione delle perforazioni.

L'esercizio dell'impianto sarà gestito in modo flessibile sulla base degli esiti dei rilievi di sito che saranno condotti, sia in termini di numero di pozzi attivi sia di portate emunte: potranno quindi essere concentrate le attività di recupero presso alcuni pozzi, incrementando se necessario le portate di recupero, escludendone altri; è altresì prevista la possibilità di installare ulteriori pozzi di recupero, per estendere l'area di intervento o per infittire i punti di prelievo.

---

<sup>(5)</sup> Come si è visto in precedenza il livello di fratturazione, e di conseguenza la trasmissività, variano da pozzo a pozzo.

### **6.2.2 Intervento 2a: recupero prodotto surnatante nella zona B**

Il recupero del prodotto surnatante presso l'area in oggetto sarà eseguito, ai fini della MSO, secondo le stesse modalità finora seguite nell'ambito delle attività di MSE, che si sono dimostrate efficaci.

Sarà quindi condotto il recupero del prodotto, associato all'emungimento di acqua sotterranea, con pompe pneumatiche *total fluid*, presso i seguenti pozzi di monitoraggio: PM40, PM46, PM47, PM52, PM53, PM54, PM69, PM84, PM85, PM86 e PM88.

L'intervento di recupero sarà adattato in corso d'opera, sia in termini di numero di punti di prelievo sia in termini di portate emunte, sulla base degli esiti dei monitoraggi periodici. Potrà pertanto essere interrotto il recupero presso i pozzi nei quali si assisterà alla scomparsa del prodotto e potranno eventualmente essere utilizzati o perforati ulteriori pozzi di recupero.

La portata giornaliera di miscela acqua/prodotto che sarà emunta sarà non superiore a 100 m<sup>3</sup>/giorno; le portate medie di miscela che saranno emunte sono quantificabili in 40-70 m<sup>3</sup>/giorno; tali portate potranno subire variazioni sulla base degli esiti dei monitoraggi che saranno condotti.

Per la rimozione delle frazioni residue di prodotto surnatante, potrà essere valutata la necessità di intervenire, presso specifiche aree, mediante il ricorso ad altre tecnologie di intervento (es. *dual pumping*). In tal caso saranno installate nei pozzi di monitoraggio/recupero, in aggiunta ai dispositivi per il recupero del prodotto surnatante, pompe elettrosommerse in grado di abbassare localmente il livello piezometrico. L'acqua emunta dalle pompe elettrosommerse sarà convogliata al pozzetto S109 e quindi all'impianto TAS di Raffineria. Ulteriori dettagli progettuali in merito all'eventuale realizzazione di sistemi di *dual pumping* potranno essere forniti in futuro, in quanto dovranno essere dimensionati sulla base dello stato ambientale dell'area di interesse che si sarà nel frattempo modificato.

### **6.2.3 Intervento 2b: fase disciolta nella zona B**

Quando il prodotto surnatante nella zona B sarà stato rimosso (spessori reali nulli o non superiori ad 1 cm), sarà costruita immediatamente a valle degli impianti una barriera attiva di AS/BS ed SVE, che sarà articolata in due tratti (Figura 5); uno compreso tra i pozzi di monitoraggio PM84 e PM7, uno a monte del PM7. La barriera attiva coprirà un fronte esteso circa 380 m e sarà costituita complessivamente da n. 23 pozzi di AS/BS (interasse circa 16 m) e n. 22 pozzi di SVE (interasse circa 20 m). Si rimanda all'Appendice 6 per quanto concerne ulteriori approfondimenti progettuali inerenti tale barriera.

Come specificato nel seguito, la barriera sarà dotata di un sistema di trattamento degli effluenti gassosi che sarà prevedibilmente costituito da un combustore o da filtri a carboni attivi. Ulteriori informazioni circa le caratteristiche del sistema di trattamento sono riportate in Appendice 6. Si anticipa che, al momento attuale, la progettazione definitiva del sistema di trattamento non può essere eseguita. La scelta della tipologia ed il suo dimensionamento necessitano infatti di prove di aspirazione dell'aria presente nel sottosuolo e delle analisi chimiche di laboratorio dell'aria aspirata; a causa della presenza di prodotto surnatante nell'area di valle impianti, gli esiti delle prove di aspirazione risulterebbero poco rappresentativi delle future condizioni di esercizio dell'impianto di AS/BS-SVE (e di conseguenza del sistema di trattamento), che potrà essere attivato solo a seguito della rimozione del prodotto. Tali prove, e la conseguente progettazione di dettaglio del sistema di trattamento degli effluenti gassosi, potranno essere eseguite solo a seguito della rimozione del prodotto surnatante. La progettazione del sistema di trattamento degli effluenti gassosi sarà quindi presentata in ulteriori documenti progettuali.

#### **6.2.4 *Intervento 2c: idrocarburi in fase disciolta nella zona B***

Lungo la strada Ovest 4, a seguito degli esiti delle prove pilota condotte, è da tempo in esercizio una barriera attiva di AS/BS ed SVE (Figura 2), nel tratto compreso tra i pozzi di monitoraggio PM24 e PM30, estesa circa 650m e costituita complessivamente da n. 43 pozzi di AS/BS (interasse circa 16 m) e n. 34 pozzi di SVE (interasse circa 20 m).

Nel corso dell'esercizio dei primi tre moduli della barriera (Modulo 1, Modulo 2 e Modulo Pilota Ampliato), sulla base degli esiti dei monitoraggi condotti, sono state individuate alcune aree nelle quali si è ritenuto opportuno infittire i pozzi di AS. Analogamente, nel corso dell'esercizio della barriera attiva nel suo complesso, alla luce degli esiti dei monitoraggi che saranno condotti anche presso i pozzi a valle flusso, saranno eventualmente definiti ulteriori interventi di infittimento.

Si rimanda all'Appendice 7 per quanto concerne ulteriori approfondimenti progettuali inerenti tale barriera.

#### **6.2.5 *Intervento 2d: arsenico in fase disciolta a valle flusso della zona B***

Si faccia riferimento, per quanto concerne il dimensionamento dell'impianto di MSO, a quanto indicato nel paragrafo precedente circa la barriera di AS/BS ed SVE lungo la strada Ovest 4.



#### **6.2.6 *Intervento 4a: selenio in fase disciolta nel settore del pozzo PM24***

Sarà installato un pozzo di monitoraggio a valle flusso del PM24 e sarà condotta la verifica inerente la presenza di un ambiente solfato-riduttore e delle eventuali capacità di attenuazione da parte dell'acquifero (Scheda 45).

Sulla base degli esiti di tali verifiche saranno individuate le alternative di intervento, tra le quali si possono prefigurare il monitoraggio dell'attenuazione naturale od il ricorso all'attenuazione naturale incrementata. Si ricorda che tale approccio prevede l'iniezione di una sorgente di carbonio organico non tossica (lattato, melassa, olio vegetale) tale da creare condizioni anaerobiche nell'acquifero e/o l'iniezione in basse quantità di solfati, tali da favorire la crescita di batteri solfato-riduttori. Tale approccio sarà eventualmente preceduto dalla conduzione di test di laboratorio per verificare l'efficacia della tecnologia, seguita da test di sito ed infine dall'applicazione della tecnologia a scala di progetto.

### **6.3 Gestione degli effluenti**

#### **6.3.1 *Trattamento effluenti liquidi***

Gli effluenti liquidi derivanti dalle attività di MSO, costituiti dal prodotto surnatante recuperato e dalle acque sotterranee emunte saranno trattati presso l'impianto di trattamento di Raffineria (denominato TAS-Trattamento Acque di Scarico).

Si ricorda che, nell'ambito delle attività di MSE in corso, la Raffineria è già stata autorizzata ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs. 22/1997, da parte del Commissario Delegato per l'emergenza rifiuti e la tutela delle acque in Sicilia, per l'esercizio delle operazioni di recupero e trattamento del rifiuto estratto dalla falda idrica sottostante la Raffineria, costituito da acqua ed idrocarburi – CER 191307\*, nell'impianto interno di Raffineria TAS serbatoi TK140A e B.

Nell'aprile 2005, la Raffineria ha richiesto agli Enti competenti una estensione dell'autorizzazione, in modo tale da poter trattare una quantità di rifiuto estratto dalla falda fino a 1000 m<sup>3</sup>/giorno.

Ai sensi del D.Lgs. 152/2006 artt. 208 e 210, la Raffineria ha richiesto alla Regione Sicilia – Agenzia Acque e Rifiuti il rinnovo dell'autorizzazione al recupero delle acque di falda presso i serbatoi TK140 A e B afferenti l'impianto TAS di stabilimento.

E' peraltro possibile che, nell'ambito di tutte le attività di emungimento (attuali e previste) presso il sito della Raffineria (incluso quindi anche l'area dell'oleodotto di collegamento al Pontile), il quantitativo di 1000 m<sup>3</sup>/giorno possa in futuro essere superato.

In accordo con quanto stabilito dall' art. 243 del D.Lgs. 152/2006, le acque reflue industriali scaricate rispetteranno, all'uscita dall'impianto di trattamento, i limiti di emissione in acque superficiali previsti dal medesimo decreto D.Lgs. 152/2006 e quelli più restrittivi eventualmente disposti dall'Autorità competente.

### **6.3.2 *Trattamento effluenti gassosi***

Gli effluenti gassosi degli impianti di aspirazione dei vapori dal sottosuolo (SVE), associati agli impianti di *Air Sparging/Biosparging*, saranno trattati secondo le modalità descritte nel seguito prima di essere scaricati in atmosfera. Le emissioni in atmosfera saranno conformi ai limiti previsti dalla normativa vigente in materia.

Il trattamento degli effluenti gassosi dell'impianto di AS/BS-SVE già in esercizio lungo la strada Ovest 4 viene eseguito con sistemi di filtrazione a carboni attivi: per ciascuno dei n. 6 moduli è installato un sistema di filtrazione ed un camino per lo scarico in atmosfera. La sostituzione periodica dei carboni attivi, pianificata sulla base dei rilievi di sito, viene effettuata prima del loro esaurimento. Il dimensionamento dei sistemi prevede, in linea generale, una quantità di materiale filtrante pari a 1600 kg di carboni per ciascun modulo (sulla base dell'esperienza finora condotta nell'ambito delle attività di MSE, nel modulo 2 è sufficiente una quantità di 800 kg di carboni attivi). Tali quantità possono essere variate nel corso dell'esercizio degli impianti, sulla base degli esiti dei monitoraggi che vengono condotti, in modo tale da ottimizzare le attività di sostituzione dei carboni attivi.

La barriera di AS/BS-SVE che sarà realizzata nell'area omogenea 2 immediatamente a valle degli impianti (intervento 2b) sarà dotata, per il trattamento degli effluenti gassosi, di un combustore o di un sistema di filtrazione a carboni attivi (analogo a quello della barriera attiva presente lungo la strada Ovest 4) (Appendice 6). La progettazione del sistema di trattamento sarà eseguita a seguito della conduzione di specifiche prove di sito, che al momento attuale non è rappresentativo svolgere a causa della presenza di prodotto surnatante. La progettazione del sistema di trattamento degli effluenti gassosi dell'intervento 2b sarà quindi presentata in ulteriori documenti progettuali.

## 7 PIANO DI MONITORAGGIO

### 7.1 Monitoraggio acque sotterranee

Il monitoraggio delle acque sotterranee sarà condotto presso la rete di monitoraggio esistente, che al momento attuale si avvale di circa 160 pozzi (esclusi i pozzi di monitoraggio specifici per l'area sovrappasso), la cui ubicazione è riportata in Tavola 3.

Come già anticipato, a valle della barriera di AS/BS-SVE ubicata lungo la strada Ovest 4 (interventi 2c, 2d), in un'area di proprietà della Raffineria, è stato integrato il sistema di monitoraggio esistente (pozzi PMD, PME, PMF, PM45, PM75, PM78) con l'installazione di n. 12 pozzi di monitoraggio ulteriori (pozzi BM1-BM8, BM10-BM13). Per questo insieme di n. 18 pozzi, anche in ottemperanza quanto richiesto dalla Conferenza di Servizi del 15 dicembre 2005, si propone il monitoraggio periodico secondo le seguenti modalità:

- cadenza mensile: monitoraggio dell'acqua sotterranea mediante rilievo della soggiacenza, esecuzione di TST e misurazione delle concentrazioni di ossigeno disciolto;
- cadenza quindicinale per i primi due mesi, mensile fino al primo anno, quadrimestrale dal secondo anno in poi: spurgo dei pozzi di monitoraggio, con contestuale misurazione in sito di parametri chimico-fisici (concentrazione di ossigeno disciolto, pH, potenziale Red-Ox, conducibilità elettrica) e campionamento delle acque sotterranee, con esecuzione di analisi chimiche di laboratorio dei seguenti parametri: idrocarburi totali espressi come n-esano, BTEXS, As, Se, Pb, Ammoniaci, MtBE.

Nelle aree interessate dai sistemi di recupero prodotto (interventi 1a e 2a), il monitoraggio sarà eseguito mediante rilievo mensile degli spessori apparenti di prodotto nei pozzi interessati dall'impianto di recupero: ciascun rilievo dovrà essere eseguito dopo circa 24 ore dallo spegnimento provvisorio dell'impianto di recupero. Con cadenza settimanale e con gli impianti in esercizio è previsto, nei pozzi di monitoraggio più rappresentativi delle aree di interesse, il rilievo del livello piezometrico dinamico, atto a prevenirne l'eccessivo abbassamento.

In corrispondenza della barriera di AS/BS-SVE nell'area a valle degli impianti (Intervento 2b), sarà condotto il monitoraggio, analogo a quello sopra descritto per i pozzi a valle della strada Ovest 4, presso i seguenti pozzi di monitoraggio: PM84, PM46, PM86, PM52, PM40, PM53, PM47, PM7, PM85, PM69, PM54, PM88, PM90/PM90 bis.

Presso il pozzo che sarà realizzato a valle di PM24, nell'ambito dell'intervento 4a, è previsto un monitoraggio periodico per la verifica dei fenomeni di attenuazione naturale della contaminazione. In particolare, sarà eseguito lo spurgo, con contestuale misurazione in sito di parametri chimico-fisici (concentrazione di ossigeno disciolto, pH, potenziale Red-Ox, conducibilità elettrica) ed il campionamento delle acque sotterranee, con l'esecuzione di analisi chimiche di laboratorio dei seguenti parametri: idrocarburi totali espressi come n-esano, BTEXS, As, Se, Pb, Ammoniaca, MtBE.

Sui restanti pozzi di monitoraggio più rappresentativi, non interessati dalle attività specificate in precedenza o dagli impianti di recupero prodotto, è previsto, con cadenza annuale, il seguente programma di monitoraggio:

- rilievo piezometrico;
- spurgo dei pozzi di monitoraggio, con contestuale misurazione in sito di parametri chimico-fisici (concentrazione di ossigeno disciolto, pH, potenziale Red-Ox, conducibilità elettrica);
- campionamento delle acque sotterranee, con esecuzione di analisi chimiche di laboratorio dei seguenti parametri: idrocarburi totali espressi come n-esano, BTEXS, As, Se, Pb, Ammoniaca, MtBE.

Le modalità di monitoraggio descritte nel presente paragrafo potranno eventualmente essere modificate, per quanto riguarda periodicità, punti di monitoraggio o parametri di analisi, sulla base dell'evoluzione dello stato ambientale del sottosuolo che sarà rilevata.

Qualora nel corso dei monitoraggi si individuassero nuove aree interessate dalla presenza di anomalie di concentrazione nelle acque sotterranee, saranno estesi gli interventi di MSO, secondo i seguenti criteri:

- una integrazione dell'analisi di rischio descritta nel presente documento individuerà l'effettiva necessità di procedere con interventi di MSO;
- qualora tali interventi risultino necessari, sulla base della tipologia di contaminazione e delle caratteristiche del sottosuolo saranno individuate, tra le tecnologie descritte nel presente documento, le tecnologie di MSO idonee;
- saranno installati ed attivati in tali aree gli impianti di MSO.

Qualora le tecnologie descritte nel presente documento non siano idonee alla MSO di tali aree, saranno definite in accordo con le PP.AA. competenti le modalità tecniche e procedurali di intervento.

## **7.2 Monitoraggio esposizione dei lavoratori**

Il monitoraggio dell'esposizione dei lavoratori alle attività di MSO, che permette di verificare nel tempo la validità delle modellazioni effettuate nell'analisi di rischio, sarà condotto mediante specifici rilievi di sito da concordare con le Autorità locali di controllo.

Si precisa che in Raffineria sono già stati condotti specifici monitoraggi atti a valutare l'esposizione professionale ad agenti chimici dei lavoratori. Gli esiti di tali valutazioni indicano che tutti i valori rientrano ampiamente nei limiti stabiliti per gli ambienti di lavoro dalla MSU-ORCBS e dall'ACGIH nel Chemical Hygiene Plan del luglio 2002.

## **7.3 Monitoraggio e manutenzione impianti**

Per tutti gli impianti che saranno installati, saranno verificati con cadenza almeno quindicinale i relativi parametri di funzionamento. In particolare, i parametri oggetto di monitoraggio saranno i seguenti:

### ***impianti di AS/BS-SVE:***

- portate e pressioni di aria iniettata nell'acqua sotterranea da ciascun pozzo di iniezione;
- portate e depressioni di aria estratta dal sottosuolo presso ciascun pozzo di aspirazione;
- concentrazione, nei flussi di aria aspirati da ciascun pozzo degli impianti di SVE, di VOC, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>;

### ***impianti di recupero prodotto:***

- portate di miscela acqua/prodotto emunte da ciascun pozzo e relative pressioni di mandata;
- pressioni di mandata dell'aria compressa alle pompe pneumatiche;
- volume progressivo di miscela acqua/prodotto emunta;
- quantificazione della percentuale di prodotto nelle miscele emunte.

Le periodicità di verifica dei sopracitati parametri potranno essere variate nel corso dello svolgimento delle attività.

Sarà condotta una verifica dei parametri di processo rilevati, che potranno eventualmente essere modificati sulla base degli esiti dei monitoraggi ambientali. Le modifiche dei parametri di processo avranno l'obiettivo di ottimizzare l'efficienza degli interventi di MSO in relazione alle modificazioni dello stato ambientale che avranno luogo nel corso delle attività.

Le attività di manutenzione prevedono quanto segue:

- manutenzione periodica delle macchine che saranno installate nei diversi impianti (compressori, pompe soffianti, pompe pneumatiche/elettrosommerse, eventuale combustore ecc.) secondo le specifiche indicate dalle case costruttrici delle medesime;
- verifica settimanale dell'integrità delle strutture impiantistiche e della tenuta delle tubazioni e dei raccordi;
- verifica quindicinale del corretto funzionamento degli impianti, in termini soprattutto di conformità ai parametri di processo che saranno ritenuti idonei, con esecuzione delle azioni correttive quando necessario;
- verifica mensile del corretto funzionamento dei sistemi di alimentazione, di controllo e di sicurezza degli impianti installati, tra cui si cita in particolare quanto segue:
  - quadri elettrici e di controllo;
  - impianti di SVE: dispositivi di attivazione/disattivazione pompa di scarico condensa dai decantatori, blocco soffiante per altissimo livello nei decantatori, valvole rompivuoto, valvole di sicurezza, vacuostati;
  - impianti di AS/BS: scaricatori automatici di condensa, valvole di sicurezza, blocco iniezione in caso di malfunzionamento impianto di SVE;
- sostituzione periodica dei carboni attivi agli impianti di AS/BS-SVE lungo la strada Ovest 4, sulla base delle tempistiche che saranno individuate in relazione ai rilievi di sito ed alle relative elaborazioni;
- interventi di manutenzione o sostituzione in caso di malfunzionamenti di alcune parti.

## **8 INTERVENTI POST DISMISSIONE IMPIANTI PRODUTTIVI**

Gli interventi di MSO dovranno essere protratti lungo tutto il periodo di esercizio delle attività produttive della Raffineria (a meno di eventuali raggiungimenti degli obiettivi di bonifica e della rimozione delle sorgenti di contaminazione).

Al momento attuale non è possibile prevedere quando le attività produttive della Raffineria saranno concluse e quando gli impianti produttivi saranno dismessi e smantellati. In relazione al fatto che presso la Raffineria sono in corso di costruzione nuovi impianti produttivi, è verosimile ipotizzare che la cessazione delle attività non avverrà entro breve termine.

Quando gli impianti produttivi saranno stati dismessi e smantellati, dovranno essere condotte specifiche indagini ambientali presso le aree ad oggi inaccessibili. Sulla base degli esiti di tali indagini potranno essere eventualmente definiti ulteriori interventi integrativi rispetto a quanto definito nel presente documento. Gli eventuali interventi integrativi saranno calibrati anche sulla base delle modificazioni dello stato ambientale del sito, che si saranno verificate con l'esercizio dei sistemi di MSO.

## **9 STRATEGIE DI GESTIONE DI EVENTUALI SVERSAMENTI ACCIDENTALI FUTURI**

Qualora in seguito all'eventuale approvazione del presente documento e degli obiettivi di bonifica in esso contenuti, si verificano ulteriori eventi di sversamento accidentale, saranno condotti gli interventi di MSE atti a rimuovere le sorgenti secondarie di contaminazione.

Saranno altresì condotte le indagini atte a definire lo stato ambientale residuale dell'area (a seguito delle attività di MSE), con la determinazione delle concentrazioni delle sostanze sversate nel terreno e/o nelle acque sotterranee.

Per definire se tali valori di concentrazione siano tali da rendere necessari ulteriori interventi di MSO/bonifica, alla luce di quanto definito nel D.Lgs. 152/2006, sarà redatta una analisi di rischio sito-specifica per la sola area interessata dall'evento accidentale: tale analisi di rischio sarà redatta in conformità all'analisi di rischio descritta nel presente documento, e sarà volta ad individuare le CSR specifiche per l'area interessata dall'evento accidentale. Dal confronto tra le CSR specifiche e le concentrazioni rilevate con le indagini sarà individuata la necessità di procedere con ulteriori interventi, che saranno descritti in apposita documentazione.



## **10 STIMA DELLE TEMPISTICHE DI INTERVENTO**

Una stima della tempistica di esecuzione degli interventi di MSO è riportata nel diagramma di Gantt allegato in Figura 8.

Il diagramma riporta, per ciascun intervento descritto in precedenza, la successione temporale delle attività previste. In considerazione della complessità dell'intervento, le tempistiche indicate sono da ritenersi come indicative.

Si possono distinguere, in linea generale, tre ambiti temporali principali:

1. i tempi legati all'esecuzione delle indagini integrative e delle prove propedeutiche di sito;
2. i tempi legati alla costruzione degli impianti di MSO;
3. i tempi di esercizio degli impianti di MSO.

Per quanto concerne il punto 3., l'esercizio degli impianti di MSO è contestuale all'esercizio delle attività produttive di Raffineria: come precisato in precedenza, non è al momento possibile prevedere la durata di questo ambito temporale (nella Figura 8, è stata riportata una previsione per i prossimi 10 anni, da ritenersi come indicativa). Le attività di MSO potranno eventualmente essere interrotte, previo accordo con le PP.AA., in seguito alla rimozione delle sorgenti di contaminazione ed al raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

Nel corso degli interventi di MSO, sulla base degli esiti dei monitoraggi periodici che saranno condotti, sarà eventualmente possibile procedere con ulteriori perfezionamenti della stima delle tempistiche.

## 11 STIMA DEI COSTI DI INTERVENTO

La stima di massima dei costi di realizzazione delle opere di MSO può essere così riassunta:

Voce di costo	Costo (Euro)
indagini integrative	227.000
impianto di recupero prodotto (Intervento 1a)	547.000
impianti di AS/BS-SVE (Intervento 2b)	1.039.000
<b>TOTALE</b>	<b>1.813.000</b>

Nelle Tabelle 3-5 sono riportate con maggiore dettaglio le stime relative alle diverse voci di costo.

Si precisa che i costi sopracitati non includono le opere già realizzate (es. barriera di AS/BS-SVE lungo la strada Ovest 4-Interventi 2c-2d ed impianto di recupero prodotto area valle impianti-Intervento 2a).

La stima di massima dei costi annui di manutenzione, monitoraggio ed esercizio degli impianti, comprensivi dei relativi monitoraggi ambientali periodici, è riportata nel seguito:

Voce di costo	Costo annuo (Euro)
impianti di recupero prodotto (Interventi 1a, 2a) (*)	50.000
impianti di AS/BS-SVE (Intervento 2b)	112.000
impianti di AS/BS-SVE (Intervento 2c, 2d)	344.000
monitoraggio attenuazione naturale (intervento 4a)	3.000
<b>TOTALE</b>	<b>509.000</b>

(\*) Sono esclusi i costi di trattamento delle miscele acqua/prodotto emunte.

Nella Tabella 6 è riportata con maggiore dettaglio la stima delle diverse voci di costo.

Si precisa che nel corso delle attività di MSO, a seguito delle modificazioni dello stato ambientale del sottosuolo, i costi di esercizio potranno subire sensibili variazioni.

**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

---

Ing. Natasa Lazovic  
(Environmental Engineer)

---


Ing. Rodolfo Chiastellaro  
(Environmental Engineer)

---

Dott. Andrea Longo  
(Chemist)

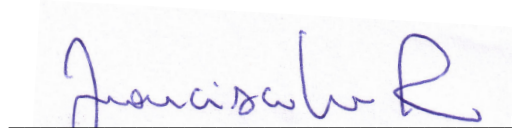
---

Dott. Geol. Filippo Piovano  
(Geologist)



---

Ing. Francesco Ducco  
(Project Director)



---

Ing. Riccardo Franciscono  
(Project Manager)

# **TABELLE**











Tabella 1 - RILIEVI PIEZOMETRICI

Pozzo di monitoraggio	Coordinate (mm) del sistema Raffineria		Quota assoluta (b.f.) BOCCA FORO (m s.l.m.)	Data: 15/19 dicembre 2003				Data: 24/28 maggio 2004				Data: marzo 2005			
	E	N		Soggiacenza da b.f. (m)		Quota Piez. (m s.l.m.)		Soggiacenza da b.f. (m)		Quota Piez. (m s.l.m.)		Soggiacenza da b.f. (m)		Quota Piez. (m s.l.m.)	
			HC	$\delta_{HC}$ (kg/litro)	H <sub>2</sub> O	(m s.l.m.)	HC	$\delta_{HC}$ (kg/litro)	H <sub>2</sub> O	(m s.l.m.)	HC	$\delta_{HC}$ (kg/litro)	H <sub>2</sub> O	(m s.l.m.)	
PM01	1189560	1777591	77,233			18,6	58,633			17,18	60,053			18,42	58,813
PM02	1433757	1765097	77,347			31,74	45,607			32	45,347			32,46	44,887
PM03	966173	1466880	58,834			37,36	21,474			36,72	22,114			37,17	21,664
PM04	2094940	1453768	54,906			11,9	43,006			11,96	42,946			13,62	41,286
PM05	988822	1050950	40,812			37,61	3,202			37,59	3,222			37,51	3,302
PM06	1551222	1113170	46,924			42,92	4,004			42,66	4,264			42,84	4,084
PM07	886867	357625	19,980			17,4	2,580			17,64	2,340			17,44	2,540
PM08	2113082	1176650	53,858			16,27	37,588			16,33	37,528			17,6	36,258
PM09	2404156	1270841	35,772			33	2,772			33,11	2,662			32,61	3,162
PM10	339212	908324	33,172			30,02	3,152			30,09	3,082			29,98	3,192
PM11	719224	908473	32,807			29,48	3,927			29,59	3,217			29,7	3,107
PM12	1096767	904253	36,909			33,6	3,309			33,74	3,169			33,7	3,209
PM13	1365491	904620	37,183			33,69	3,493			33,77	3,413			33,88	3,303
PM14	1603463	847245	37,999			34,38	3,619			34,48	3,519			34,31	3,689
PM15	1921759	843737	40,968			37,33	3,638			37,45	3,518			37,22	3,748
PM16	345322	608186	24,869			21,64	3,229			22,03	2,839			21,81	3,059
PM17	290513	229502	11,599			9,27	2,329			9,71	1,889			9,42	2,179
PM18	955040	609116	26,495	22,91	0,8	23,16	3,535	23,17	0,8	23,19	3,321	23,02	0,8	23,15	3,449
PM19	1480349	604377	29,308			25,09	4,218			25,16	4,148			25,14	4,168
PM20	1822120	604590	29,308			25,32	3,988			25,4	3,908			25,38	3,928
PM21	2161846	586877	24,395			20,54	3,855			20,64	3,755			20,54	3,855
PM22	2098305	843787	41,068			36,51	4,558			36,59	4,478			36,05	5,018
PM23	452715	222314	11,994			9,88	2,114			10,2	1,794			9,97	2,024
PM24	596799	219952	12,441			10,31	2,131			10,62	1,821			10,4	2,041
PM25	712998	219933	12,591			10,48	2,111			10,74	1,851			10,53	2,061
PM26	828754	219567	13,209			11,09	2,119			11,39	1,819			11,19	2,019
PM27	946096	219058	13,850			11,68	2,170			11,27	2,580			11,88	1,970
PM28	1085633	219006	14,296			11,9	2,396			11,95	2,346			12,04	2,256
PM29	1236494	219135	14,835			12,35	2,485			12,4	2,435			12,53	2,305
PM30	1369034	219621	15,395			12,7	2,695			12,76	2,635			12,89	2,505
PM31	1504444	254730	15,608			12,94	2,668			13,01	2,598			12,88	2,728
PM32	1558871	422730	20,784			16,7	4,084			16,78	4,004			17,15	3,634
PM33	1725839	457284	14,579			10	4,579			10,02	4,559			10,49	4,089
PM34	1822015	449060	14,603			10,37	4,233			10,39	4,213			10,63	3,973
PM35	1924533	454714	15,993			11,96	4,033			12,03	3,963			12,15	3,843
PM36	1983082	467808	19,470			15,49	3,980			15,55	3,920			15,64	3,830
PM37	2154551	506124	19,385			15,49	3,895			15,54	3,845			15,54	3,845
PM38	2248158	506970	17,631			13,7	3,931			13,82	3,811			13,8	3,831
PM39	1033856	355929	19,630			16,7	2,930			16,86	2,770				
PM40	765070	351734	19,831	17,18	0,67	17,74	2,466	17,58	0,67	18,09	2,083	17,59	0,67	17,61	2,221
PM41	1044834	609634	26,368	22,68	0,8	22,71	3,682	22,95	0,8	23,02	3,404	22,81	0,8	22,9	3,468
PM42	868228	609470	26,475	23,14	0,8	23,24	3,315	23,17	0,8	24,31	3,077	23,02	0,8	24	2,475
PM43	921134	219220	13,553			11,41	2,143			11,72	1,833			11,55	2,003
PM44	971188	219259	13,907			11,76	2,147			12,00	1,907			11,84	2,067
PM45	948879	202263	13,346			11,25	2,096			11,31	2,036			11,37	1,976
PM46	674963	351013	19,611	17,24	0,67	17,72	2,213	17,51	0,67	17,94	1,959	17,38	0,67	17,51	2,101
PM47	840378	357037	19,728	17,38	0,67	17,76	2,223	17,59	0,67	17,97	2,013	17,48	0,67	17,54	2,188
PM48	975171	680470	26,929			23,24	3,689			23,25	3,679	23,46	0,8	23,47	3,459
PM49	914144	680513	26,954	23,4	0,8	23,71	3,492	23,44	0,8	23,7	3,462	23,59	0,8	23,7	3,254
PM50	979051	609596	26,360	22,91	0,8	22,93	3,446	23,02	0,8	23,73	3,198	22,86	0,8	23,73	2,630
PM51	929921	609459	26,394	22,52	0,8	24,1	3,558	22,8	0,8	24,03	3,348	22,79	0,8	23,53	2,864
PM52	735210	351784	20,070	17,66	0,67	18,17	2,242	17,87	0,67	18,39	2,028			17,73	2,340
PM53	794353	356618	19,870	17,44	0,67	17,89	2,282	17,73	0,67	18,2	1,985	17,53	0,67	17,67	2,200
PM54	795287	304029	19,557			17,4	2,157			17,71	1,847			17,45	2,107
PM55	1094633	609819	26,333	22,49	0,8	23,15	3,711	22,76	0,8	23,75	3,375	22,7	0,8	23,21	3,123
PM56	818347	609968	26,416	22,8	0,8	24,92	3,192	23,04	0,8	25,09	2,966	22,96	0,8	23,9	2,516
PM57	1024999	680160	26,888	23,17	0,8	23,2	3,712	23,23	0,8	23,25	3,654	23,36	0,8	23,39	3,498
PM58	864282	680270	26,848	23,07	0,8	24,77	3,438	23,12	0,8	24,96	3,360	23,33	0,8	24,39	2,458
PM59	1864643	1010239	45,509			41,24	4,269			41,34	4,169			41,26	4,249
PM60	1246226	1074544	41,337			38,02	3,317			37,95	3,387			37,84	3,497
PM61	2094980	1020302	46,317			29,09	17,227			29,16	17,157			29,56	16,757
PM65	759093	610025	26,326	22,81	0,8	23,95	3,288	23	0,8	24,45	3,036	22,9	0,8	23,8	2,526
PM66	814702	680231	26,814	23,13	0,8	24,78	3,354	23,18	0,8	24,82	3,306	23,33	0,8	23,89	2,924
PM68	1144392	609624	26,317	22,41	0,8	22,68	3,853	22,79	0,8	22,93	3,499	22,64	0,8	22,82	3,497
PM69	735055	294221	19,672	17,4	0,67	18,02	2,067	17,5	0,67	18,79	1,746	17,26	0,67	18,48	1,192
PM70	885144	779224	27,848	24,18	0,8	25,04	3,496	24,23	0,8	25,79	3,306	24,26	0,8	25,1	2,748
PM71	1174699	680390	26,870	23,05	0,8	23,07	3,816	23,24	0,8	23,47	3,584	23,24	0,8	23,39	3,480
PM74	764282	680316	26,972	23,52	0,8	23,54	3,448	23,83	0,8	23,85	3,138	23,69	0,8	23,71	3,262
PM75	928820	202791	13,257			11,33	1,927			11,39	1,867			11,38	1,877
PM78	769314	202846	11,612			9,71	1,902			9,78	1,832			9,82	1,792
PM79	691986	680269	26,617			23,12	3,497			23,45	3,167			23,38	3,237
PM80	690348	609941	26,343			23,07	3,273	23,16	0,8	24	3,015	23,14	0,8	23,34	3,003
PM81	1240381	680051	27,856	24,12	0,8	24,14	3,732	24,22	0,8	24,24	3,632	24,28	0,8	24,61	3,246
PM82	1248076	609875	26,230			22,13	4,100			22,53	3,700			22,48	3,750
PM83	614694	505710	19,710			17,2	2,510			17,26	2,450			17,21	2,500
PM84	650153	351409	19,687	16,95	0,67	17,87	2,433			17,6	2,087	17,49	0,67	17,99	1,697
PM85	673413	331269	19,480			17,42	2,060			17,69	1,790			17,48	2,000
PM86	709956	351078	19,628	17,34	0,67	18,02	2,064	17,59	0,67	18,33	1,794	17,47	0,67	17,87	1,758
PM87	977760	360134	19,766			16,95	2,816			17,2	2,566			19,766	
PM88	841078	335024	19,585			17,54	2,045	17,58	0,67	18,33	1,758	17,43	0,67	17,98	1,605
PM89	887446	337522	19,593			17,22	2,373			17,47	2,123			17,27	2,323
PM90	893989	308909	19,360	17,04	0,67	17,91	2,033	17,29	0,67	18,19	1,773	17,16	0,67	17,82	1,540
PM91	178759	238600	11,340			9,08	2,260			9,52	1,820			9,12	2,220
PM92	348660	229529	11,607			9,66	1,947			10,09	1,517			9,83	1,777
PM93	848219	219581	13,090			11,17	1,920			11,47	1,620			11,31	1,780

Tabella 1 - RILIEVI PIEZOMETRICI

Pozzo di monitoraggio	Coordinate (mm) del sistema Raffineria		Quota assoluta (b.f.) BOCCA FORO (m s.l.m.)	Data: 13-17 marzo 2006			
	E	N		Soggiacenza da b.f. (m)			Quota Piez. (m s.l.m.)
				HC	δ <sub>HC</sub> (kg/litro)	H <sub>2</sub> O	
PM01	1189560	1777591	77,233			17,39	59,843
PM02	1433757	1765097	77,347			31,755	45,592
PM03	966173	1466880	58,834			36,955	21,879
PM04	2094940	1453768	54,906			12,218	42,688
PM05	988822	1050950	40,812			36,995	3,817
PM06	1551222	1113170	46,924			41,745	5,179
PM07	886867	357625	19,980			16,97	3,010
PM08	2113082	1176650	53,858			15,21	38,648
PM09	2404156	1270841	35,772			31,59	4,182
PM10	339212	908324	33,172				
PM11	719224	908473	32,807			28,95	3,857
PM12	1096767	904253	36,909	32,85	0,8	32,86	4,057
PM13	1365491	904620	37,183			32,728	4,455
PM14	1603463	847245	37,999			33,47	4,529
PM15	1921759	843737	40,968			36,33	4,638
PM16	345322	608186	24,869			21,322	3,547
PM17	290513	229502	11,599			9,05	2,549
PM18	955040	609116	26,495	22,4	0,8	22,41	4,093
PM19	1480349	604377	29,308			24,31	4,998
PM20	1822120	604590	29,308			24,315	4,993
PM21	2161846	586877	24,395			19,615	4,780
PM22	2098305	843787	41,068			34,75	6,318
PM23	452715	222314	11,994			9,628	2,366
PM24	596799	219952	12,441			10,038	2,403
PM25	712998	219933	12,591				
PM26	828754	219567	13,209				
PM27	946096	219058	13,850				
PM28	1085633	219006	14,296			11,694	2,602
PM29	1236494	219135	14,835				
PM30	1369034	219621	15,395			12,38	3,015
PM31	1504444	254730	15,608			12,25	3,358
PM32	1558871	422730	20,784			16,202	4,582
PM33	1725839	457284	14,579			9,55	5,029
PM34	1822015	449060	14,603			9,645	4,958
PM35	1924533	454714	15,993			11,17	4,823
PM36	1983082	467808	19,470			14,67	4,800
PM37	2154551	506124	19,385			14,602	4,783
PM38	2248158	506970	17,631			12,83	4,801
PM39	1033856	355929	19,630				
PM40	765070	351734	19,831	17,66	0,67	17,72	2,151
PM41	1044834	609634	26,368	22,06	0,8	22,34	4,252
PM42	868228	609470	26,475	23,32	0,8	24,29	2,961
PM43	921134	219220	13,553			11,27	2,283
PM44	971188	219259	13,907				
PM45	948879	202263	13,346				
PM46	674963	351013	19,611			17,66	1,951
PM47	840378	357037	19,728	17,70	0,67	18,02	1,922
PM48	975171	680470	26,929	22,8	0,8	23,86	3,917
PM49	914144	680513	26,954	22,98	0,8	23,13	3,944
PM50	979051	609596	26,360	22,4	0,8	22,41	3,958
PM51	929921	609459	26,394	22,25	0,8	22,27	4,140
PM52	735210	351784	20,070	17,88	0,67	18,00	2,150
PM53	794353	356618	19,870			17,75	2,120
PM54	795287	304029	19,557			17,00	2,557
PM55	1094633	609819	26,333	22,00	0,8	22,43	4,247
PM56	818347	609968	26,416	22,91	0,8	23,02	3,484
PM57	1024999	680160	26,888	22,65	0,8	22,75	4,218
PM58	864282	680270	26,848	22,92	0,8	23,29	3,854
PM59	1864643	1010239	45,509			39,885	5,624
PM60	1246226	1074544	41,337			37,15	4,187
PM61	2094980	1020302	46,317			27,59	18,727
PM65	759093	610025	26,326	22,67	0,8	22,71	3,648
PM66	814702	680231	26,814	22,96	0,8	23,53	3,740
PM68	1144392	609624	26,317	21,93	0,8	21,97	4,379
PM69	735055	294221	19,672			17,78	1,892
PM70	885144	779224	27,848	23,86	0,8	24,12	3,936
PM71	1174699	680390	26,870	22,48	0,8	22,58	4,370
PM74	764282	680316	26,972	23,16	0,8	23,18	3,808
PM75	928820	202791	13,257				
PM78	769314	202846	11,612				
PM79	691986	680269	26,617			22,84	3,777
PM80	690348	609941	26,343	22,56	0,8	22,88	3,719
PM81	1240381	680051	27,856	23,54	0,8	23,78	4,268
PM82	1248076	609875	26,230			21,72	4,510
PM83	614694	505710	19,710			16,77	2,940
PM84	650153	351409	19,687	17,06	0,67	17,46	2,495
PM85	673413	331269	19,480			17,02	2,460
PM86	709956	351078	19,628	16,99	0,67	17,28	2,542
PM87	977760	360134	19,766				
PM88	841078	335024	19,585	16,93	0,67	17,58	2,441
PM89	887446	337522	19,593			16,87	2,723
PM90	893989	308909	19,360	17,35	0,67	18,01	1,792
PM91	178759	238600	11,340			8,822	2,518
PM92	348660	229529	11,607			9,46	2,147
PM93	848219	219581	13,090				
PM94	867815	219670	13,176			11,147	2,029
PM95	887326	219647	13,439				
PM96	906655	219639	13,419				
PM97	926444	219797	13,501				
PM98	965515	219715	13,760			11,68	2,080
PM99	985201	219679	13,765				
PM100	1005008	219619	13,791				
PM101	1024480	219567	13,810			11,585	2,225
PM102	1045143	219613	13,901				
PM102bis	1046085	219613	13,885				
PM103	1064847	219597	13,996				
PM106	2129280	682036	30,468			25,73	4,738
PM107	2093818	682150	30,433			25,685	4,748
PM108	1921247	682048	30,356			25,693	4,663
PM109	732705	219683	12,446				
PM110	753417	219411	12,468				
PM111	1475542	249076	15,156			11,82	3,336
PM113	910852	705339	26,849	22,73	0,8	24,13	3,839
PM114	1500131	267745	15,591			11,96	3,631
PM115	773637	219688	12,560			10,385	2,175
PM118	1145416	219506	14,560			12,02	2,540
PM121	1207680	219623	14,754			12,202	2,552
PM123	1271152	219391	15,037			12,35	2,687
PM125	692940	219761	12,396			10,255	2,141
PM128	632946	219560	12,254			10,095	2,159
PMA	816480	219720	12,882			10,7	2,182
PMB	808750	219451	12,785				
PMC	793899	219608	12,710				
PMD	823532	207956	12,018				
PME	803795	207810	11,663				
PMF	843732	208024	12,081				
PMG	814363	224605	12,862				

Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERANEE

Denominazione campione Parametri	U.M.	CSC D.Lgs. 152/06	PM1				PM2				PM3				PM4				PM5				PM6				PM7									
			13/02/01	28/11/02	30/04/03	19/01/04	21/12/04	13/02/01	10/12/02	30/04/03	19/01/04	20/12/04	14/02/01	28/11/02	30/04/03	19/01/04	22/12/04	14/02/01	29/11/02	30/04/03	20/01/04	22/12/04	14/04/01	10/12/02	29/04/03	24/07/03	22/07/03	20/01/04	11/01/05	04/04/01	29/11/02	02/05/03	19/02/04	11/01/05	17/02/04	11/02/05
Data di prelievo			7,76	9,28			12,52	7,19	7,12		7,77	7,04	5,84		7,38	7,13	7,51				11,21	7,24	6,96					7,11	7,47	6,99				7,55		7,23
pH	unità pH																																			
Ammoniaca (ione ammonio)	µg/l		0,11	270		209	370	0,12	40		20	<20	0,28	<20		30	0,11	<20		35	20	<0,02	90				64	<20	0,03	20				40		40
Antimonio	µg/l	5	<1	<1				<1	<1				<1	<1			<1	<1																		
Argento	µg/l	10		<0,1										<0,1				<0,1																		
Arsenico	µg/l	10	2	<1	<1	<0,1	0,4	<1	<1	<1	<0,1	0,6	5	<1	1	1,2	1,1	6	9	2	2,2	1	<1	1	<1		<0,1	0,8	<1	<1	<1	2,3	0,3	1,3	2,4	
Berillio	µg/l	4	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1			<0,1	<0,1																		
Cadmio	µg/l	5	<0,05	<0,05				<0,05	<0,05				<0,05	<0,05			0,44	<0,05					<0,05	<0,05					<0,05	<0,05						
Cromo totale	µg/l	50	<2	<2				<2	5				<2	5			<2	3				<2	<2					<2	<2							
Cromo esavalente	µg/l	5	<1	<1				<1	<1				<1	<1			<1	<1				<1	<1					<1	<1							
Mercurio	µg/l	1	<0,05	<0,05	0,11	0,39	0,17	<0,05	0,15	0,11	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	0,05	0,25	<0,05			<0,05	<0,05	0,07	0,26	0,09	0,08	<0,05	0,87	0,07	
Piombo	µg/l	10	<0,7	<0,7	<0,7	<0,1	0,5	<0,7	<0,7	2,1	<0,1	<0,1	<0,7	<0,7	1,5	<0,1	0,8	<0,7	<0,7	<0,1	<0,1	0,8	<0,7	<0,7	<0,1	1,9	<0,7	<0,7	1,4	0,8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	
Rame	µg/l	1000	<2	<2				<2	<2				<2	<2			<2	<2				<2	<2					<2	<2							
Selenio	µg/l	10	<2	2	<2	<0,1	1,8	<2	<2	<2	<0,1	1,6	<2	<2	<2	<0,1	0,8	<2	<2	<2	<0,1	0,4	<2	<2	<0,1	0,9	<2	<2	<2	0,3	0,6	3,7	6,2			
Vanadio	µg/l		5	<2	<2	<0,1	1,9	4	5	6	3,1	4,6	<2	<2	<2	<0,1	1,2	12	6	16	14,1	10	<2	<2	<2	<0,1	0,4	6	7	8	5	8,5	3,6	3,8		
Zinco	µg/l	3000	6	5				8	1				9	6				8	1			14	2					18	12							
Idrocarburi totali (come n-esano)	µg/l	350	<10	16	<10	<10	<1	50	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	90880	863	
Idrocarburi totali da C6 a C10 (come n-esano)	µg/l																																			
Idrocarburi totali da C10 a C40 (come n-esano)	µg/l																																			
AROMATICI	---																																			
Benzene	µg/l	1	<0,1	<0,1	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3824	<0,1
Etilbenzene	µg/l	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	313	<1
Stirene	µg/l	25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	15	<1
Toluene	µg/l	15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1433	<1
para-Xilene	µg/l	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	578	4	
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)	---																																			
Naftalene	µg/l			<0,1					<0,1					<0,1																<0,1						
Acenaftilene	µg/l			<0,1					<0,1					<0,1																<0,1						
Acenafte	µg/l			<0,1					<0,1					<0,1																<0,1						
Fluorene	µg/l			<0,1					<0,1					<0,1																<0,1						
Fenantrene	µg/l			<0,1					<0,1					<0,1																<0,1						
Antracene	µg/l			<0,1					<0,1					<0,1																<0,1						
Fluorantene	µg/l			<0,1					<0,1					<0,1																<0,1						
Pirene	µg/l	50	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1					<0,1	<0,1														<0,1	<0,1						
Benzo[a]antracene	µg/l	0,1	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01					<0,01	<0,01														<0,01	<0,01						
Chisene	µg/l	5	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1					<0,1	<0,1														<0,1	<0,1						
Benzo[b]fluorantene (A)	µg/l	0,1	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01					<0,01	<0,01														<0,01	<0,01						
Benzo[k]fluorantene (B)	µg/l	0,05	<0,005	<0,005				<0,005	<0,005					<0,005	<0,005														<0,005	<0,005						
Benzo[b]+Benzo[k]fluorantene (A+B)	µg/l																																			
Benzo[a,h]perilene (C)	µg/l	0,01	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001					<0,001	<0,001														<0,001	<0,001						
Benzo[a]pirene	µg/l	0,01	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001					<0,001	<0,001														<0,001	<0,001						
Indeno[1,2,3-cd]pirene (D)	µg/l	0,1	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01					<0,01	<0,01														<0,01	<0,01						
Dibenzo[a,h]antracene	µg/l	0,01	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001					<0,001	<0,001														<0,001	<0,001						



Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERRANEE

Table with columns for Denominazione campione Parametri, U.M., CSC D.Lgs. 152/06, and various sampling dates (PM14 to PM21) for parameters like pH, Ammoniaci, Aromatici, Clorometano, and PCB.

Concentrazione superiore alla rispettiva CSC del D.Lgs. 152/06
Concentrazione di Ammoniaci superiore a 500 µg/l
Concentrazione di idrocarburi alifatici lineari di origine petrolifera C10-C40 superiore a 10 µg/l

Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERRANEE

Denominazione campione Parametri	U.M.	CSC D.Lgs. 152/06	PM22				PM23				PM24				PM25				PM26								PM27														
			02/01/01	02/12/02	29/04/03	26/01/04	23/03/05	02/02/01	10/12/02	18/04/03	22/01/04	26/01/05	02/02/01	03/12/02	16/04/03	24/07/03	22/07/03	22/01/04	13/01/05	02/02/01	17/12/02	09/05/03	12/02/04	27/01/05	13/02/01	17/12/02	13/05/03	15/07/03	02/09/03	01/10/03	18/11/03	04/02/04	19/01/05	06/02/06	21/08/06	03/02/04	08/02/05	06/03/06	21/08/06		
Data di prelievo			7,2	7,38		7,46	7,11	6,92		6,98	6,75	6,87				7,14	6,75	6,94			6,74	6,73	6,89									6,95			<20	173	20	<20	<20		
pH	unità pH																																								
Ammoniaca (ione ammonio)	µg/l		0,09	<20	<20	40	3,18	1710		752	153	0,19	980			22	30	0,42	50		70	0,64	860								428	20			<20	173	20	<20	<20		
Antimonio	µg/l	5	<1	5			<1	<1										<1	<1			<1	<1																		
Argento	µg/l	10		<0,1				<0,1											<0,1																						
Arsenico	µg/l	10	2	7	6	1,3	3,5	17	16	3	4,1	4	2	3	3																										
Berillio	µg/l	4	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1					<0,1	<0,1																						
Cadmio	µg/l	5	0,12	<0,05			<0,1	0,05	<0,05			0,08	<0,05					<0,05	<0,05																						
Cromo totale	µg/l	50	<2	<2			1,5	<2	4									<2	9																						
Cromo esavalente	µg/l	5	<1	<1			<0,5	<1	<1									<1	<1																						
Mercurio	µg/l	1	<0,05	0,07	<0,05	0,28	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,07	0,33	0,05				<0,05	0,14	0,06	0,54	0,57	<0,05	<0,05	0,13					0,18	0,14			0,37	<0,05						
Piombo	µg/l	10	<0,7	<0,7	<0,7	0,2	0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	0,1	<0,7	0,7	<0,7			<0,7	0,7	<0,7	1,4	0,3	0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7				0,1	0,3	<0,1	0,3	<0,1	0,3	<0,1	0,1	0,2		
Rame	µg/l	1000	<2	<2			2,2	4	18			2	12					<2	<2																						
Selenio	µg/l	10	<2	<2	<2	1,6	2,7	<2	4	<2	<0,1	2,6	<2	16	16																										
Vanadio	µg/l	2	2	5	4	3,2	6,7	<2	<2	<2	<0,1	0,6	3	7	2																										
Zinco	µg/l	3000	5	3			3,1	21	11			71	10					5	2																						
Idrocarburi totali (come n-esano)	µg/l	350	<10	<10	<10	<10	45	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10																										
Idrocarburi totali da C6 a C10 (come n-esano)	µg/l																																								
Idrocarburi totali da C10 a C40 (come n-esano)	µg/l																																								
AROMATICI																																									
Benzene	µg/l	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			31140	23,4	511	<0,1	<0,1	24956	18590	15285	9842	9901	1477	<0,1	<0,1		66,3	<0,1	<0,1	<0,1	16735	3452	<0,1	<0,1		
Etilbenzene	µg/l	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			624	<1	10	<1	<1	706	707	257	183	8	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	817	<1	<1	<1	<1	
Stirene	µg/l	25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
Toluene	µg/l	15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			8379	<1	1	<1	5899	4246	3323	1771	658	47	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	8277	270	<1	<1	<1		
para-Xilene	µg/l	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			947	<1	6	<1	<1	1015	1559	748	723	493	23	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1293	5	<1	<1	<1		
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)																																									
Naftalene	µg/l		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1																						
Acenafilene	µg/l		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1																						
Acenafilene	µg/l		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1																						
Fluorene	µg/l		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1																						
Fenantrene	µg/l		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1																						
Antracene	µg/l		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1																						
Fluorantene	µg/l		<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1																						
pirene	µg/l	50	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1	<0,1																					
Benzo[a]antracene	µg/l	0,1	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01						<0,01	<0,01																					
Crusene	µg/l	5	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						<0,1	<0,1																					
Benzo[b]fluorantene (A)	µg/l	0,1	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01	<0,01			<0,01	<0,01						<0,01	<0,01																					
Benzo[k]fluorantene (B)	µg/l	0,05	<0,005	<0,005			<0,005	<0,005	<0,005			<0,005	<0,005						<0,005	<0,005																					
Benzo[b]+Benzo[k]fluorantene (A+B)	µg/l																																								
Benzo[ghi]perilene (C)	µg/l	0,01	<0,001	<0,001			<0,001	<0,001	<0,001			<0,001	<0,001						<0,001	<0,001																					
Benzo[aj]pirene	µg/l	0,01	<0,001	<0,001																																					



Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERRANEE

Denominazione campione Parametri	U.M.	CSC D.Lgs. 152/06	PM35					PM36					PM37					PM38					PM39					
			02/02/01	04/12/02	08/05/03	27/01/04	18/01/05	02/02/01	05/12/02	07/05/03	28/01/04	20/01/05	02/02/01	12/12/02	05/05/03	28/01/04	20/01/05	13/02/01	12/12/02	05/05/03	26/01/04	19/01/05	14/02/01	11/12/02	10/04/03	09/05/03	12/02/04	
pH	unità pH		7,16	7,23			7,02	7,02	6,97		7,13	7,02	7,17		7,18	6,98	7,03			7,02	7,04	7,06						
Ammoniaca (ione ammonio)	µg/l		0,18	<20		<20	<20	0,85	20		20	<20	1,68	20		<20	20		<20	<20	0,67	270						
Antimonio	µg/l	5	1	<1									<1	<1			<1				<1	<1						
Argento	µg/l	10	-	<0,1									<1	<0,1			<1				<1	<0,1						
Arsenico	µg/l	10	5	<1	<1	0,8	0,7	<b>21</b>	<1	<1	0,8	0,8	3	1	2	0,7	0,6	<1	2	3	1,6	2,2	2	<1		3	1,4	
Berillio	µg/l	4	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1			<0,1	<0,1			<0,1	<0,1						
Cadmio	µg/l	5	<0,05	<0,05				<0,05	<0,05				<0,05	<0,05			0,09	<0,05			<0,05	<0,05						
Cromo totale	µg/l	50	<2	3									<2	4			<2	3			<2	3						
Cromo esavalente	µg/l	5	<1	<1				<1	<1				<1	<1			<1	<1			<1	<1						
Mercurio	µg/l	1	<0,05	<0,05	<0,05	0,3	0,11	<0,05	<0,05	0,08	0,33	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,32	0,1	<0,05	0,06	0,07	0,31	0,1	<0,05	<0,05		0,09	0,43	
Piombo	µg/l	10	<0,7	<0,7	<0,7	0,1	0,2	1,2	<0,7	<0,7	<0,1	0,2	0,8	<0,7	3,8	0,1	0,2	1,4	<0,7	1,2	<0,1	0,1	<0,7	<0,7		<0,7	<0,1	
Rame	µg/l	1000	<2	<2				2	<2			<2	<2				4	6			<2	<2						
Selenio	µg/l	10	<2	2	2	2,3	2	<2	<2	0,9	0,8	<2	<2	<2	1,4	1,5	<2	9	<b>23</b>	<b>6,2</b>	<b>16,7</b>	<2	<2		2	1,2		
Vanadio	µg/l		<2	<2	<2	1,4	2,1	<2	<2	1,1	1,3	<2	4	3	1	1,2	2	25	40	21,9	34,7	<2	5		<2	1,3		
Zinco	µg/l	3000	10	43			5	4				8	22				18	8			8	2						
Idrocarburi totali (come n-esano)	µg/l	350	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<b>764</b>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<b>367</b>	110				<b>534</b>	<b>555</b>	
Idrocarburi totali da C6 a C10 (come n-esano)	µg/l																											
Idrocarburi totali da C10 a C40 (come n-esano)	µg/l																											
AROMATICI	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Benzene	µg/l	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<b>22</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<b>24,6</b>		<b>437</b>	<0,1	
Etilbenzene	µg/l	50	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Stirene	µg/l	25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg/l	15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<b>35</b>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	
para-Xilene	µg/l	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<b>106</b>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	<1	
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Naftalene	µg/l		<0,1					<0,1					<0,1					<0,1						<0,1				
Acenattilene	µg/l		<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					
Acenafte	µg/l		<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					
Fluorene	µg/l		<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					
Fenantrene	µg/l		<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					
Antracene	µg/l		<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					
Fluorantene	µg/l		<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					<0,1					
Pirene	µg/l	50	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				
Benzo(a)antracene	µg/l	0,1	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				
Crisene	µg/l	5	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				
Benzo(b)fluorantene (A)	µg/l	0,1	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				
Benzo(k)fluorantene (B)	µg/l	0,05	<0,005	<0,005				<0,005	<0,005				<0,005	<0,005				<0,005	<0,005				<0,005	<0,005				
Benzo(b)+Benzo(k)fluorantene (A+B)	µg/l		<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				
Benzo(g,h)perilene (C)	µg/l	0,01	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				
Benzo(a)pirene	µg/l	0,01	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				
Indeno(1,2,3-cd)pirene (D)	µg/l	0,1	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				
Dibenzo(a,h)antracene	µg/l	0,01	<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				
Sommatoria (A,B,C,D)	µg/l	0,1	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				
Clorometano	µg/l	1,5	<0,3	<0,3				<0,3	<0,3				<0,3	<0,3				<0,3	<0,3				<0,3	<0,3				
Triclorometano	µg/l	0,15	<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				
Cloruro di vinile	µg/l	0,5	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				
1,2-Dicloroetano	µg/l	3	<0,5	<0,5				<0,5	<0,5				<0,5	<0,5				<0,5	<0,5				<0,5	<0,5				
1,1-Dicloroetilene	µg/l	0,05	<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				
1,2-Dicloropropano	µg/l	0,15	<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				<0,03	<0,03				
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	0,2	<0,05	<0,05				<0,05	<0,05				<0,05	<0,05				<0,05	<0,05				<0,05	<0,05				
Tricloroetilene	µg/l	1,5	<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	0,001	<0,0005	<0,0005				<0,0005	<0,0005				<0,0005	<0,0005				&										



Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERRANEE

Denominazione campione Parametri	U.M.	CSC D.Lgs. 152/06	PM43				PM44				PM45				PM48		PM54				PM59				PM60				PM61								
			09/04/03	13/05/03	02/02/04	08/02/05	02/02/04	11/02/05	13/02/01	04/04/01	06/12/02	28/04/03	12/02/04	01/02/05	05/05/06	17/02/04	14/02/05	01/03/01	17/12/02	13/05/03	13/02/04	03/02/05	04/04/01	11/12/02	08/05/03	30/01/04	21/01/05	04/04/01	19/12/02	09/05/03	28/01/04	25/01/05	04/04/01	06/12/02	09/05/03	28/01/04	20/01/05
Data di prelievo																																					
pH	unità pH				7		7,27	-	7,45			7,1		6,69	7,36	6,82				6,96	6,02	7			7,36	7,24	7,10			7,54	6,98	7,04			7,06		
Ammoniaca (ione ammonio)	µg/l			412	50	990	500	0,35	-	100		240	<20		410	<0,02	390			750	0,98	3170		<20	190	0,07	20		39	70	0,6	20		21	<20		
Antimonio	µg/l	5		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
Argento	µg/l	10							<0,1													<0,1					<0,1								<0,1		
Arsenico	µg/l	10	16	9,1	8,4	4,4	9,9	8	-	2	17	1,9	3,7	29,5	7,3	1,3	18	28	10	9,2	5,1	3	7	4	2,9	5,8	2	<1	<1	2	1,6	1	<1	<1	0,7	0,4	
Berillio	µg/l	4						<0,1	-	<0,1						<0,1	<0,1					<0,1					<0,1									<0,1	
Cadmio	µg/l	5						<0,05	-	<0,05						<0,05	<0,05				0,05	<0,05				<0,05	<0,05			<0,05	<0,05				<0,05		
Cromo totale	µg/l	50						<2	-	7						<2	<2				5	4				<2	<2			<2	<2				<2		
Cromo esavalente	µg/l	5						<1	-	<1						<1	<1				<1	<1				<1	<1			<1	<1				<1		
Mercurio	µg/l	1	0,25	0,6	0,07	0,15	0,05	<0,05	-	0,13	<0,05	0,49	<0,05	0,5	<0,05	0,06	0,12	0,07	0,31	<0,05	0,06	0,12	<0,05	0,41	<0,05	0,07	0,19	0,14	0,29	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,28	0,09		
Piombo	µg/l	10	<0,7	<0,1	<0,1	0,2	0,9	<0,7	<0,7	<0,7	<0,1	0,2	0,5	0,4	0,5	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,1	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,1	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7		
Rame	µg/l	1000						<2	-	4						3	4				6	5				<2	<2			<2	<2				<2		
Selenio	µg/l	10	<2	0,8	1,2	2,9	3,5	<2	-	6	3	1	3,3	1	2,8	<2	<2	3	0,6	6,4	<2	<2	<2	0,8	0,8	<2	<2	<2	0,3	0,8	<2	<2	1,1	0,7			
Vanadio	µg/l	10	<2	0,7	0,3	1	3	<2	-	4	2	0,2	0,1	10,9	1,1	9	<2	<2	0,4	1,2	3	2	6	3,6	8,2	<2	<2	6	38,3	25,4	3	5	6	4,4	6		
Zinco	µg/l	3000						9	-	6						35	22				99	32					28	7		39	6			39	6		
Idrocarburi totali (come n-esano)	µg/l	350	56798	28445	18243	34428	<1	207	<10	<10	180	1430	4351	429	55821	839	27886	31761	3333	6468	10168	354	<10	<10	<10	<1	1818	48	<10	<10	<1	<10	<10	<10	<1		
Idrocarburi totali da C6 a C10 (come n-esano)	µg/l																																				
Idrocarburi totali da C10 a C40 (come n-esano)	µg/l																																				
AROMATICI	---																																				
Benzene	µg/l	1	34223	19978	16117	6912	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	522	1570	<0,1	3889	<0,1	8827	30962	2784	3389	6373	<0,1	2,4	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Etilbenzene	µg/l	50	543	104	<1	45	<1	<1	<1	6	7	54	<1	94	<1	83	16	6	35	335	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Stirene	µg/l	25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Toluene	µg/l	15	6401	1591	1431	5042	<1	<1	<1	<1	8	<1	<1	54	<1	1823	89	29	85	65	<1	<1	<1	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
para-Xilene	µg/l	10	1056	267	54	987	<1	<1	<1	2	3	38	<1	<1	985	109	19	10	259	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)	---																																				
Naftalene	µg/l	1							<0,1								<0,1					<0,1					<0,1										
Acenafilene	µg/l	1							<0,1								<0,1					<0,1					<0,1										
Acenafrene	µg/l	1							<0,1								<0,1					<0,1					<0,1										
Fluorene	µg/l	1							<0,1								<0,1					<0,1					<0,1										
Fenantrene	µg/l	1							<0,1								<0,1					<0,1					<0,1										
Antracene	µg/l	1							<0,1								<0,1					<0,1					<0,1										
Fluorantene	µg/l	1							<0,1								<0,1					<0,1					<0,1										
Pirene	µg/l	50						<0,1	-	<0,1						<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1										
Benzo[a]antracene	µg/l	0,1						<0,01	-	<0,01						<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01										
Crisene	µg/l	5						<0,1	-	<0,1						<0,1	<0,1				<0,1	<0,1				<0,1	<0,1										
Benzo(b)fluorantene (A)	µg/l	0,1						<0,01	-	<0,01						<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01										
Benzo(k)fluorantene (B)	µg/l	0,05						<0,005	-	<0,005						<0,005	<0,005				<0,005	<0,005				<0,005	<0,005										
Benzo(b)+Benzo(k)fluorantene (A+B)	µg/l																																				
Benzo(g,h)perilene (C)	µg/l	0,01						<0,001	-	<0,001						<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001										
Benzo[a]pirene	µg/l	0,01						<0,001	-	<0,001						<0,001	<0,001				<0,001	<0,001				<0,001	<0,001										
Indeno[1,2,3-cd]pirene (D)	µg/l	0,1						<0,01	-	<0,01						<0,01	<0,01				<0,01	<0,01				<0,01	<0,01										
Dibenzo[a,h]antracene	µg/l	0,01						<0,001	-	<0,001						<0,001	<0,001				<0,001	<0,001															



Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERRANEE

Table with columns: Denominazione campione Parametri, U.M., CSC D.Lgs. 152/06, and sampling points PM94 through PM107. Rows list various parameters like pH, Ammoniaca, Arsenico, Benzene, etc., with corresponding data values. Some values are highlighted in green or grey to indicate specific compliance or concentration levels.

Concentrazione superiore alla rispettiva CSC del D.Lgs. 152/06
Concentrazione di Ammoniaca superiore a 500 µg/l
Concentrazione di idrocarburi alifatici lineari di origine petrolifera C10-C40 superiore a 10 µg/l

Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERRANEE

Denominazione campione Parametri	U.M.	CSC D.Lgs. 152/06	PM108	PM111	PM114	PM125	PMA			PMB			PMC					PMD															
			21/03/05	29/04/05	28/04/05	23/08/06	10/02/04	24/01/05	29/12/05	10/02/04	24/01/05	29/12/05	21/07/03	05/09/03	01/10/03	21/11/03	10/02/04	04/02/05	06/03/06	21/08/06	21/07/03	05/09/03	29/09/03	20/11/03	11/02/04	01/02/05	20/01/06	06/02/06	03/03/06				
Data di prelievo			7,75	7,36	6,94		7,43	7		7,65	7,2					6,85									7,2			7,3					
pH	unità pH		220	<20	5650	<20	<20	380	<20	20	<1				1022	810	570	20						206	50	20	510	120					
Ammoniaca (ione ammonio)	µg/l							<1		<1																		<1					
Antimonio	µg/l	5						<5		<5																		<5					
Argento	µg/l	10						<1		<1																		<1					
Arsenico	µg/l	10	2,2	1,3	6,5	5,7	2,2	13,1	3,64	2,6	5	2,78	22	9,8	13,9	2,2	3,4	1,3	8,2	9,7	27	13,6	11,5	4	2,4	1,2	1,1	1,1	0,7				
Berillio	µg/l	4	< 0,1					<5		<5																		<0,5					
Cadmio	µg/l	5	< 0,1					<1		<1																		<1					
Cromo totale	µg/l	50	2,2					<1		1																		<1					
Cromo esavalente	µg/l	5	< 0,5					0,3		<0,25																		<1					
Mercurio	µg/l	1	< 0,05	< 0,05	< 0,05		0,15	0,07	<0,15	0,19	<0,05	0,49			0,34	0,64									0,19	<0,05		<0,15					
Piombo	µg/l	10	0,4	0,3	0,6	0,4	<0,1	0,2	<1	<0,1	<0,1	<1			<1	<0,1	0,2	0,2							<0,1	0,2	<0,1	2,5	0,8				
Rame	µg/l	1000	2					<20		<20																		<20					
Selenio	µg/l	10	4,7	3,5	2,1	0,1	1,3	3,2	<2	2,4	2,2	<2			1,4	2,1	<0,1	0,4							1,2	0,8	0,2	<2	0,2				
Vanadio	µg/l	1	1,2	5,4	1		0,5	<0,1	<1	2,1	0,1	1,63			0,2	0,1									0,5	0,7	1,1	2,99					
Zinco	µg/l	3000	3,8					<100		<100																		<100					
Idrocarburi totali (come n-esano)	µg/l	350	<10	<10	12017	<1	<10	5	1293	<10	<1	298	13735	15918	6073	1965	13261	3285	1033	<1				3084	755	1236	23	165	9	<10	<50	<10	
Idrocarburi totali da C6 a C10 (come n-esano)	µg/l																													<10			
Idrocarburi totali da C10 a C40 (come n-esano)	µg/l																													<10			
AROMATICI	---																																
Benzene	µg/l	1	< 0,1	< 0,1	44,9	<0,1	<0,1	<0,1	507	<0,1	<0,1	299	4803	11722	2272	1111	1454	2422	213	<0,1				2276	715	1066	22,6	<0,1	0,1	2	6,6	1,1	
Etilbenzene	µg/l	50	< 1	< 1	< 1	<1	<1	<1	<0,2	<1	<1	<1	337	163	64	<1	<1	<1	7	<1			95	1	21	<1	<1	<1	<1	<1	<0,2	<1	
Stirene	µg/l	25	< 1	< 1	< 1	<1	<1	<1	<0,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,2	<1	
Toluene	µg/l	15	< 1	< 1	< 1	<1	<1	<1	0,3	<1	<1	<0,2	1181	1905	540	75	707	14	<1	<1			6	1	2	<1	<1	<1	<1	0,5	<1		
para-Xilene	µg/l	10	< 1	< 1	1147	<1	<1	<1	0,8	<1	<1	0,7	324	567	143	145	393	6	<1	<1			<1	2	2	<1	<1	<1	<1	<0,5	<1		
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)	---																																
Naftalene	µg/l		< 0,1																														
Acenafilene	µg/l		< 0,1																														
Acenafte	µg/l		< 0,1																														
Fluorene	µg/l		< 0,1																														
Fenantrene	µg/l		< 0,1																														
Antracene	µg/l		< 0,1																														
Fluorantene	µg/l		< 0,1																														
pirene	µg/l	50	< 0,1					<0,01		<0,01		<0,01																				<0,01	
Benzo(a)antracene	µg/l	0,1	< 0,01					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Crisene	µg/l	5	< 0,1					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Benzo(b)fluorantene (A)	µg/l	0,1	< 0,01					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Benzo(k)fluorantene (B)	µg/l	0,05	< 0,005					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Benzo(b)+Benzo(k)fluorantene (A+B)	µg/l							<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Benzo(g,h)perilene (C)	µg/l	0,01	< 0,001					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Benzo(a)pirene	µg/l	0,01	< 0,001					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Indeno(1,2,3-cd)pirene (D)	µg/l	0,1	< 0,01					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Dibenzo(a,h)antracene	µg/l	0,01	< 0,001					<0,01		<0,01		<0,01																			<0,01		
Sommatoria (A,B,C,D)	µg/l	0,1	< 0,01					<0,05		<0,05		<0,05																			<0,05		
Clorometano	µg/l	1,5						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
Triclorometano	µg/l	0,15						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
Cloruro di vinile	µg/l	0,5						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
1,2-Dicloroetano	µg/l	3						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
1,1-Dicloroetilene	µg/l	0,05						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
1,2-Dicloropropano	µg/l	0,15						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	0,2						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
Tricloroetilene	µg/l	1,5						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	0,001						<0,2		<0,2		<0,2																			<0,2		
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	0,05						<0,2																									

Tabella 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE SOTTERRANEE

Denominazione campione Parametri	U.M.	CSC D.Lgs. 152/06	PME							PMF							PMG			
			21/07/03	05/09/03	29/09/03	20/11/03	11/02/04	01/02/05	19/01/06	03/03/06	21/07/03	05/09/03	29/09/03	20/11/03	11/02/04	01/02/05	20/01/06	03/03/06	10/02/04	04/02/05
Data di prelievo	unità pH																			
pH																				
Ammoniaca (ione ammonio)	µg/l					132	7,48		30	180					57	7,05				
Antimonio	µg/l	5																		
Argento	µg/l	10																		
Arsenico	µg/l	10	5	3,6	3,4	3,1	1,2	2,2	2,2	1,3	51	47,2	22,5	8,4	7,9	2,5	2,2	1,7	6,1	9,8
Berillio	µg/l	4																		
Cadmio	µg/l	5																		
Cromo totale	µg/l	50																		
Cromo esavalente	µg/l	5																		
Mercurio	µg/l	1					0,76	<0,05							0,37	<0,05			0,36	<0,05
Piombo	µg/l	10					<0,1	0,2	<0,1	0,5					<0,1	0,2	<0,1	0,1	<0,1	0,2
Plume	µg/l	1000																		
Selenio	µg/l	10					0,9	0,8	0,3	0,3					0,4	0,6	0,2	0,3	1	1,9
Vanadio	µg/l						0,4	0,5	0,3						0,2	0,2	0,2		0,3	0,5
Zinco	µg/l	3000																		
Idrocarburi totali (come n-esano)	µg/l	350	107	11	<10	<10	157	<1	301	<10	1686	2068	568	779	633	<1	<10	<10	6252	534
Idrocarburi totali da C6 a C10 (come n-esano)	µg/l																			
Idrocarburi totali da C10 a C40 (come n-esano)	µg/l																			
AROMATICI	---																			
Benzene	µg/l	1	<0,1	1,9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	1125	1992	269	776	<0,1	<0,1	<0,1	1,5	194	525
Etilbenzene	µg/l	50	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	47	49	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1
Stirene	µg/l	25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Toluene	µg/l	15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
para-Xilene	µg/l	10	2	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	14	8	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4	<1
IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici)	---																			
Naftalene	µg/l																			
Acenafilene	µg/l																			
Acenafte	µg/l																			
Fluorene	µg/l																			
Fenantrene	µg/l																			
Antracene	µg/l																			
Fluorantene	µg/l																			
Pirene	µg/l	50																		
Benzo[a]antracene	µg/l	0,1																		
Crisene	µg/l	5																		
Benzo(b)fluorantene (A)	µg/l	0,1																		
Benzo(k)fluorantene (B)	µg/l	0,05																		
Benzo(b)+Benzo(k)fluorantene (A+B)	µg/l																			
Benzo(g,h,i)perilene (C)	µg/l	0,01																		
Benzo(a)pirene	µg/l	0,01																		
Indeno[1,2,3-cd]pirene (D)	µg/l	0,1																		
Dibenzo[a,h]antracene	µg/l	0,01																		
Sommatoria (A,B,C,D)	µg/l	0,1																		
Clorometano	µg/l	1,5																		
Triclorometano	µg/l	0,15																		
Cloruro di vinile	µg/l	0,5																		
1,2-Dicloroetano	µg/l	3																		
1,1-Dicloroetilene	µg/l	0,05																		
1,2-Dicloropropano	µg/l	0,15																		
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	0,2																		
Tricloroetilene	µg/l	1,5																		
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	0,001																		
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/l	0,05																		
Tetracloroetilene	µg/l	1,1																		
Esaclorobutadiene	µg/l	0,15																		
Sommatoria organoalogenati	µg/l	10																		
PERICLORATI	---																			
1,1-Dicloroetano	µg/l	810																		
1,2-Dicloroetilene (trans e cis)	µg/l	60																		
Tribromometano	µg/l	0,3																		
1,2-Dibromometano	µg/l	0,001																		
Dibromoclorometano	µg/l	0,13																		
Bromodichlorometano	µg/l	0,17																		
Fenoli totali (C6H5OH)	µg/l																			
FENOLI CLORURATI	---																			
2-clorofenolo	µg/l	180																		
2,4-diclorofenolo	µg/l	110																		
2,4,6-triclorofenolo	µg/l	5																		
pentaclorofenolo	µg/l	0,5																		
Cianuri liberi	µg/l	50																		
Cianuri totali	µg/l																			
Ammine Aromatiche	µg/l																			
Anilina	µg/l	10																		
Difenilammina	µg/l	910																		
p-toluidina	µg/l	0,35																		
PCB	µg/l	0,01																		
Salinità	mg/l																			
%																				
Cloruri (ione cloruro)	mg/l						224060	106							59980	106			306930	594
Residuo fisso a 180°C	mg/l																			
Nitrati (ione nitrato)	mg/l																			
Acidi organici	mg/l																			
Solfati (ione solfato)	mg/l	250	73,2	72,9	111	86,5					170	121	23	127						
Solfuri (ione solfuro)	mg/l																			
Idrocarburi alifatici lineari di origine petrolifera C10-C40	µg/l						<1	<1	<1						<1	<1	<1		<1	
Metilterbutil etere (MIBE)	µg/l		4,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,7	0,9		1,5	3,2	1,7	5,6	4,5	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	29,6	36,6
Piombo tetraetile	µg/l						<0,1	<1							<0,1	<1			<0,1	<1

Concentrazione superiore alla rispettiva CSC del D.Lgs. 152/06  
 Concentrazione di Ammoniaca superiore a 500 µg/l  
 Concentrazione di idrocarburi alifatici lineari di origine petrolifera C10-C40 superiore a 10 µg/l

**Tabella 3**  
**Stima dei costi di esecuzione delle indagini**  
**e dei pozzi di monitoraggio integrativi**

<i>Indagini integrative</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo</i>
<b>POZZI/OPERE CIVILI</b>				
Prescavi	€/m <sup>3</sup>	45,00	€ 200,00	€ 9.000,00
Perforazione ed installazione piezometri	€/m	595	€ 130,00	€ 77.350,00
Supervisione	€/cad	80	€ 1.000,00	€ 80.000,00
<b>PROVE DI SITO</b>				
<i>Prove di acquifero</i>				
Prova di emungimento a gradini (4 h)	€/cad	5	€ 500,00	€ 2.500,00
Prova di emungimento portata costante breve durata e risalita (6 h)	€/cad	5	€ 600,00	€ 3.000,00
Prove di emungimento a portata costante lunga durata e risalita (72 h)	€/cad	5	€ 4.000,00	€ 20.000,00
Slug tests	€/cad	30	€ 300,00	€ 9.000,00
<b>MONITORAGGI</b>				
Spurgo e campionamento pozzi di monitoraggio	€/cad	4	€ 280,00	€ 1.120,00
Analisi chimiche di laboratorio (parametri più significativi)	€/cad	4	€ 130,00	€ 520,00
<b>MODELLAZIONE</b>				
	a.c.	1	€ 25.000,00	€ 25.000,00
<b>TOTALE GENERALE</b>				<b>€ 227.490,00</b>

**Tabella 4 - Intervento 1a**  
**Stima dei costi di costruzione dell'impianto di recupero prodotto (zona A-blending)**

<i>Impianto Recupero Prodotto Blending</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo</i>
<b>POZZI/OPERE CIVILI</b>				
Prescavi	€/m <sup>3</sup>	78,75	€ 200,00	€ 15.750,00
Perforazione ed installazione piezometri	€/m	1.050	€ 130,00	€ 136.500,00
Supervisione	€/cad	40	€ 1.000,00	€ 40.000,00
<b>Opere civili</b>				
Modifiche teste pozzo e scavi	€/cad	56	€ 500,00	€ 28.000,00
Altre attività edili	a.c.	1	€ 20.000,00	€ 20.000,00
<b>OPERE MECCANICHE</b>				
<b>Attrezzature</b>				
Ricovero attrezzature	€/cad	9	€ 1.200,00	€ 10.800,00
Pompa pneumatica	€/cad	56	€ 2.200,00	€ 123.200,00
Compressore	€/cad	1	€ 6.400,00	€ 6.400,00
<b>Tubazioni (fornitura e posa in opera)</b>				
Tubazioni acqua/prodotto	€/m	2.315	€ 35,00	€ 81.025,00
Tubazioni aria compressa	€/m	700	€ 26,00	€ 18.200,00
Sistemi di regolazione e controllo	€/cad	56	€ 120,00	€ 6.720,00
Supervisione	€/g	100	€ 400,00	€ 40.000,00
<b>OPERE ELETTRO-STRUMENTALI</b>				
Alimentazione energia elettrica	a.c.	1	€ 20.000,00	€ 20.000,00
<b>TOTALE GENERALE</b>				<b>€546.595,00</b>

**Tabella 5 - Intervento 2b**  
**Stima dei costi di costruzione dell'impianto di AS/BS-SVE (Valle Impianti)**

<b>Impianto AS/SVE Valle Impianti (*)</b>	<b>U.M.</b>	<b>Quantità</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo</b>
<b>POZZI/OPERE CIVILI</b>				
Prescavi	€/m <sup>3</sup>	83,25	€ 200,00	€ 16.650,00
Perforazione ed installazione piezometri	€/m	925	€ 130,00	€ 120.250,00
Supervisione	€/cad	60	€ 1.000,00	€ 60.000,00
<b>Opere civili</b>				
Attività civili a corredo degli impianti	a.c.	1	€ 50.000,00	€ 50.000,00
<b>OPERE MECCANICHE</b>				
Apparecchiature	a.c.	1	€ 222.000,00	€ 222.000,00
Tubazioni (fornitura e posa in opera)	a.c.	1	€ 240.000,00	€ 240.000,00
<b>OPERE ELETTRICO-STRUMENTALI</b>				
Impianti elettrici, strumentazione e controllo	a.c.	1	€ 230.000,00	€ 230.000,00
<b>SUPERVISIONE</b>				
Supervisione per attività civili, meccaniche ed elettro-strumentali	a.c.	1	€ 100.000,00	€ 100.000,00
<b>TOTALE GENERALE</b>				<b>€ 1.038.900,00</b>

(\*) *Ipotesi di utilizzo combustore per il trattamento aria*



**Tabella 6**  
**Stima dei costi annui di esercizio**

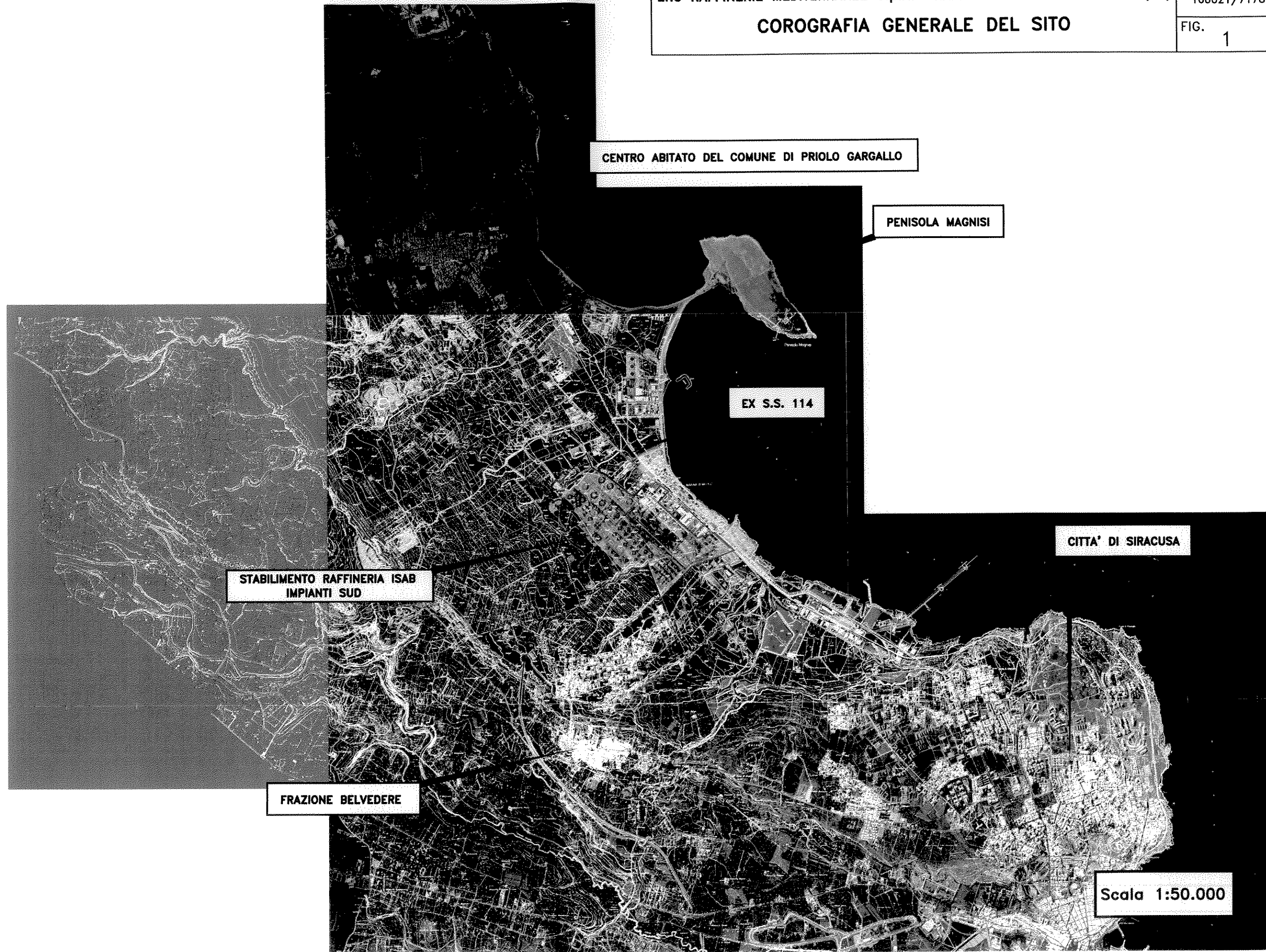
<i>Impianto AS/SVE Valle Impianti - Intervento 2b (ipotesi utilizzo combustore per trattamento aria)</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo annuo</i>
MANUTENZIONE ORDINARIA E MONITORAGGIO DEI PARAMETRI DI FUNZIONAMENTO	a.c.	1	€ 5.000	€ 5.000,00
COMBUSTIBILE AUSILIARIO	kg	18.000	€ 1	€ 18.000,00
ENERGIA ELETTRICA	€/kWh	650.000	€ 0,10	€ 65.000,00
MONITORAGGIO AMBIENTALE	a.c.	1	€ 24.000	€ 24.000,00
<b>TOTALE VOCE</b>				<b>€ 112.000,00</b>
<i>Impianto AS/SVE Ovest 4 - Interventi 2c, 2d</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo annuo</i>
MANUTENZIONE ORDINARIA E MONITORAGGIO DEI PARAMETRI DI FUNZIONAMENTO	a.c.	1	€ 20.000	€ 20.000,00
CARBONI ATTIVI	€/kg	65.000	€ 2	€ 130.000,00
ENERGIA ELETTRICA	€/kWh	1.500.000	€ 0,10	€ 150.000,00
MONITORAGGIO AMBIENTALE	a.c.	1	€ 44.000	€ 44.000,00
<b>TOTALE VOCE</b>				<b>€ 344.000,00</b>
<i>Impianto Recupero Prodotto Blending - Intervento 1a</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo annuo</i>
MANUTENZIONE ORDINARIA E MONITORAGGIO DEI PARAMETRI DI FUNZIONAMENTO	a.c.	1	€ 10.000	€ 10.000,00
ENERGIA ELETTRICA	€/kWh	193.000	€ 0,10	€ 19.300,00
MONITORAGGIO AMBIENTALE	a.c.	1	€ 14.000	€ 14.000,00
<b>TOTALE VOCE (*)</b>				<b>€ 43.300,00</b>
<i>Impianto Recupero Prodotto Valle Impianti - Intervento 2a</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo annuo</i>
MANUTENZIONE ORDINARIA E MONITORAGGIO DEI PARAMETRI DI FUNZIONAMENTO	a.c.	1	€ 4.000	€ 4.000,00
MONITORAGGIO AMBIENTALE	a.c.	1	€ 3.000	€ 3.000,00
<b>TOTALE VOCE (*)</b>				<b>€ 7.000,00</b>
<i>Attenuazione naturale - Intervento 4a</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo annuo</i>
MONITORAGGIO AMBIENTALE	a.c.	1	€ 3.000	€ 3.000,00
<b>TOTALE VOCE</b>				<b>€ 3.000,00</b>
<b>TOTALE COSTI ESERCIZIO ANNUI</b>				<b>€ 509.300,00</b>

(\*) esclusi i costi di esercizio inerenti il trattamento delle miscele emunte

# **FIGURE**

# COROGRAFIA GENERALE DEL SITO

FIG. 1



### UBICAZIONE MODULI AS/BS-SVE LUNGO LA STRADA OVEST 4

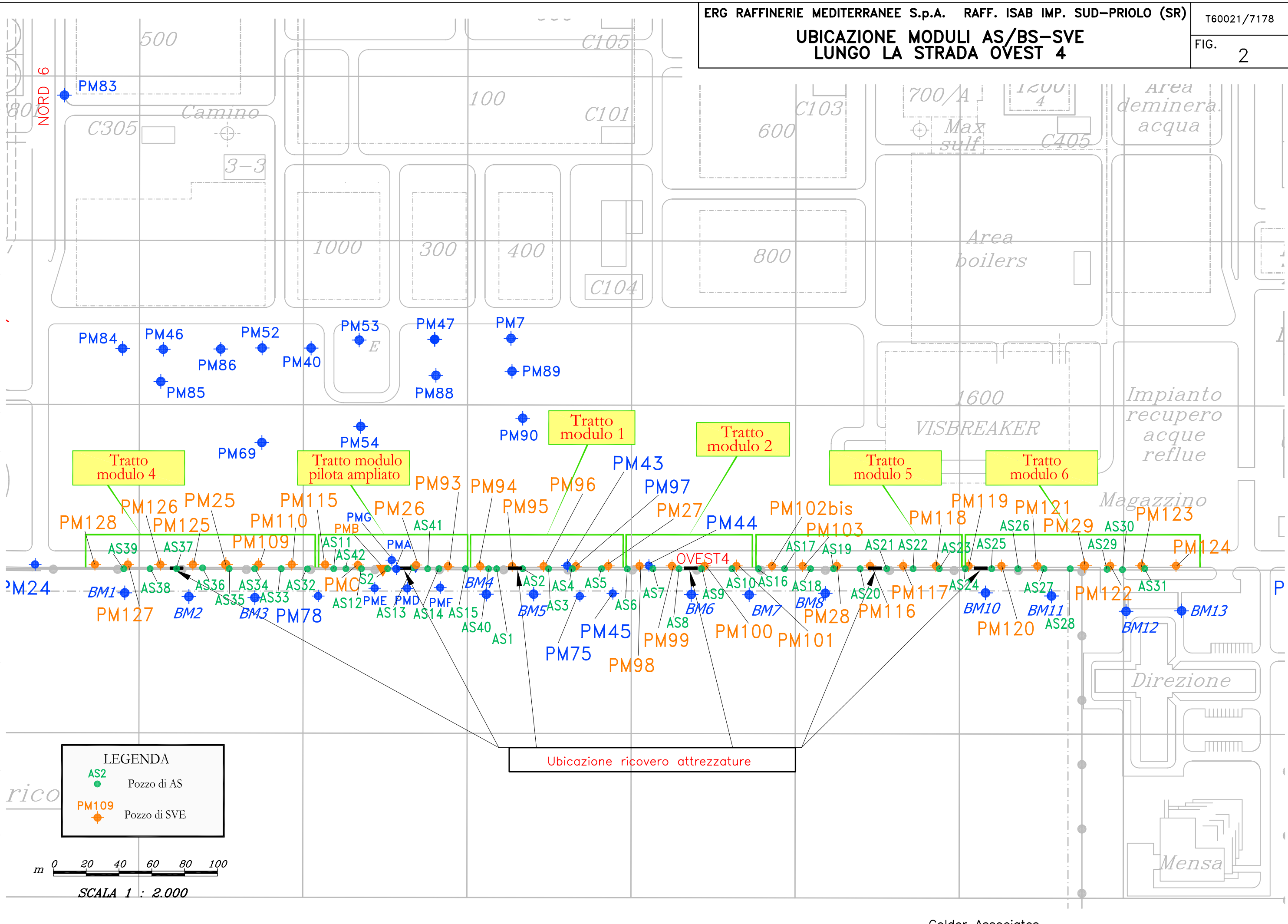
APPROVATO DA FDU

PREPARATO DA PGA

DATA Ottobre 2006

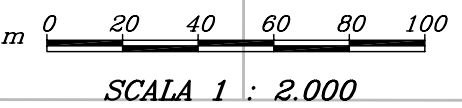
REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates



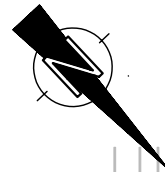
Ubicazione ricovero attrezzature

- LEGENDA**
- AS2 Pozzo di AS
  - ◆ PM109 Pozzo di SVE



# SCHEMA PLANIMETRICO IMPIANTO DI RECUPERO PRODOTTO ZONA A AREA OMOGENEA 1

m 0 25 50 75 100 125  
**SCALA 1 : 2.500**



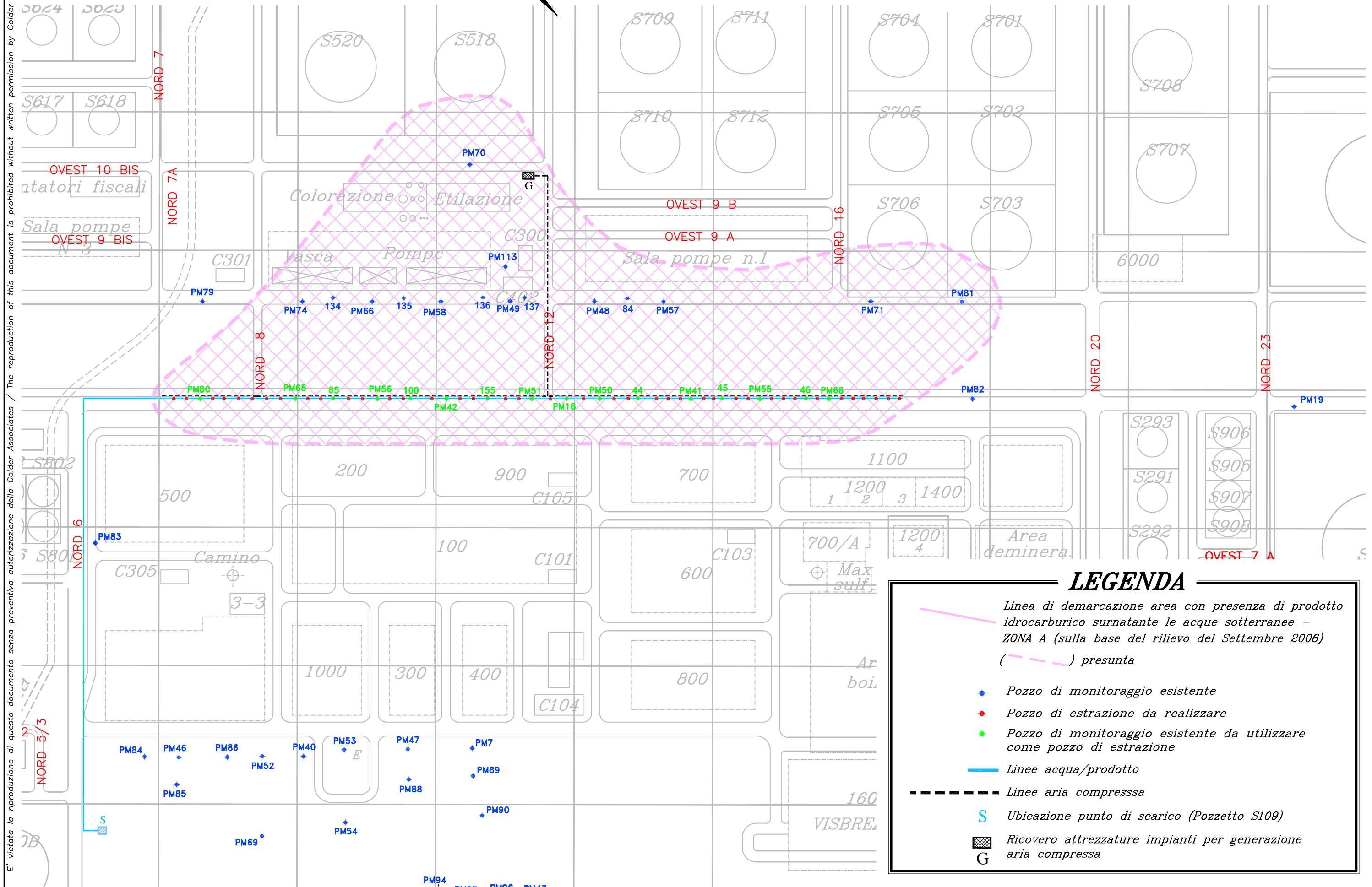
APPROVATO DA FDU

PREPARATO DA PGA









DATA Ottobre 2006

REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates



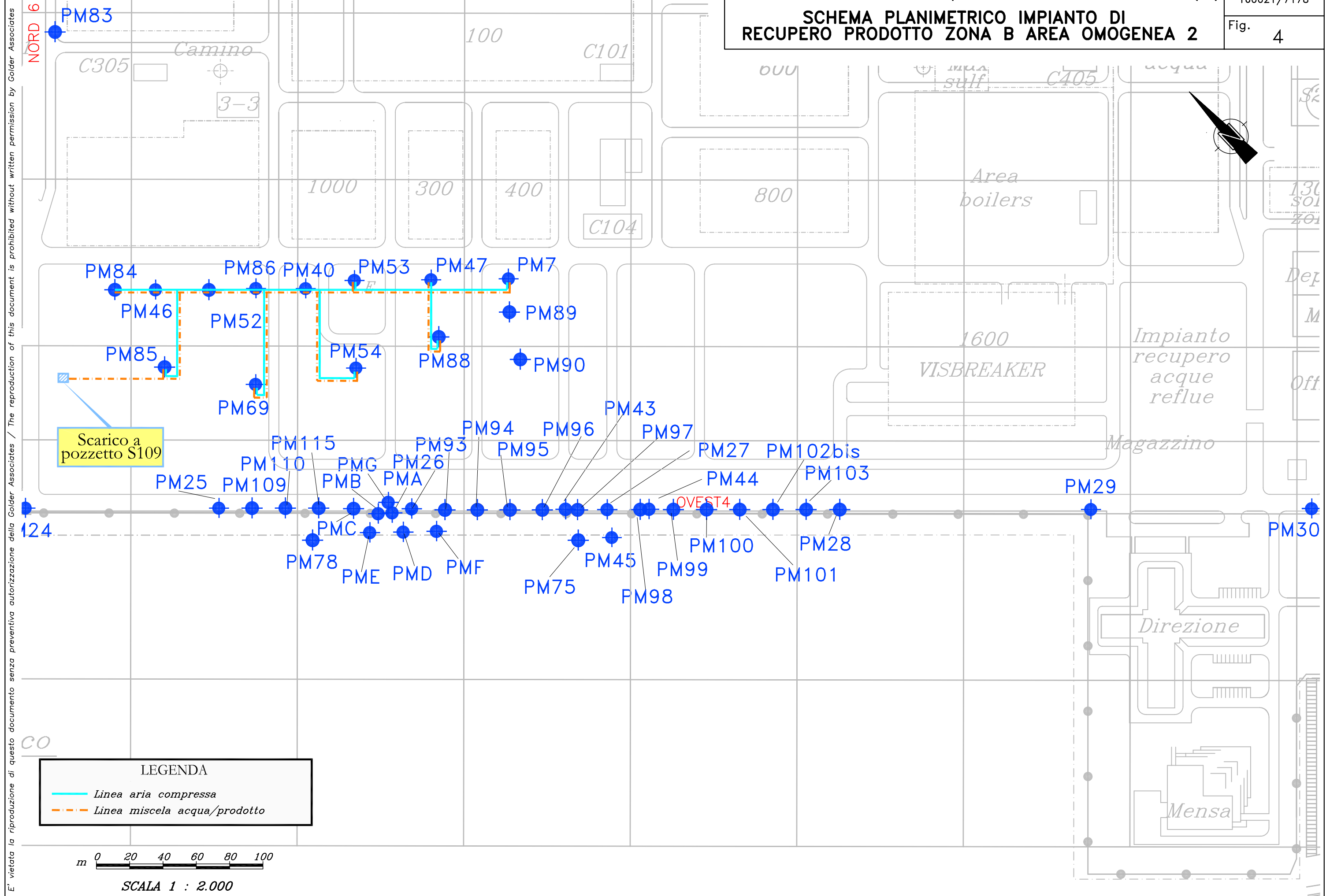
## LEGENDA

-  Linea di demarcazione area con presenza di prodotto idrocarburico surnatante le acque sotterranee - ZONA A (sulla base del rilievo del Settembre 2006) ( --- ) presunta
-  Pozzo di monitoraggio esistente
-  Pozzo di estrazione da realizzare
-  Pozzo di monitoraggio esistente da utilizzare come pozzo di estrazione
-  Linee acqua/prodotto
-  Linee aria compressa
-  Ubicazione punto di scarico (Pozzetto S109)
-  Ricovero attrezzature impianti per generazione aria compressa

### SCHEMA PLANIMETRICO IMPIANTO DI RECUPERO PRODOTTO ZONA B AREA OMOGENEA 2

Fig. 4

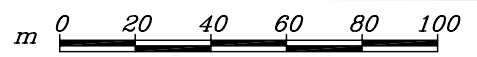
REV. 0 DATA Ottobre 2006 PREPARATO DA PGA APPROVATO DA FDU



Scarico a pozzetto S109

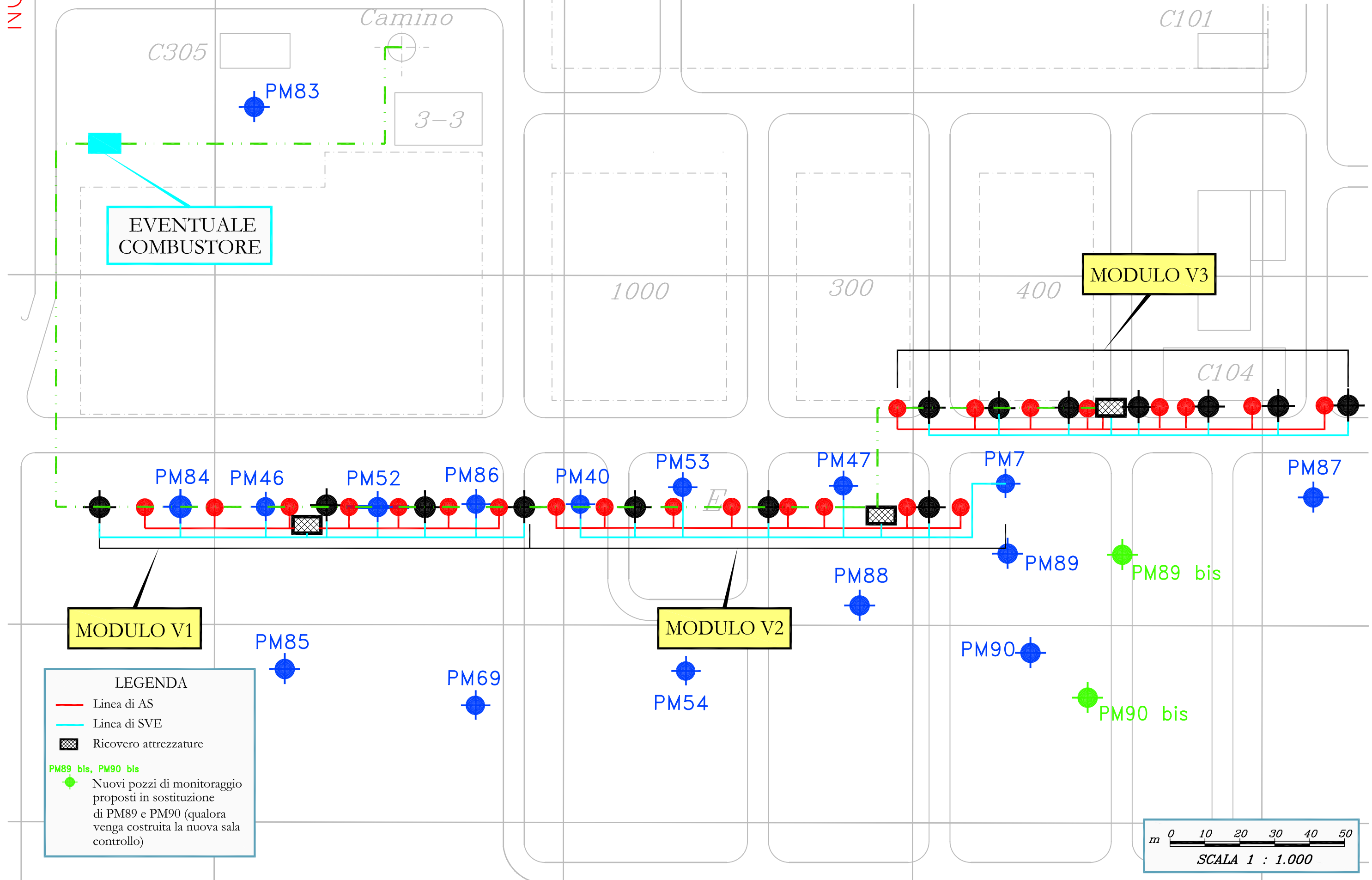
**LEGENDA**

- Linea aria compressa
- - - Linea miscela acqua/prodotto



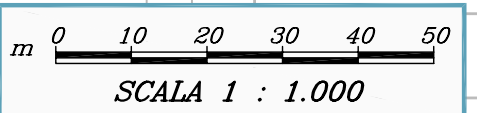
SCALA 1 : 2.000

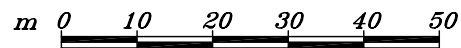
INURD



**LEGENDA**

- Linea di AS
- Linea di SVE
- Ricovero attrezzature
- **PM89 bis, PM90 bis**  
Nuovi pozzi di monitoraggio proposti in sostituzione di PM89 e PM90 (qualora venga costruita la nuova sala controllo)





SCALA 1 : 1.000

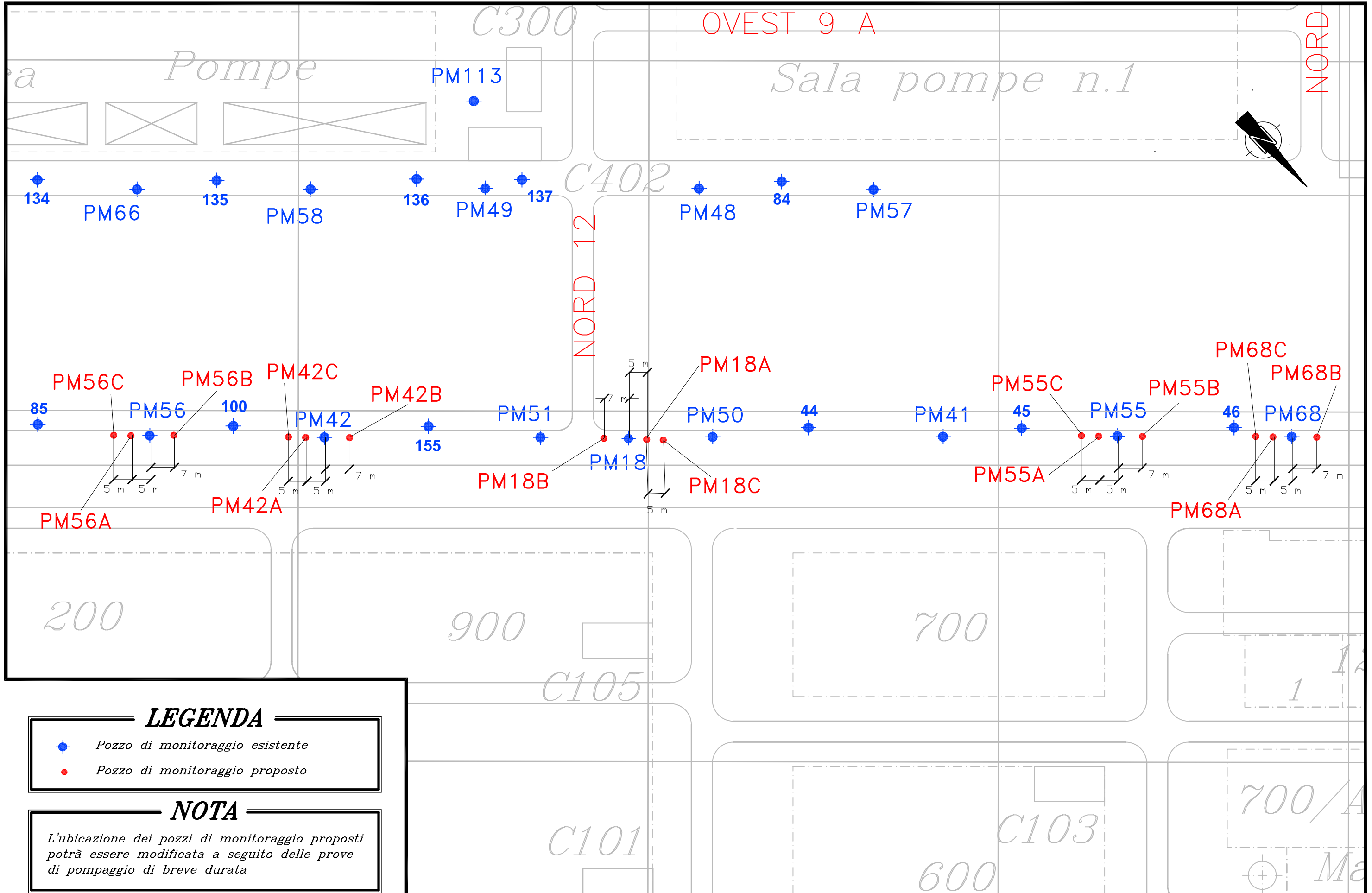
APPROVATO DA FDU

PREPARATO DA PGA



DATA Ottobre 2006

REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates



**LEGENDA**

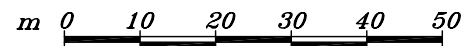
-  Pozzo di monitoraggio esistente
-  Pozzo di monitoraggio proposto

**NOTA**

L'ubicazione dei pozzi di monitoraggio proposti potrà essere modificata a seguito delle prove di pompaggio di breve durata



UBICAZIONE INDICATIVA POZZI DI MONITORAGGIO INTEGRATIVI DA PERFORARE



SCALA 1 : 1.000

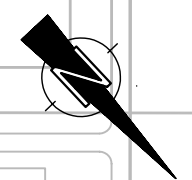
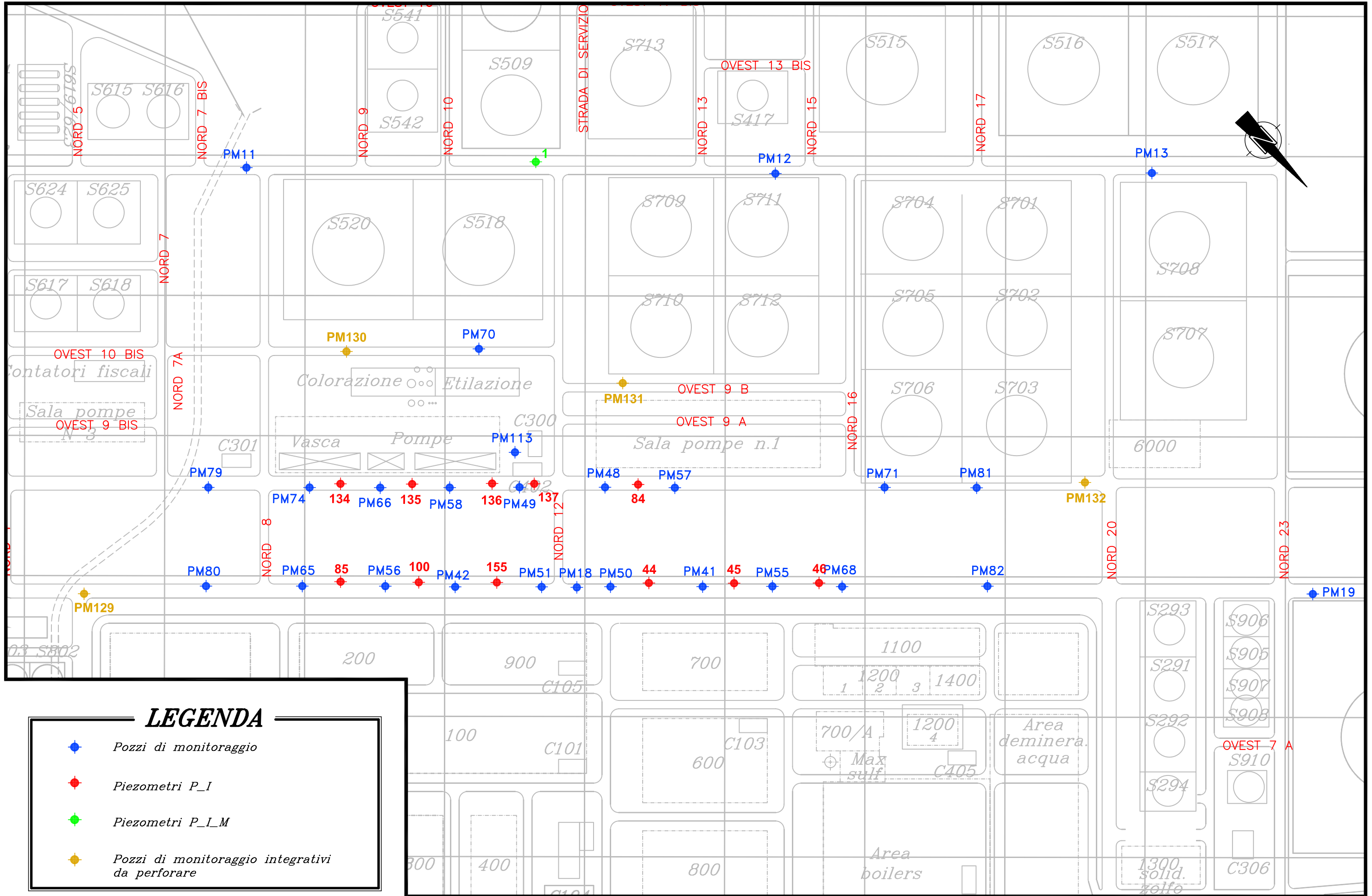
APPROVATO DA FDU

PREPARATO DA PGA





DATA Ottobre 2006

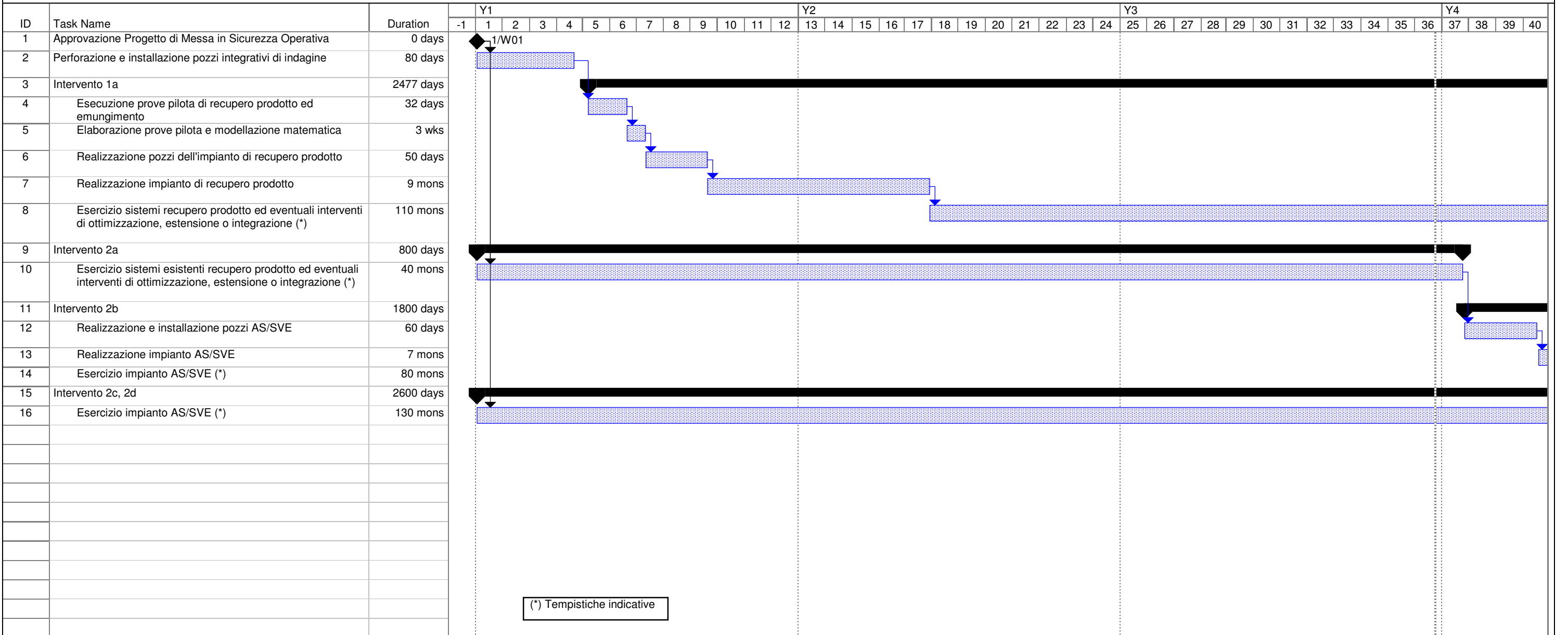
REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates



LEGENDA

-  Pozzi di monitoraggio
-  Piezometri P\_I
-  Piezometri P\_I\_M
-  Pozzi di monitoraggio integrativi da perforare



Project: Tempistica realizzazione impi  
Date: Tue 24/10/06

Task		Progress		Summary		External Tasks		Deadline	
Split		Milestone		Project Summary		External Milestone			

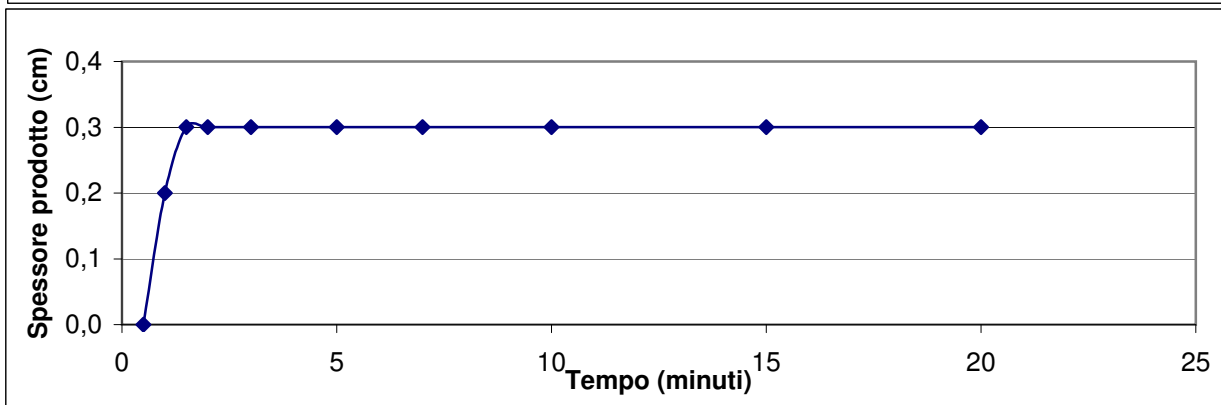
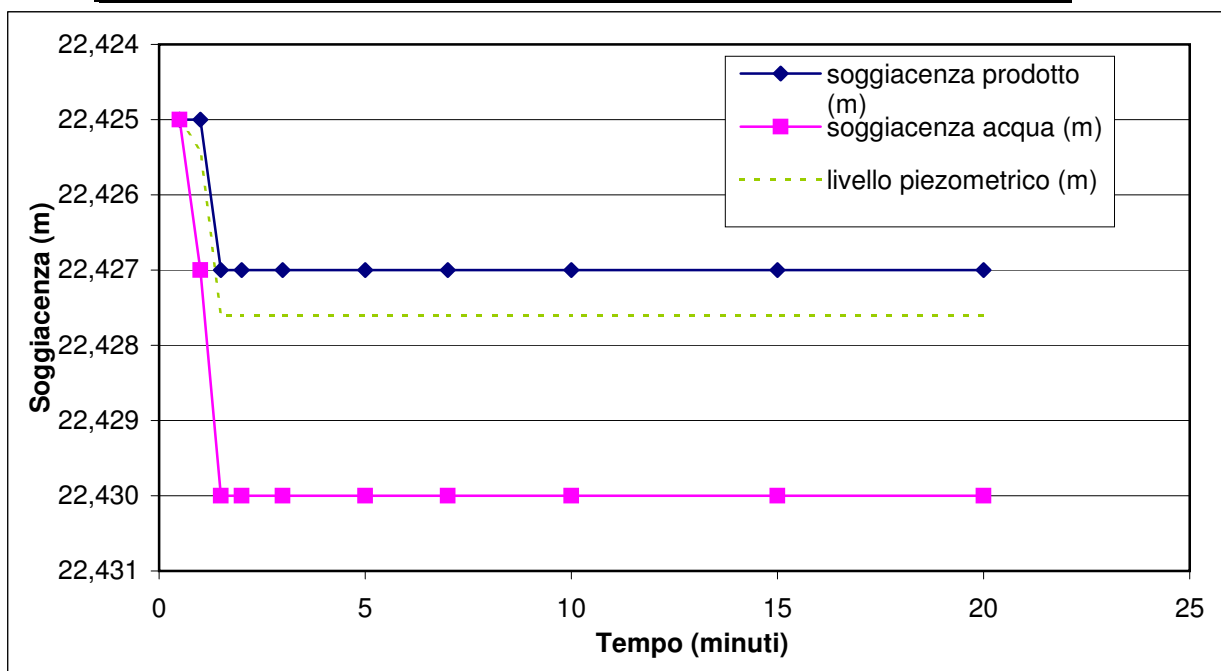




# **SCHEDA**

**SCHEDA 1**  
**PROVA DI RICARICA PM18**  
**(17 marzo 2006)**

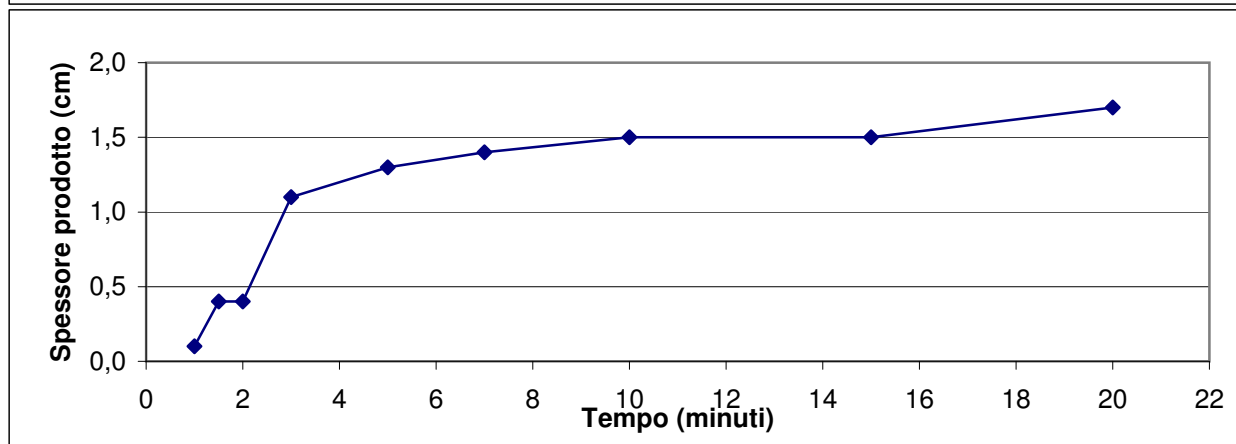
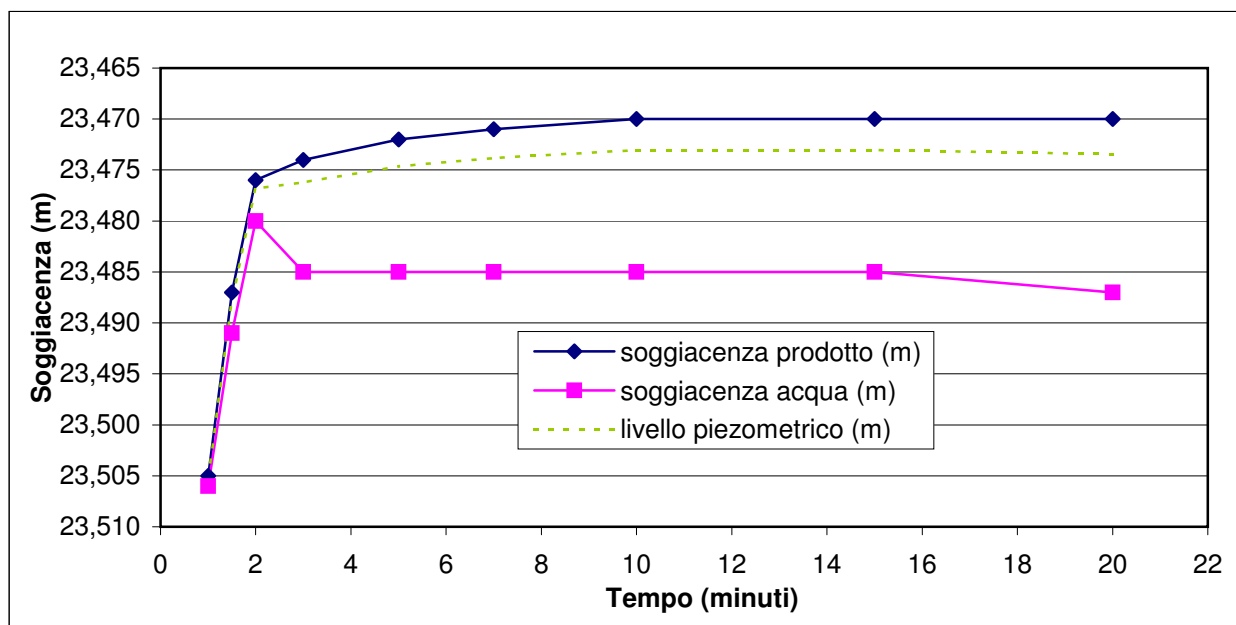
tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,430	22,436	0,6	22,431
0,5	22,425	22,425	0,0	22,425
1	22,425	22,427	0,2	22,425
1,5	22,427	22,430	0,3	22,428
2	22,427	22,430	0,3	22,428
3	22,427	22,430	0,3	22,428
5	22,427	22,430	0,3	22,428
7	22,427	22,430	0,3	22,428
10	22,427	22,430	0,3	22,428
15	22,427	22,430	0,3	22,428
20	22,427	22,430	0,3	22,428
Densità $\delta=797 \text{ kg/m}^3$				



**SCHEDA 2**  
**PROVA DI RICARICA PM41**  
**(10 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,320	24,110	79,0	23,480
1	23,505	23,506	0,1	23,505
1,5	23,487	23,491	0,4	23,488
2	23,476	23,480	0,4	23,477
3	23,474	23,485	1,1	23,476
5	23,472	23,485	1,3	23,475
7	23,471	23,485	1,4	23,474
10	23,470	23,485	1,5	23,473
15	23,470	23,485	1,5	23,473
20	23,470	23,487	1,7	23,473

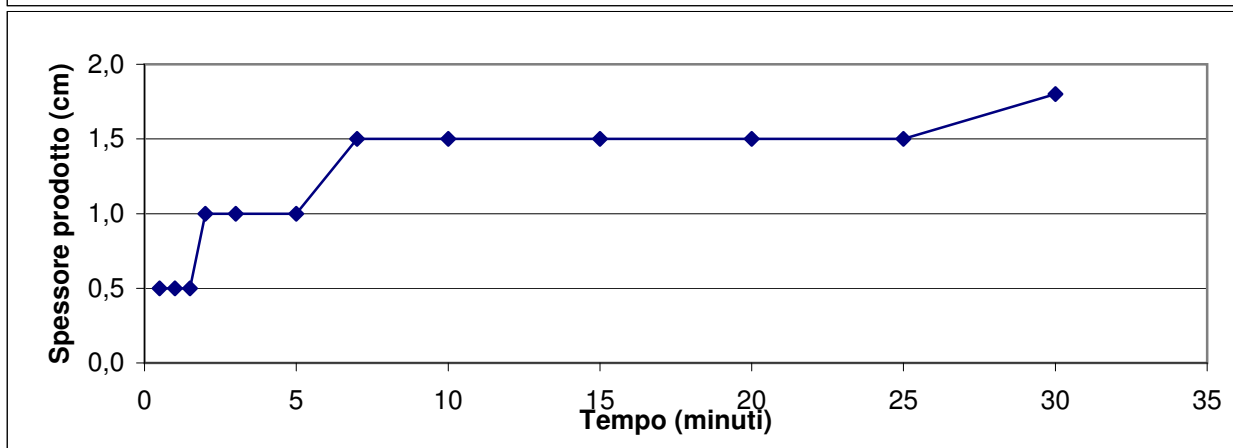
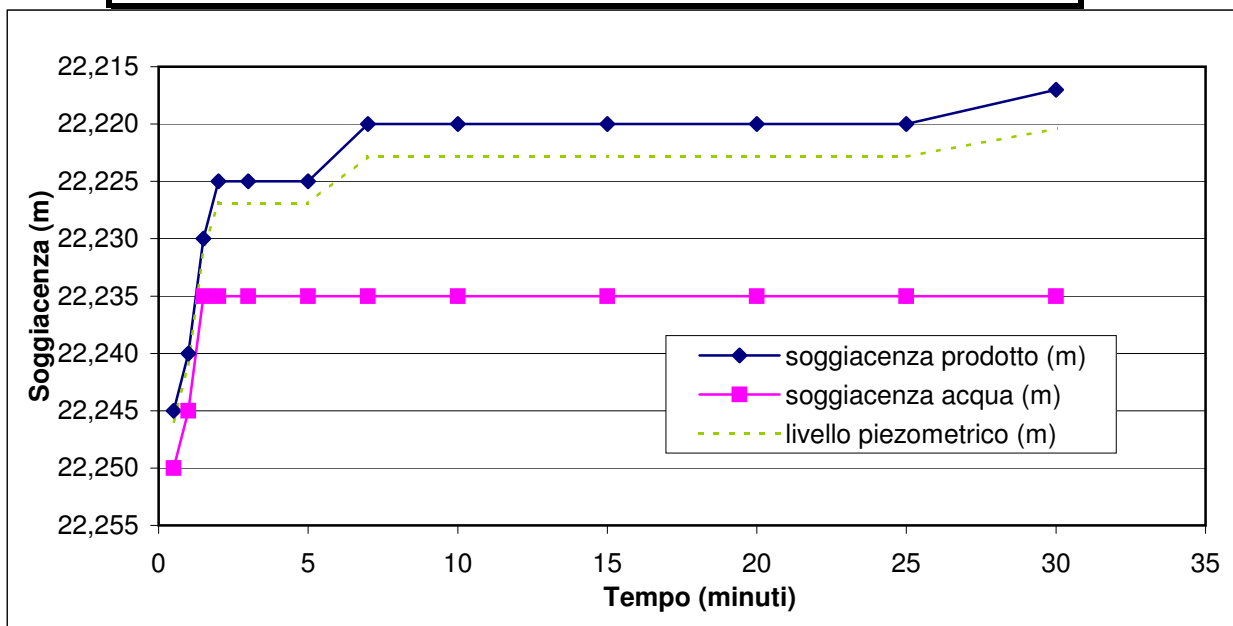
Densità  $\delta=798 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 3**  
**PROVA DI RICARICA PM41**  
**(16 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,130	22,630	50,0	22,225
0,5	22,245	22,250	0,5	22,246
1	22,240	22,245	0,5	22,241
1,5	22,230	22,235	0,5	22,231
2	22,225	22,235	1,0	22,227
3	22,225	22,235	1,0	22,227
5	22,225	22,235	1,0	22,227
7	22,220	22,235	1,5	22,223
10	22,220	22,235	1,5	22,223
15	22,220	22,235	1,5	22,223
20	22,220	22,235	1,5	22,223
25	22,220	22,235	1,5	22,223
30	22,217	22,235	1,8	22,220

Densità  $\delta=810 \text{ kg/m}^3$

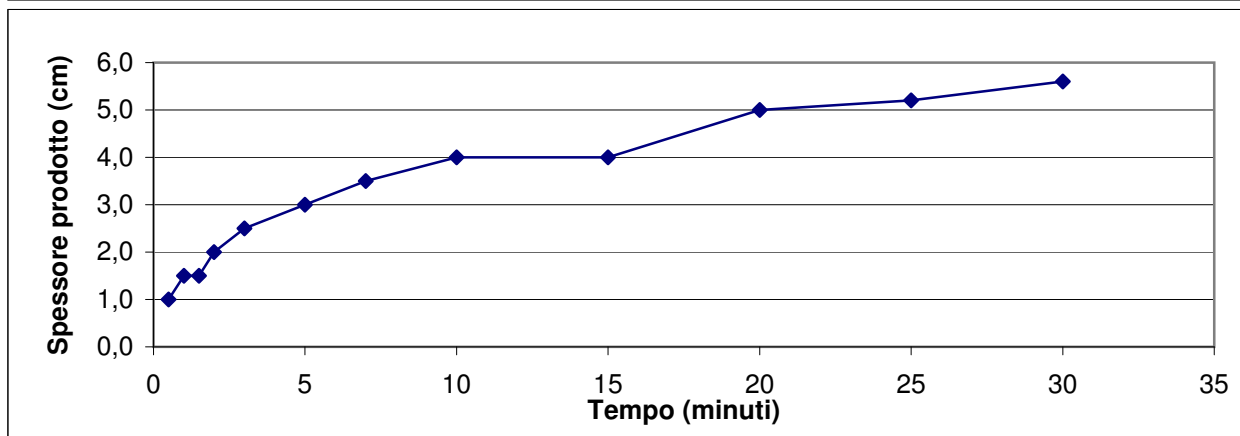
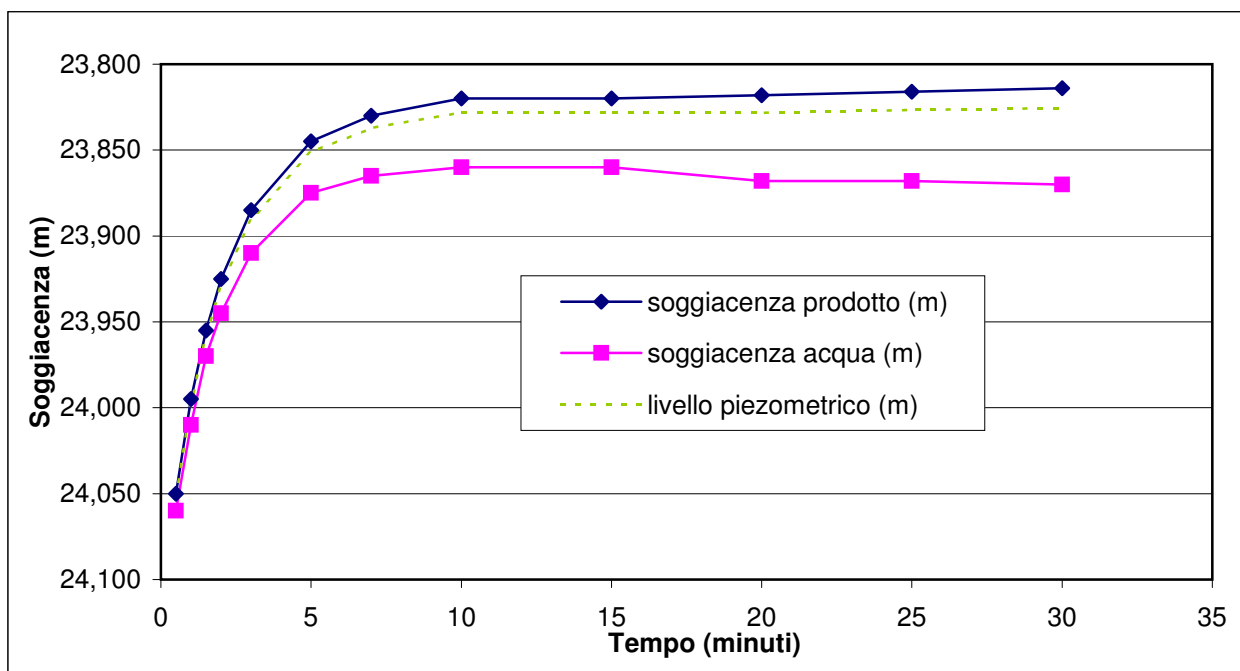




**SCHEDA 4**  
**PROVA DI RICARICA PM42**  
**(2 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,480	25,140	166,0	23,820
0,5	24,050	24,060	1,0	24,052
1	23,995	24,010	1,5	23,998
1,5	23,955	23,970	1,5	23,958
2	23,925	23,945	2,0	23,929
3	23,885	23,910	2,5	23,890
5	23,845	23,875	3,0	23,851
7	23,830	23,865	3,5	23,837
10	23,820	23,860	4,0	23,828
15	23,820	23,860	4,0	23,828
20	23,818	23,868	5,0	23,828
25	23,816	23,868	5,2	23,827
30	23,814	23,870	5,6	23,825

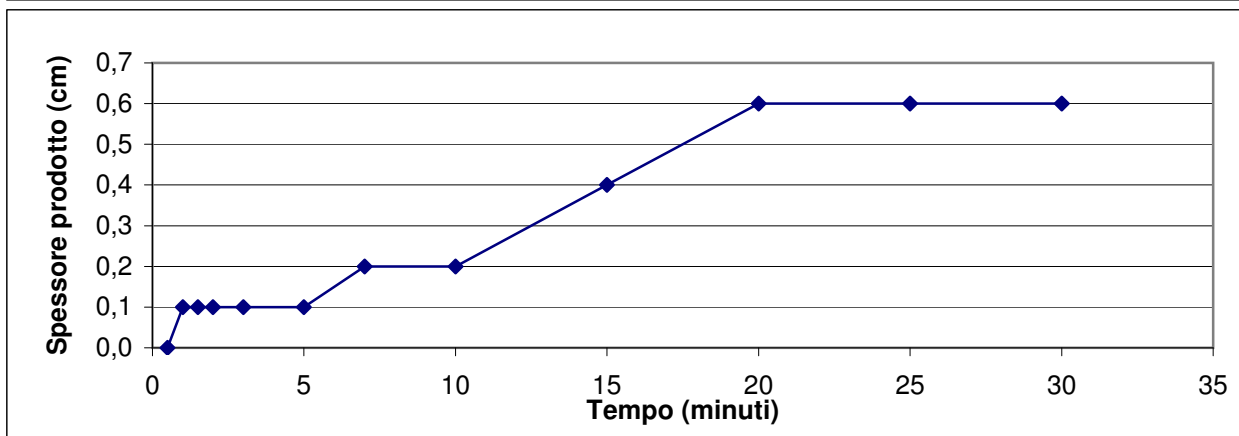
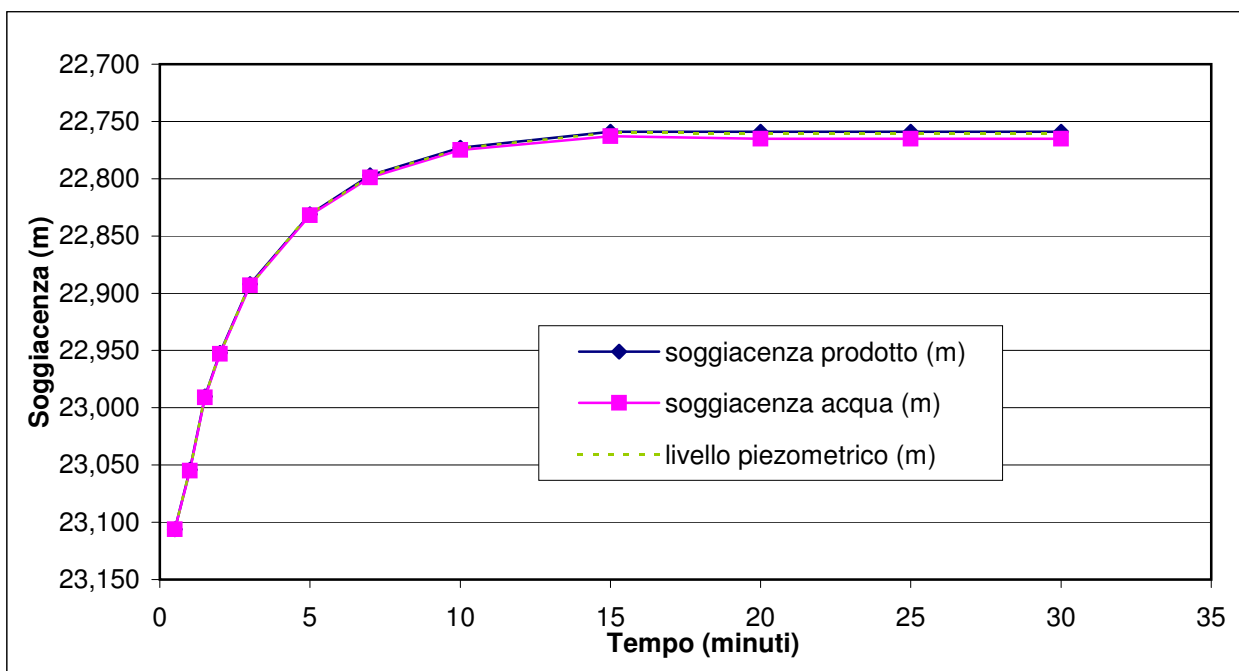
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 5**  
**PROVA DI RICARICA PM42**  
**(14 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,862	22,883	2,1	22,866
0,5	23,106	23,106	0,0	23,106
1	23,054	23,055	0,1	23,054
1,5	22,990	22,991	0,1	22,990
2	22,952	22,953	0,1	22,952
3	22,892	22,893	0,1	22,892
5	22,831	22,832	0,1	22,831
7	22,797	22,799	0,2	22,797
10	22,773	22,775	0,2	22,773
15	22,759	22,763	0,4	22,760
20	22,759	22,765	0,6	22,760
25	22,759	22,765	0,6	22,760
30	22,759	22,765	0,6	22,760

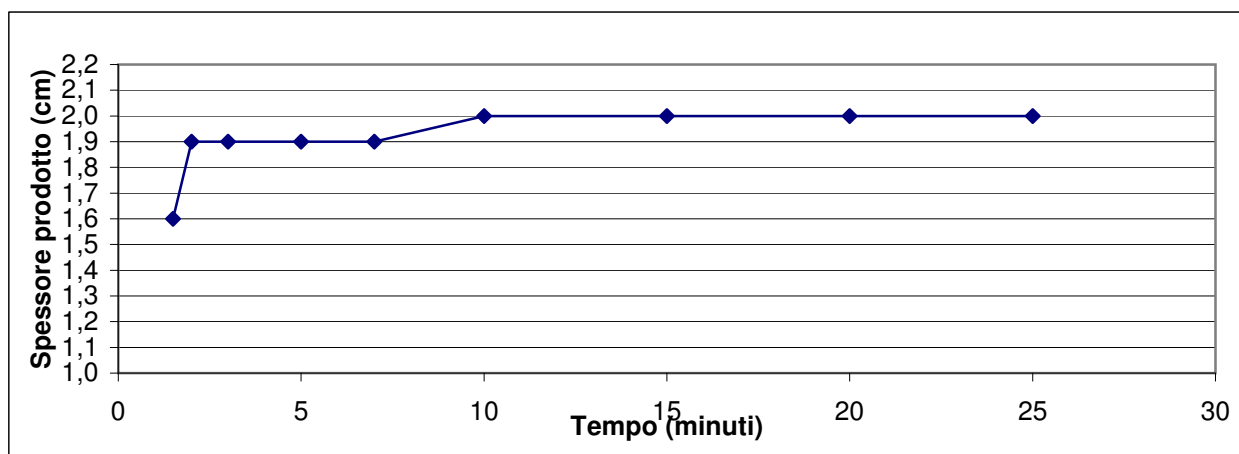
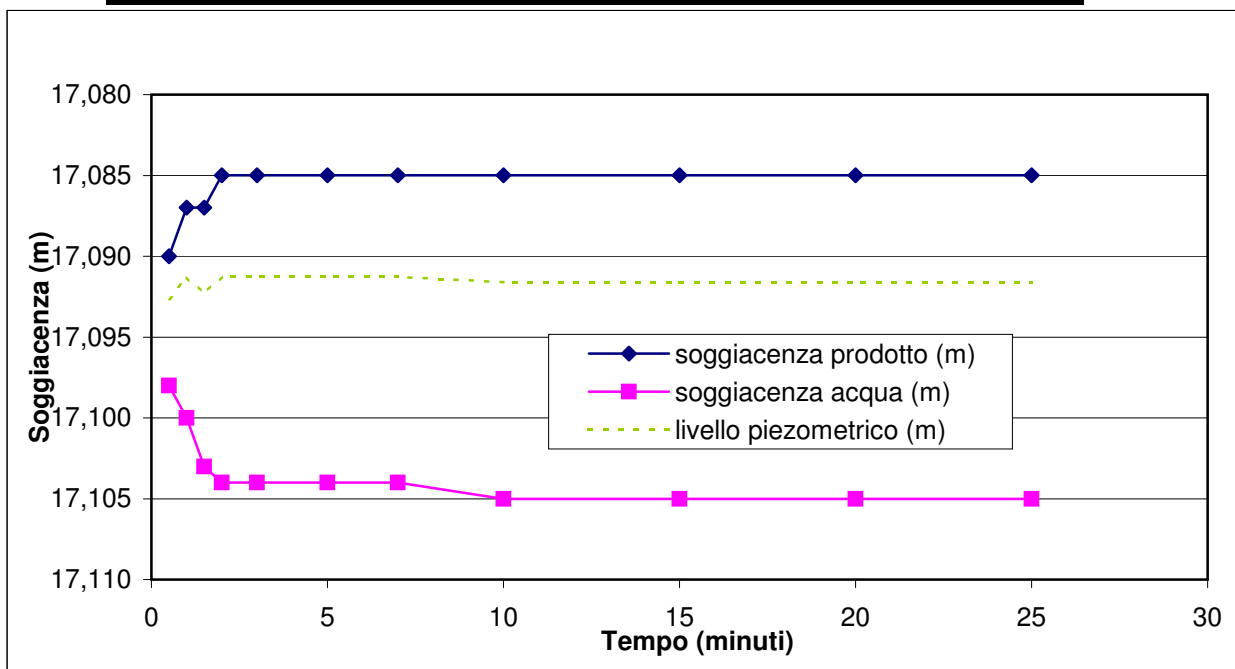
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 6**  
**PROVA DI RICARICA PM46**  
**(20 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	16,980	17,340	36,0	17,099
0,5	17,090	17,098	0,8	17,093
1	17,087	17,100	1,3	17,091
1,5	17,087	17,103	1,6	17,092
2	17,085	17,104	1,9	17,091
3	17,085	17,104	1,9	17,091
5	17,085	17,104	1,9	17,091
7	17,085	17,104	1,9	17,091
10	17,085	17,105	2,0	17,092
15	17,085	17,105	2,0	17,092
20	17,085	17,105	2,0	17,092
25	17,085	17,105	2,0	17,092

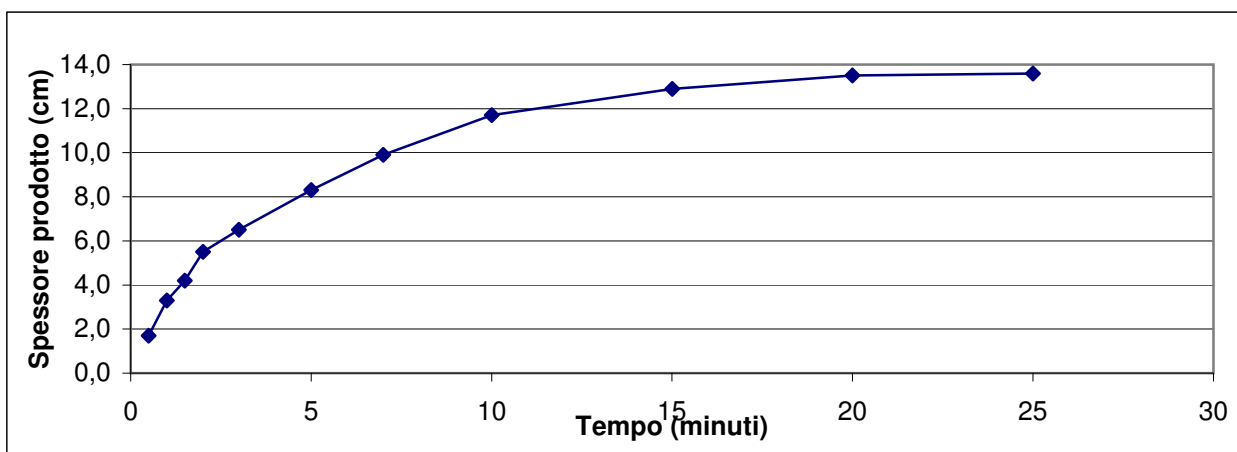
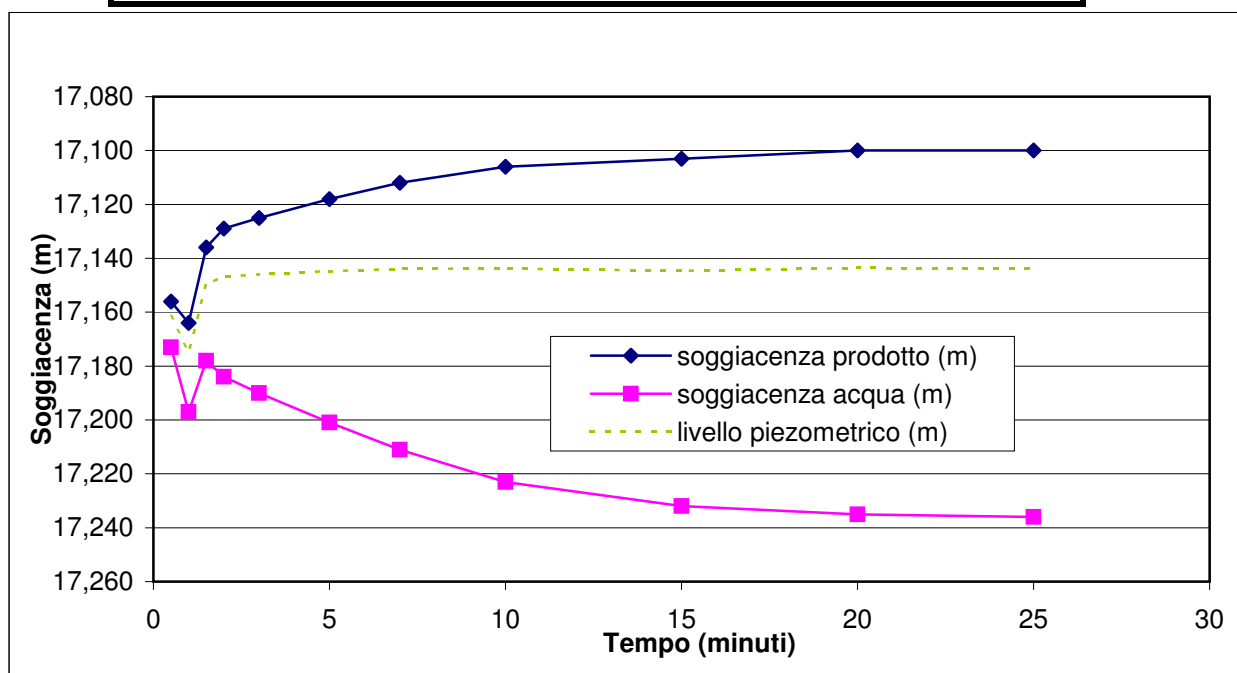
Densità  $\delta = 670 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 7**  
**PROVA DI RICARICA PM47**  
**(21 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,102	17,230	12,8	17,143
0,5	17,156	17,173	1,7	17,161
1	17,164	17,197	3,3	17,175
1,5	17,136	17,178	4,2	17,150
2	17,129	17,184	5,5	17,147
3	17,125	17,190	6,5	17,146
5	17,118	17,201	8,3	17,145
7	17,112	17,211	9,9	17,144
10	17,106	17,223	11,7	17,144
15	17,103	17,232	12,9	17,145
20	17,100	17,235	13,5	17,144
25	17,100	17,236	13,6	17,144

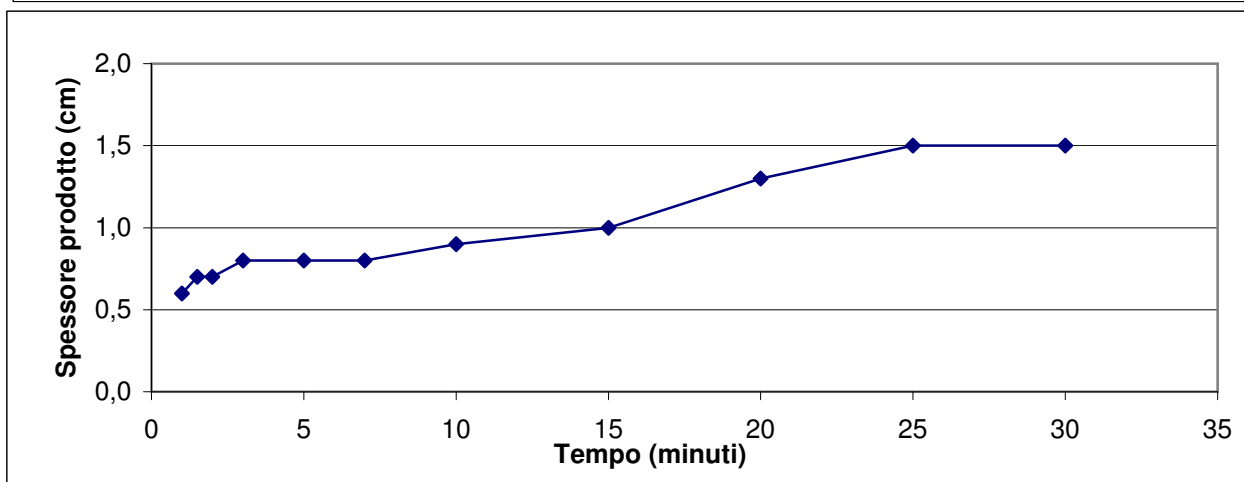
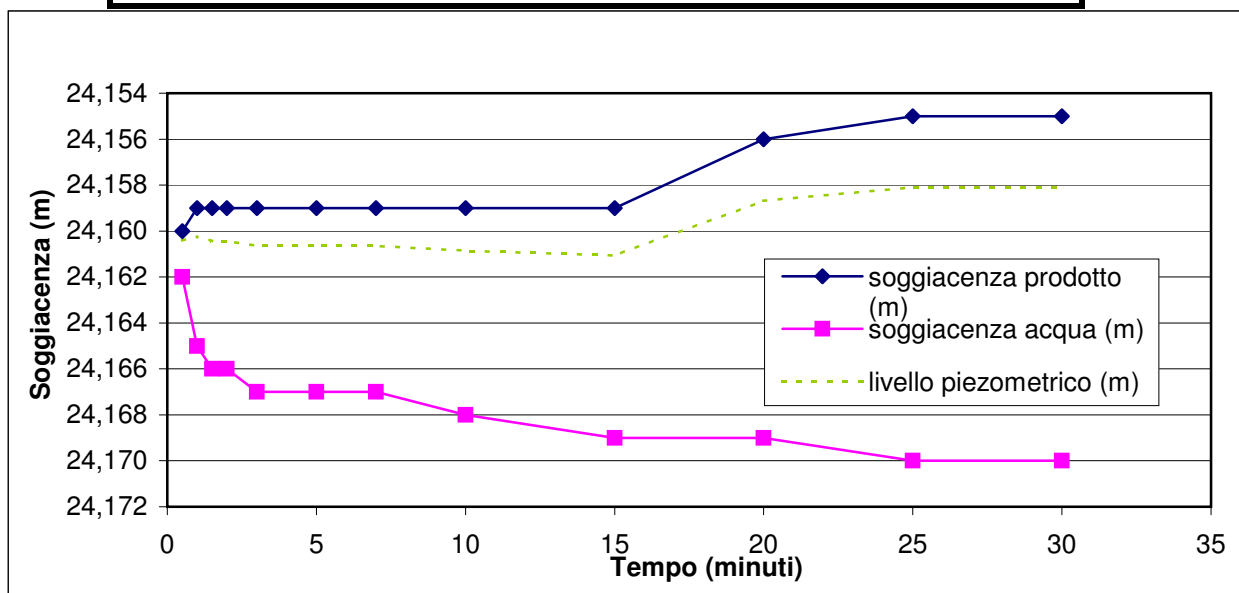
Densità d= 677 kg/m3



**SCHEDA 8**  
**PROVA DI RICARICA PM49**  
**(2 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,880	25,190	131,0	24,150
0,5	24,160	24,162	0,2	24,160
1	24,159	24,165	0,6	24,160
1,5	24,159	24,166	0,7	24,160
2	24,159	24,166	0,7	24,160
3	24,159	24,167	0,8	24,161
5	24,159	24,167	0,8	24,161
7	24,159	24,167	0,8	24,161
10	24,159	24,168	0,9	24,161
15	24,159	24,169	1,0	24,161
20	24,156	24,169	1,3	24,159
25	24,155	24,170	1,5	24,158
30	24,155	24,170	1,5	24,158

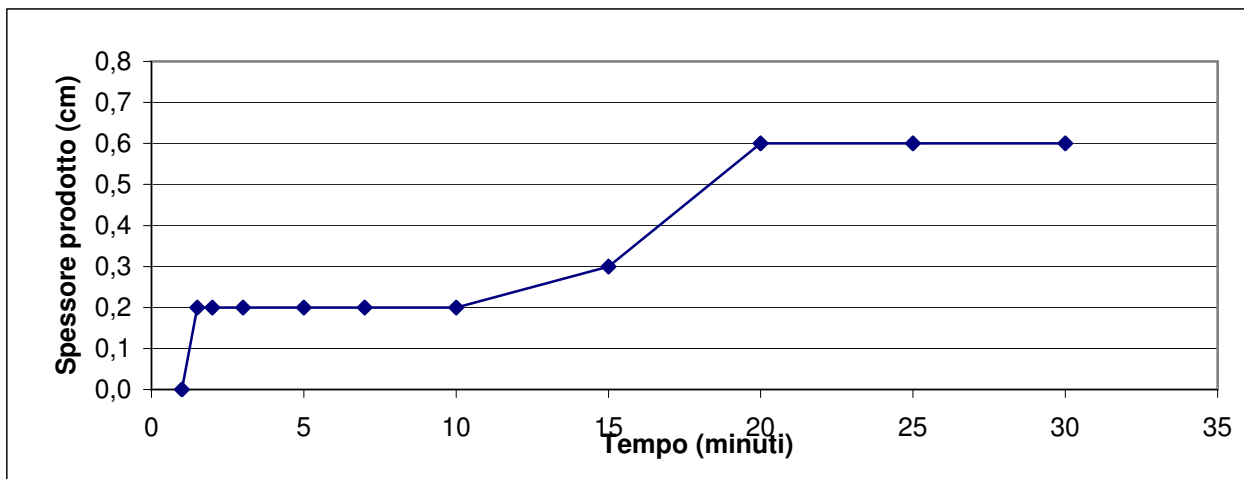
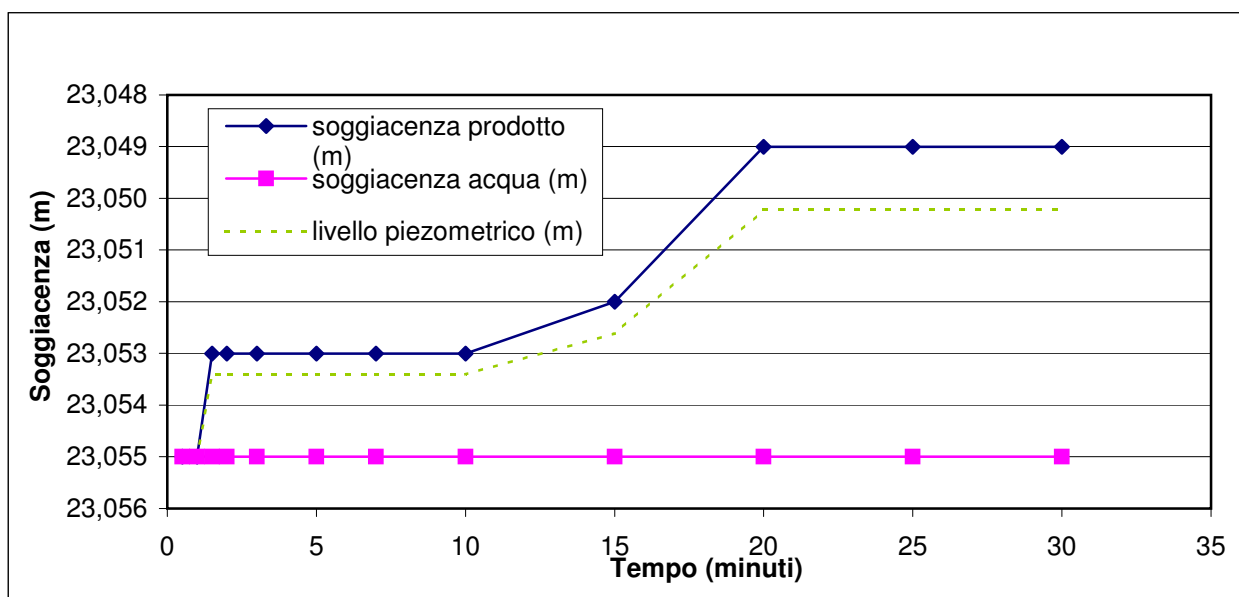
Densità  $\delta=794 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 9**  
**PROVA DI RICARICA PM49**  
**(17 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,036	23,111	7,5	23,051
0,5	23,055	23,055	0,0	23,055
1	23,055	23,055	0,0	23,055
1,5	23,053	23,055	0,2	23,053
2	23,053	23,055	0,2	23,053
3	23,053	23,055	0,2	23,053
5	23,053	23,055	0,2	23,053
7	23,053	23,055	0,2	23,053
10	23,053	23,055	0,2	23,053
15	23,052	23,055	0,3	23,053
20	23,049	23,055	0,6	23,050
25	23,049	23,055	0,6	23,050
30	23,049	23,055	0,6	23,050

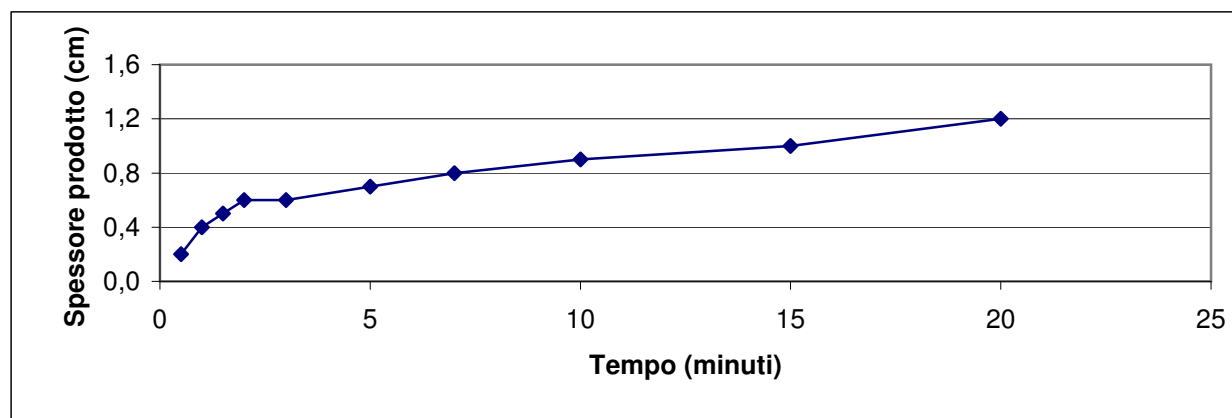
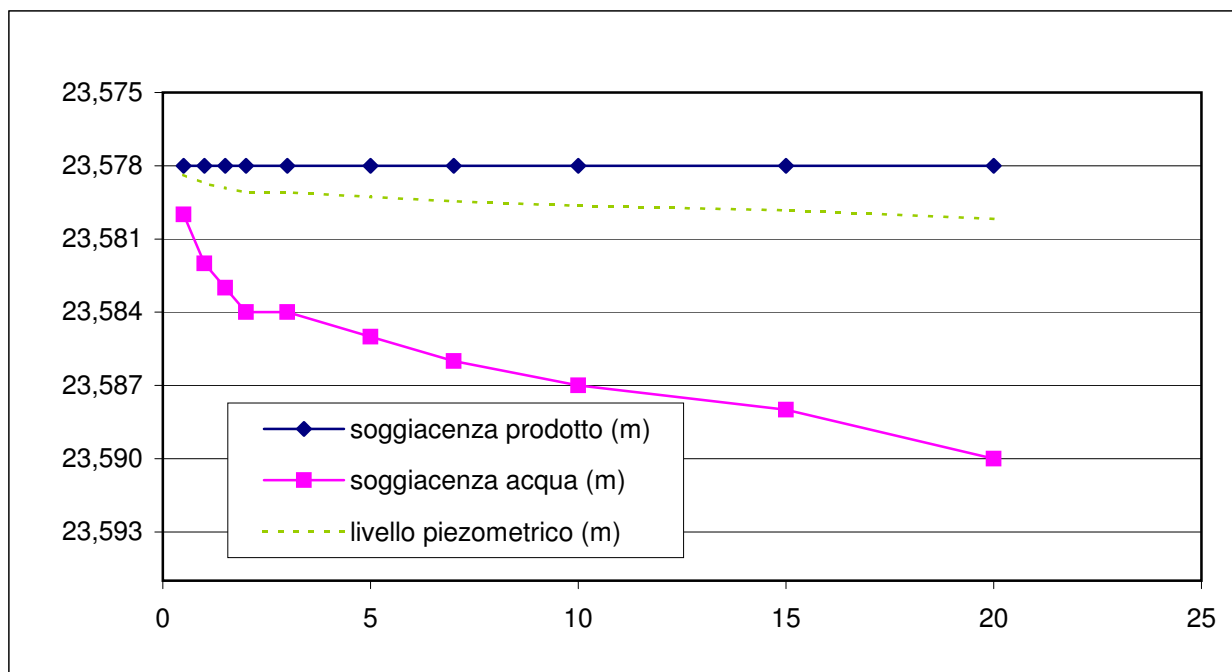
Densità  $\delta=796 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 10**  
**PROVA DI RICARICA PM50**  
**(10 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,490	23,950	46,0	23,574
0,5	23,578	23,580	0,2	23,578
1	23,578	23,582	0,4	23,579
1,5	23,578	23,583	0,5	23,579
2	23,578	23,584	0,6	23,579
3	23,578	23,584	0,6	23,579
5	23,578	23,585	0,7	23,579
7	23,578	23,586	0,8	23,579
10	23,578	23,587	0,9	23,580
15	23,578	23,588	1,0	23,580
20	23,578	23,590	1,2	23,580

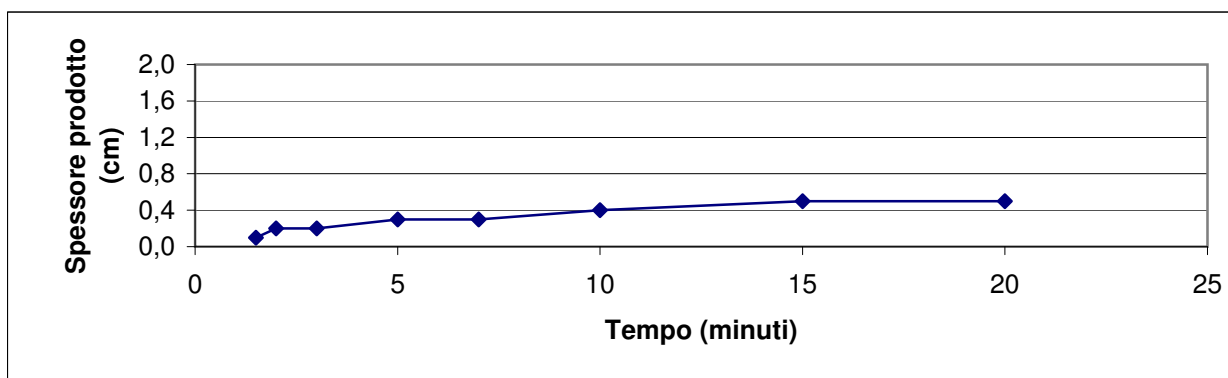
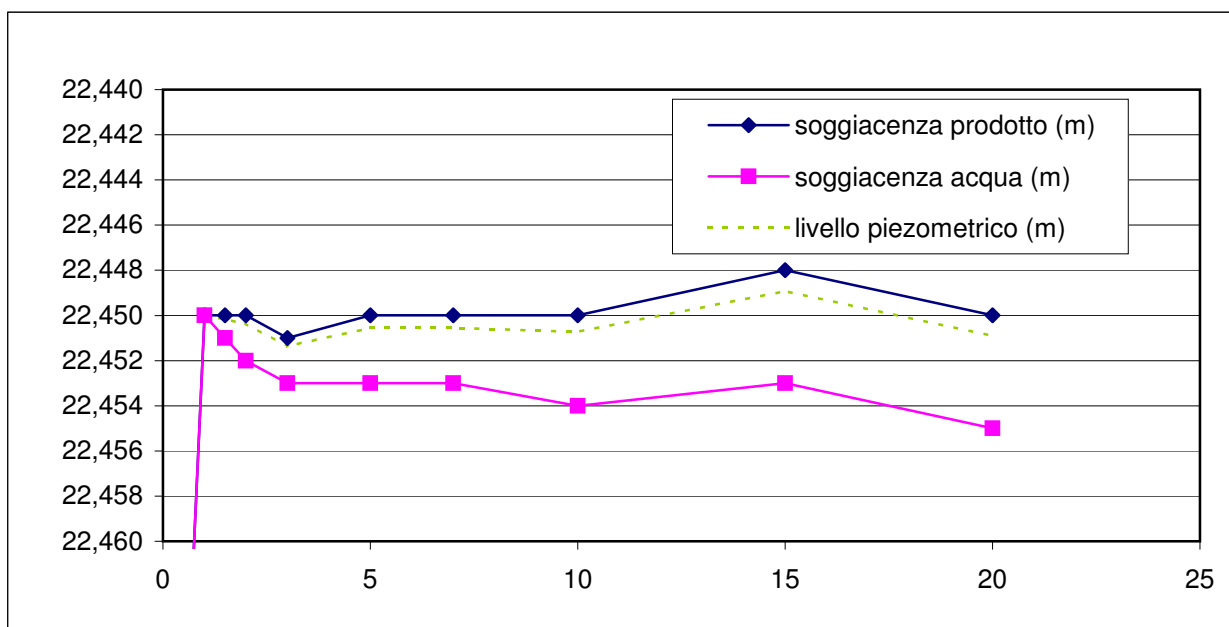
Densità  $\delta=818 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 11**  
**PROVA DI RICARICA PM50**  
**(16 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,450	22,460	1,0	22,452
0,5	22,470	22,470	0,0	22,470
1	22,450	22,450	0,0	22,450
1,5	22,450	22,451	0,1	22,450
2	22,450	22,452	0,2	22,450
3	22,451	22,453	0,2	22,451
5	22,450	22,453	0,3	22,451
7	22,450	22,453	0,3	22,451
10	22,450	22,454	0,4	22,451
15	22,448	22,453	0,5	22,449
20	22,450	22,455	0,5	22,451

Densità  $\delta=818 \text{ kg/m}^3$

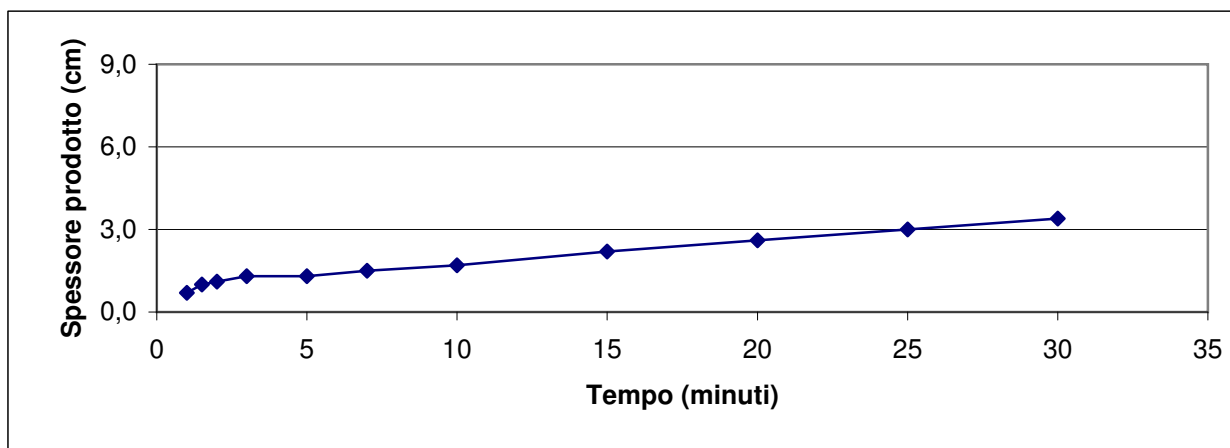
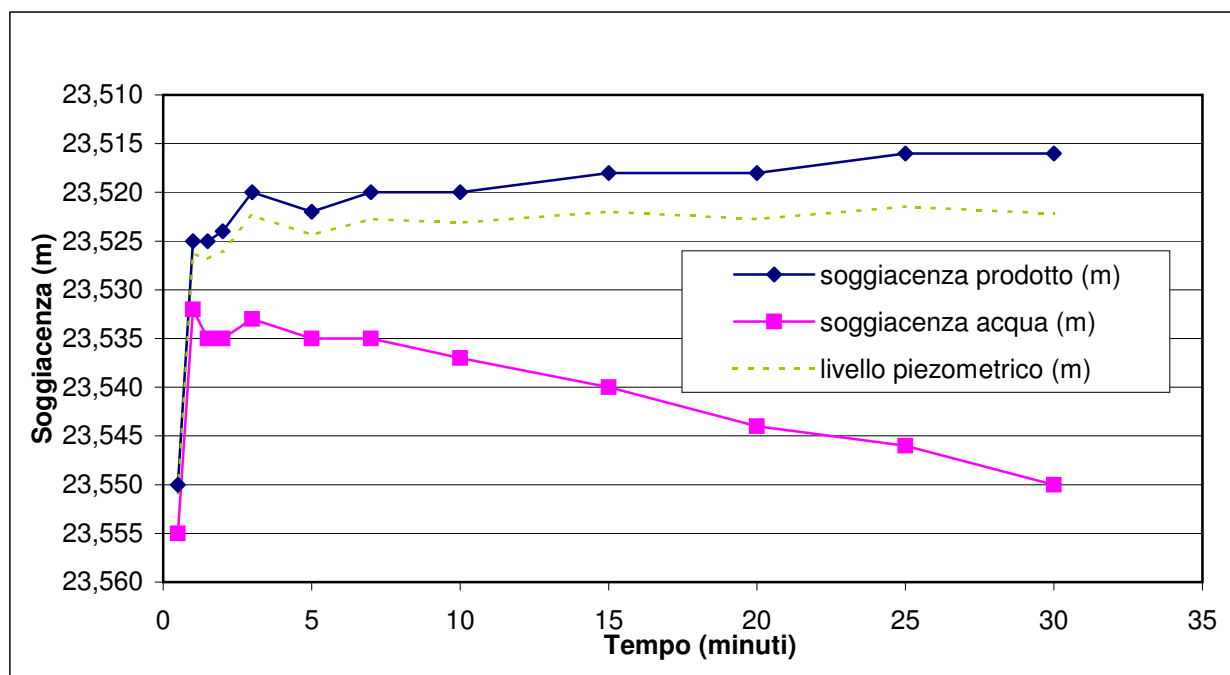




**SCHEDA 12**  
**PROVA DI RICARICA PM51**  
**(2 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,370	24,200	83,0	23,521
0,5	23,550	23,555	0,5	23,551
1	23,525	23,532	0,7	23,526
1,5	23,525	23,535	1,0	23,527
2	23,524	23,535	1,1	23,526
3	23,520	23,533	1,3	23,522
5	23,522	23,535	1,3	23,524
7	23,520	23,535	1,5	23,523
10	23,520	23,537	1,7	23,523
15	23,518	23,540	2,2	23,522
20	23,518	23,544	2,6	23,523
25	23,516	23,546	3,0	23,521
30	23,516	23,550	3,4	23,522

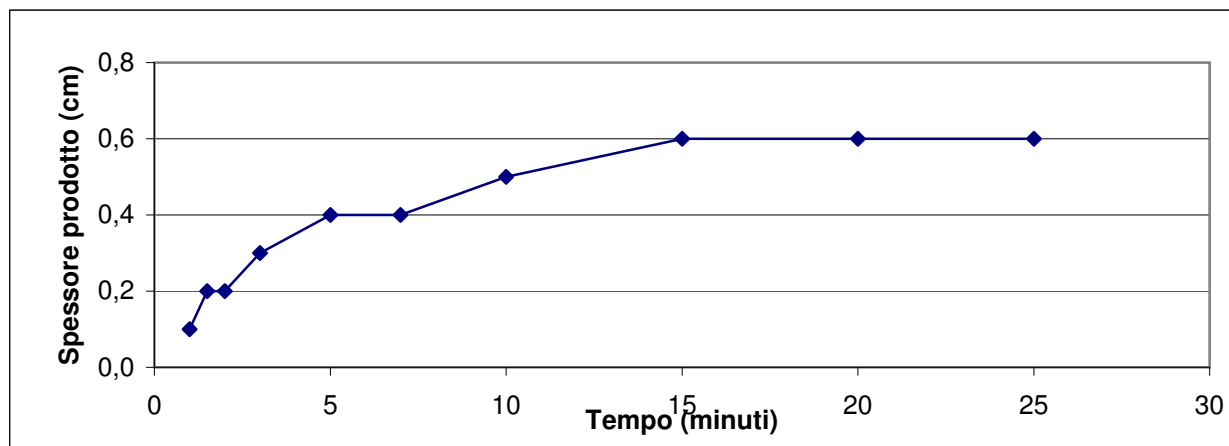
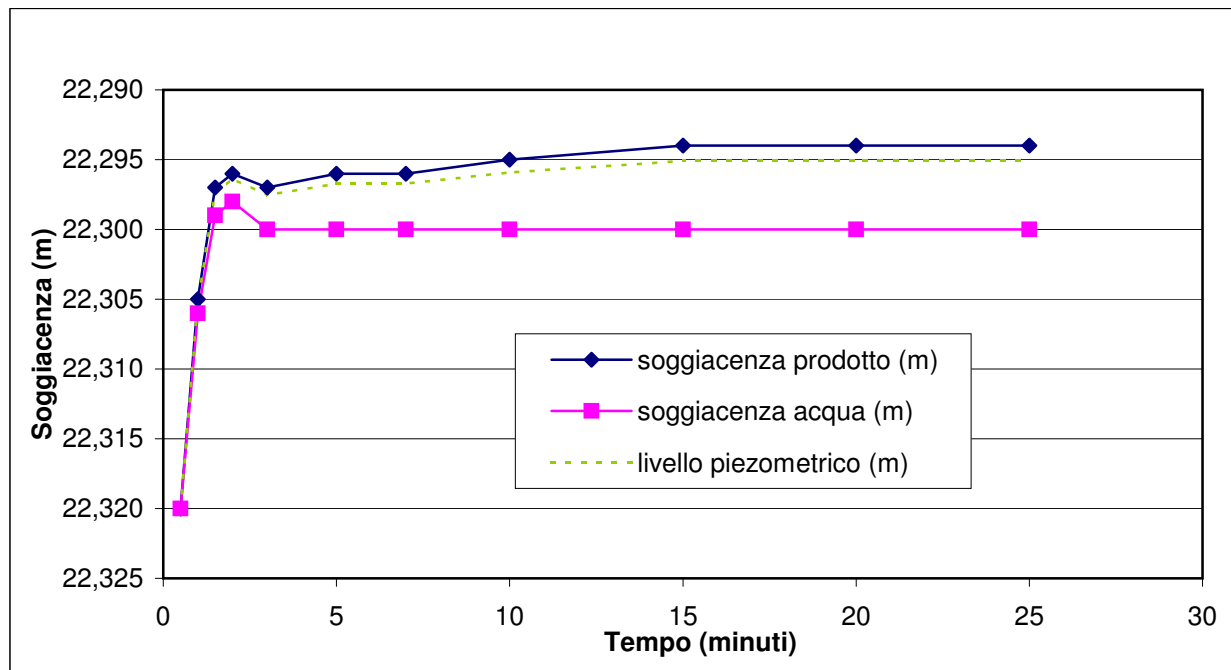
Densità  $\delta=818 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 13**  
**PROVA DI RICARICA PM51**  
**(16 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,300	22,320	2,0	22,304
0,5	22,320	22,320	0,0	22,320
1	22,305	22,306	0,1	22,305
1,5	22,297	22,299	0,2	22,297
2	22,296	22,298	0,2	22,296
3	22,297	22,300	0,3	22,298
5	22,296	22,300	0,4	22,297
7	22,296	22,300	0,4	22,297
10	22,295	22,300	0,5	22,296
15	22,294	22,300	0,6	22,295
20	22,294	22,300	0,6	22,295
25	22,294	22,300	0,6	22,295

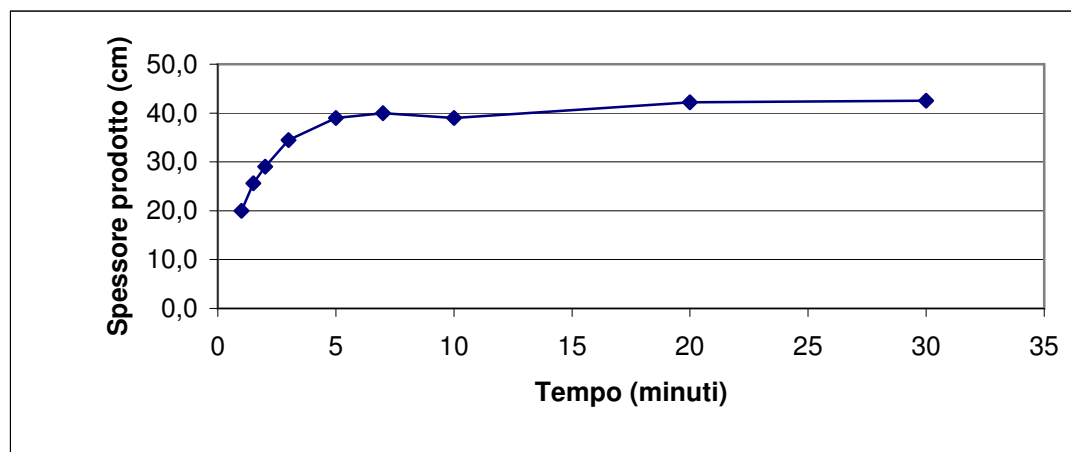
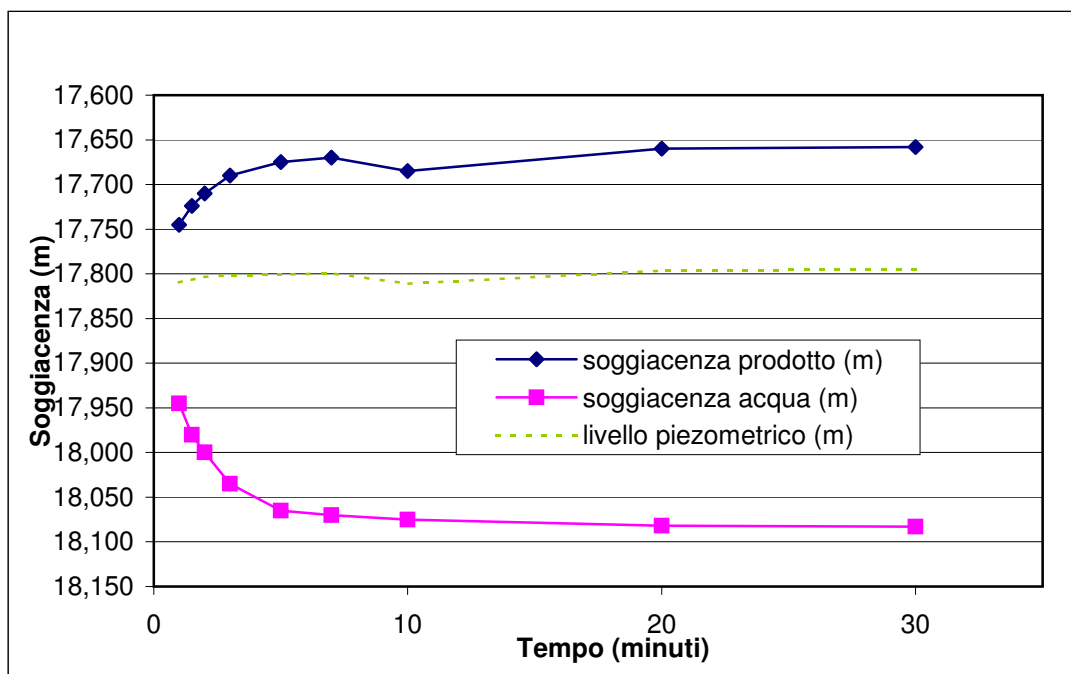
Densità  $\delta=818 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 14**  
**PROVA DI RICARICA PM52**  
**(6 febbraio 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,630	18,130	50,0	17,792
1	17,745	17,945	20,0	17,810
1,5	17,724	17,980	25,6	17,807
2	17,710	18,000	29,0	17,804
3	17,690	18,035	34,5	17,801
5	17,675	18,065	39,0	17,801
7	17,670	18,070	40,0	17,799
10	17,685	18,075	39,0	17,811
20	17,660	18,082	42,2	17,796
30	17,658	18,083	42,5	17,795

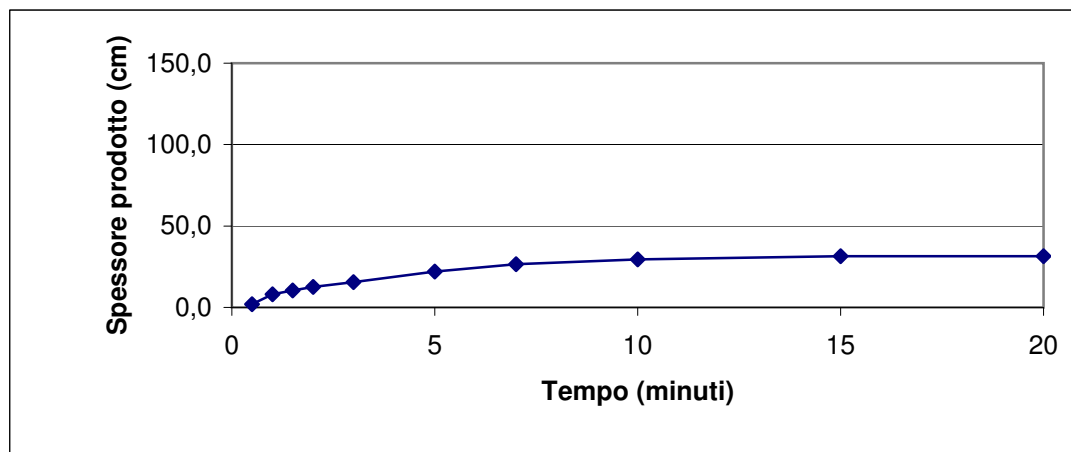
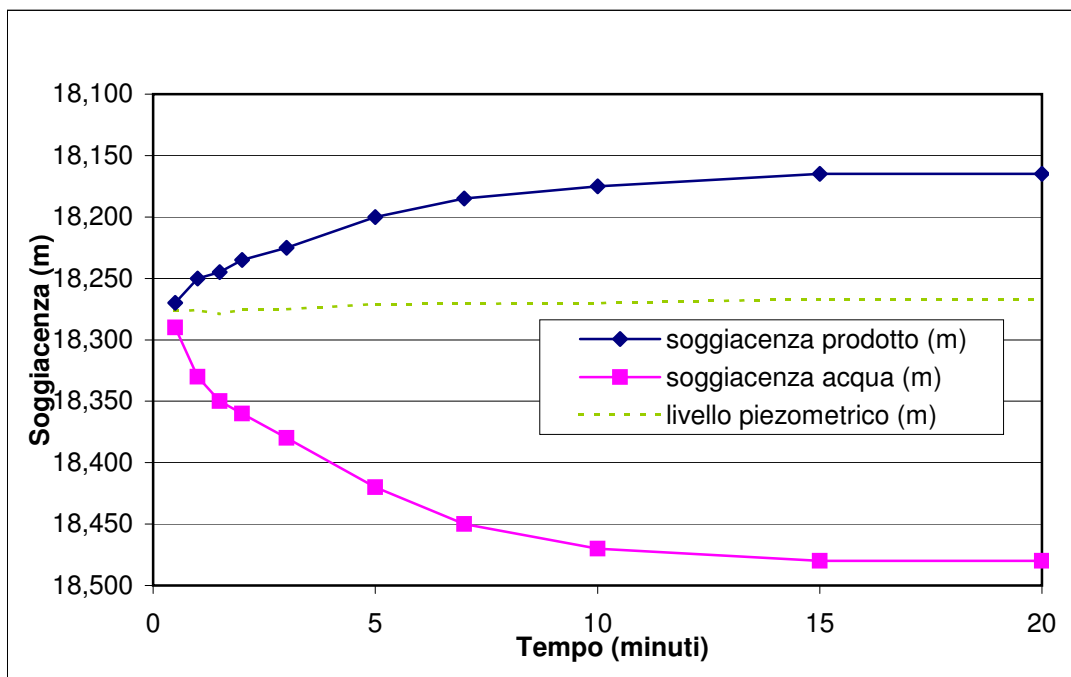
Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 15**  
**PROVA DI RICARICA PM52**  
**(29 settembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	18,160	18,480	32,0	18,263
0,5	18,270	18,290	2,0	18,276
1	18,250	18,330	8,0	18,276
1,5	18,245	18,350	10,5	18,279
2	18,235	18,360	12,5	18,275
3	18,225	18,380	15,5	18,275
5	18,200	18,420	22,0	18,271
7	18,185	18,450	26,5	18,271
10	18,175	18,470	29,5	18,270
15	18,165	18,480	31,5	18,267
20	18,165	18,480	31,5	18,267

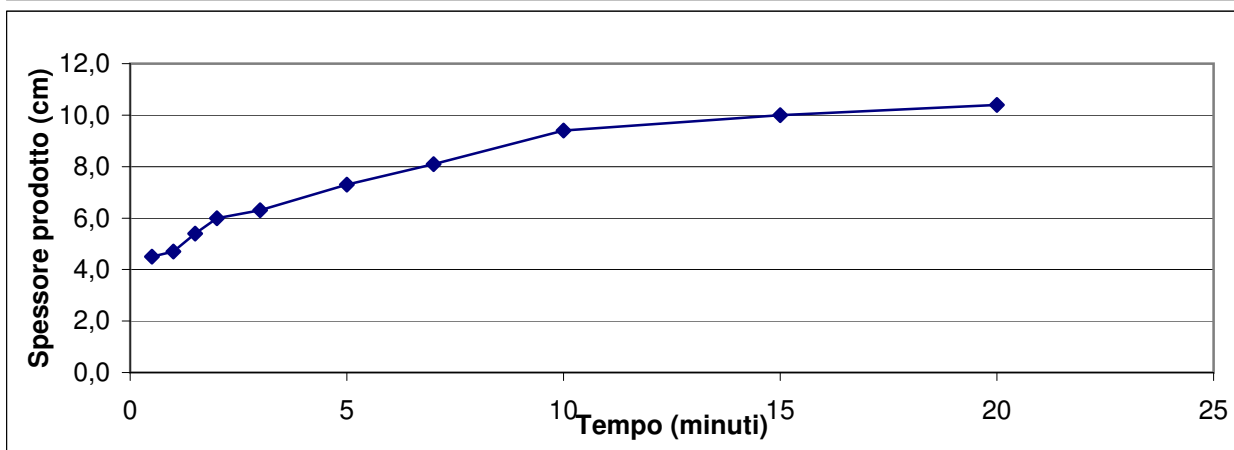
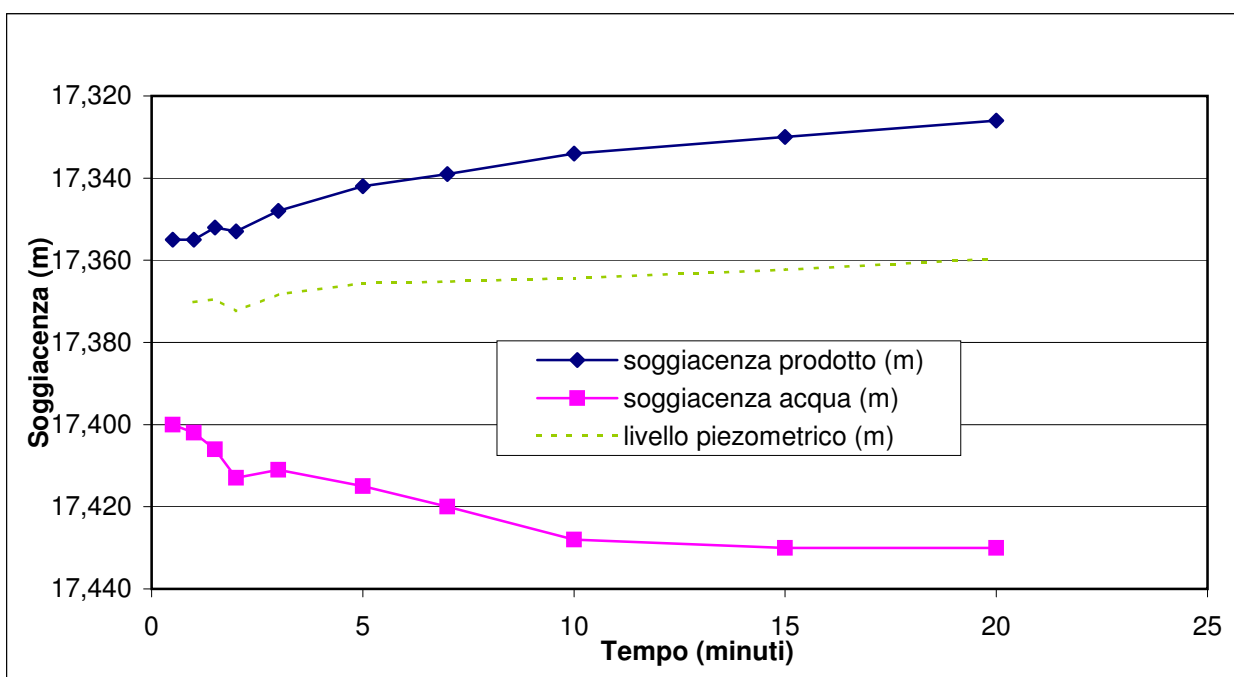
Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 16**  
**PROVA DI RICARICA PM52**  
**(20 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,315	17,520	20,5	17,381
0,5	17,355	17,400	4,5	17,370
1	17,355	17,402	4,7	17,370
1,5	17,352	17,406	5,4	17,369
2	17,353	17,413	6,0	17,372
3	17,348	17,411	6,3	17,368
5	17,342	17,415	7,3	17,366
7	17,339	17,420	8,1	17,365
10	17,334	17,428	9,4	17,364
15	17,330	17,430	10,0	17,362
20	17,326	17,430	10,4	17,360

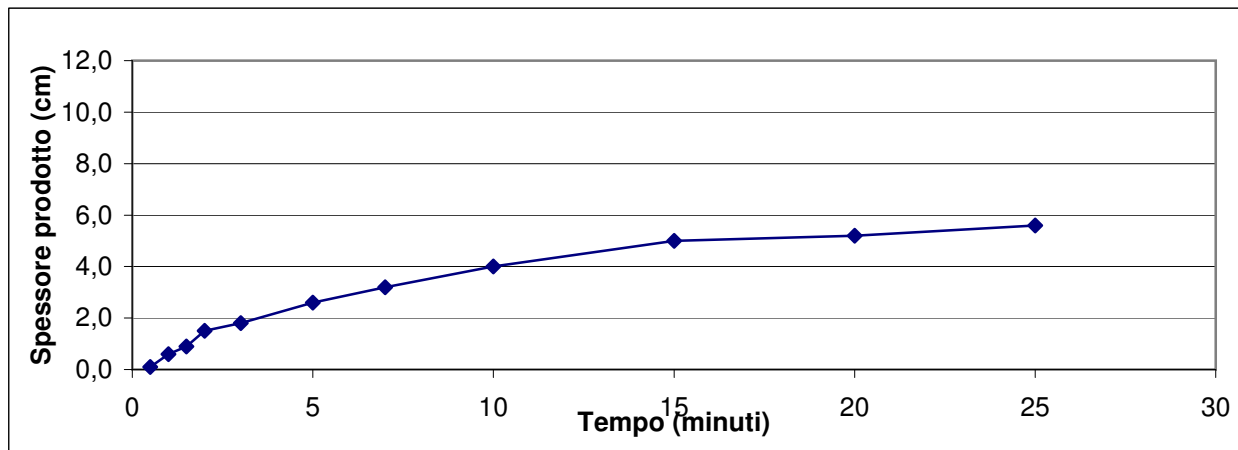
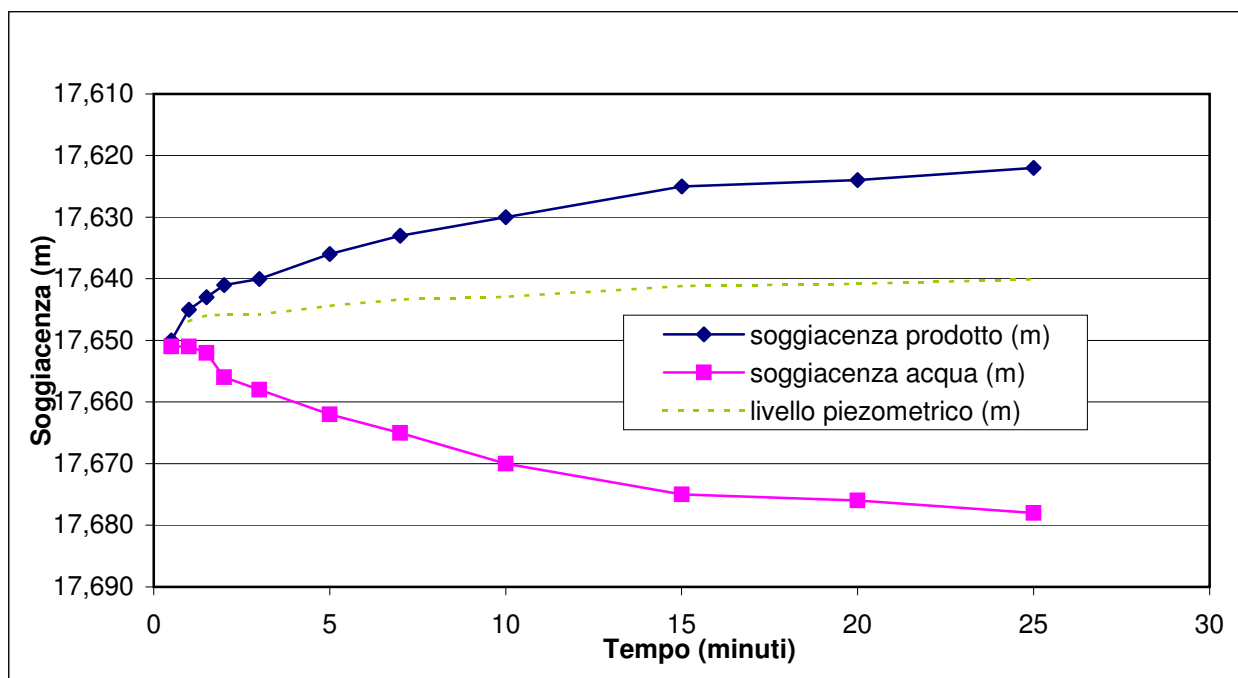
Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 17**  
**PROVA DI RICARICA PM52**  
**(4 maggio 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,645	17,660	1,5	17,650
0,5	17,650	17,651	0,1	17,650
1	17,645	17,651	0,6	17,647
1,5	17,643	17,652	0,9	17,646
2	17,641	17,656	1,5	17,646
3	17,640	17,658	1,8	17,646
5	17,636	17,662	2,6	17,644
7	17,633	17,665	3,2	17,643
10	17,630	17,670	4,0	17,643
15	17,625	17,675	5,0	17,641
20	17,624	17,676	5,2	17,641
25	17,622	17,678	5,6	17,640

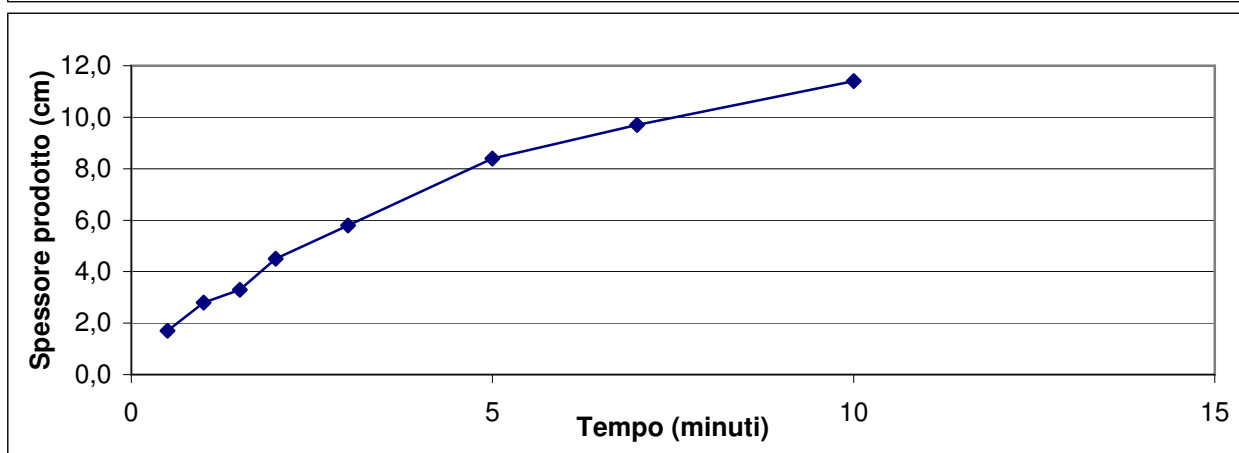
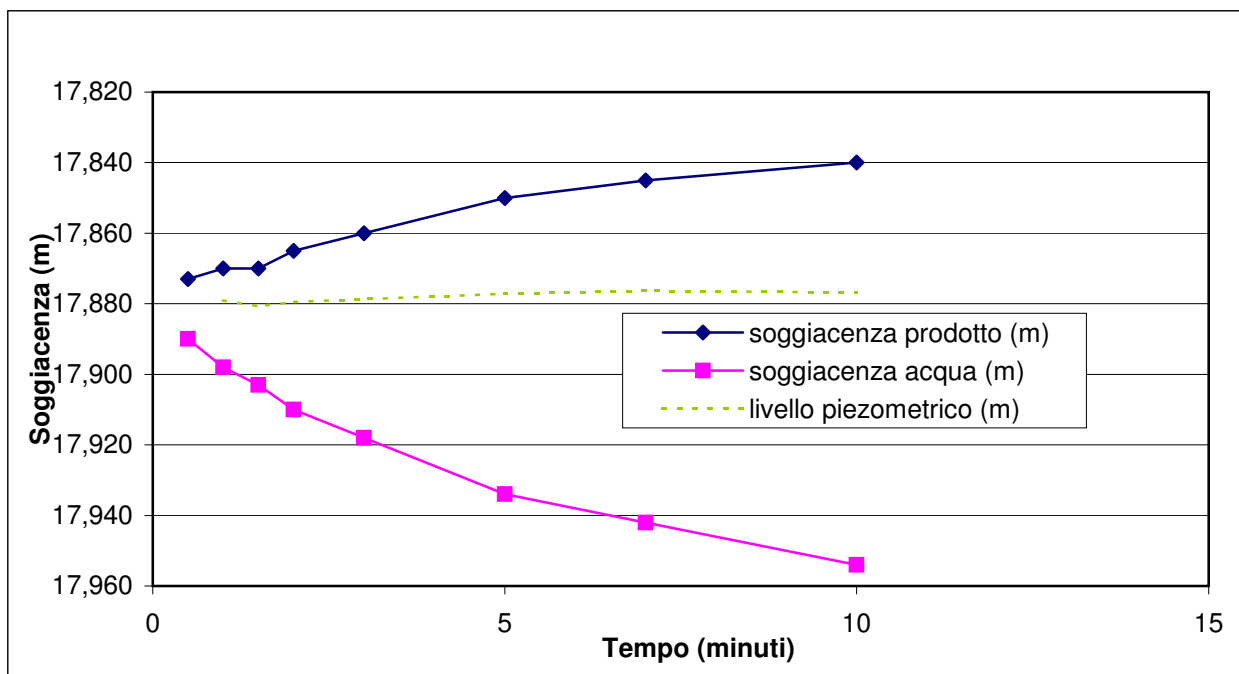
Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 18**  
**PROVA DI RICARICA PM52**  
**(12 luglio 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,820	17,990	17,0	17,875
0,5	17,873	17,890	1,7	17,878
1	17,870	17,898	2,8	17,879
1,5	17,870	17,903	3,3	17,881
2	17,865	17,910	4,5	17,880
3	17,860	17,918	5,8	17,879
5	17,850	17,934	8,4	17,877
7	17,845	17,942	9,7	17,876
10	17,840	17,954	11,4	17,877

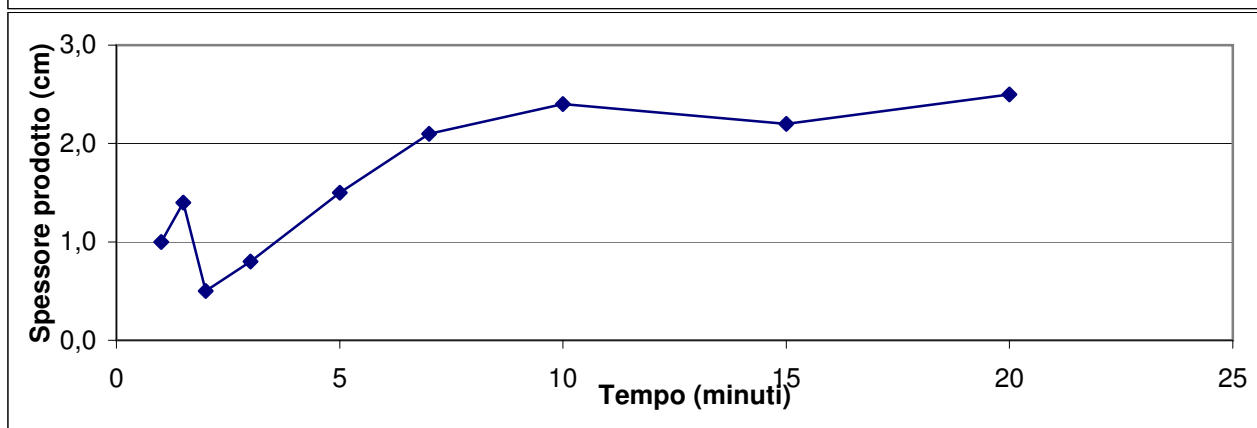
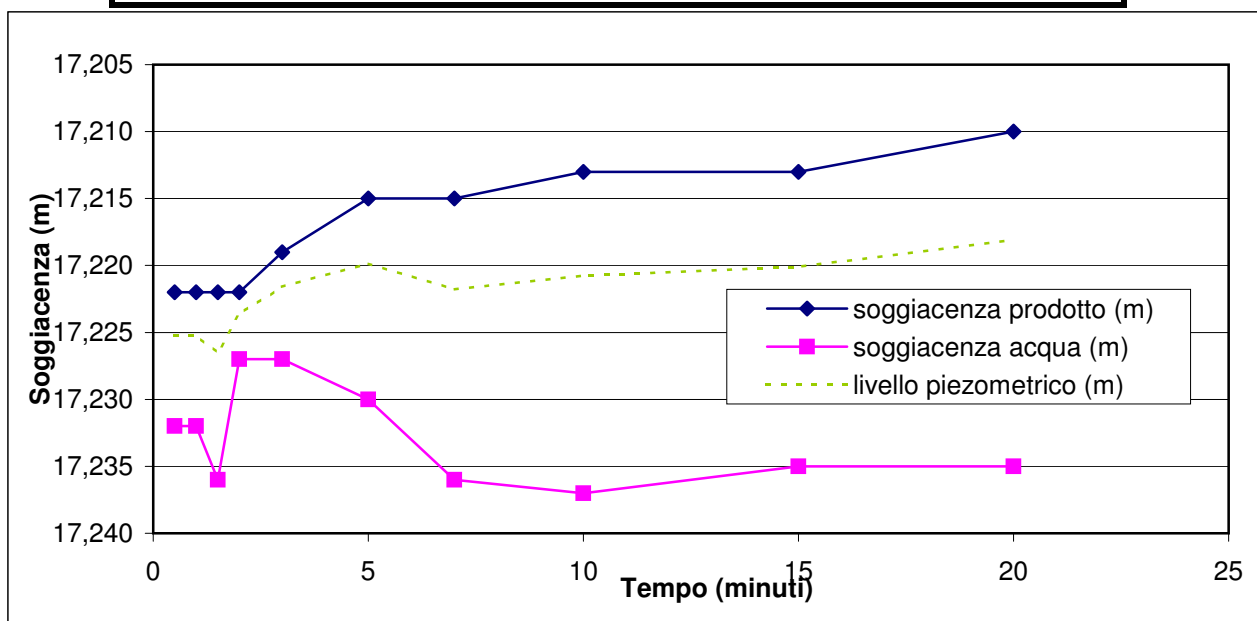
Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 19**  
**PROVA DI RICARICA PM53**  
**(20 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,141	17,380	23,9	17,218
0,5	17,222	17,232	1,0	17,225
1	17,222	17,232	1,0	17,225
1,5	17,222	17,236	1,4	17,227
2	17,222	17,227	0,5	17,224
3	17,219	17,227	0,8	17,222
5	17,215	17,230	1,5	17,220
7	17,215	17,236	2,1	17,222
10	17,213	17,237	2,4	17,221
15	17,213	17,235	2,2	17,220
20	17,210	17,235	2,5	17,218

Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$

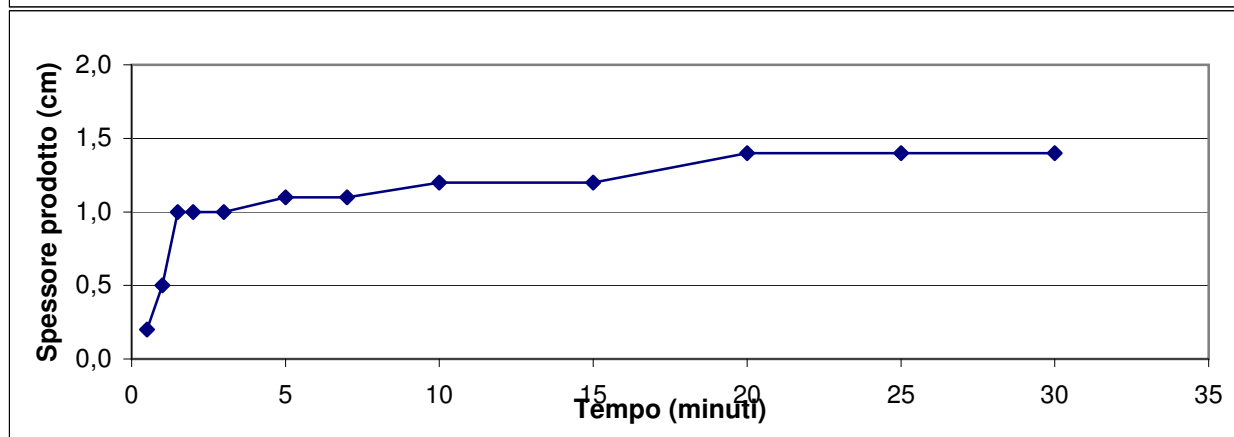
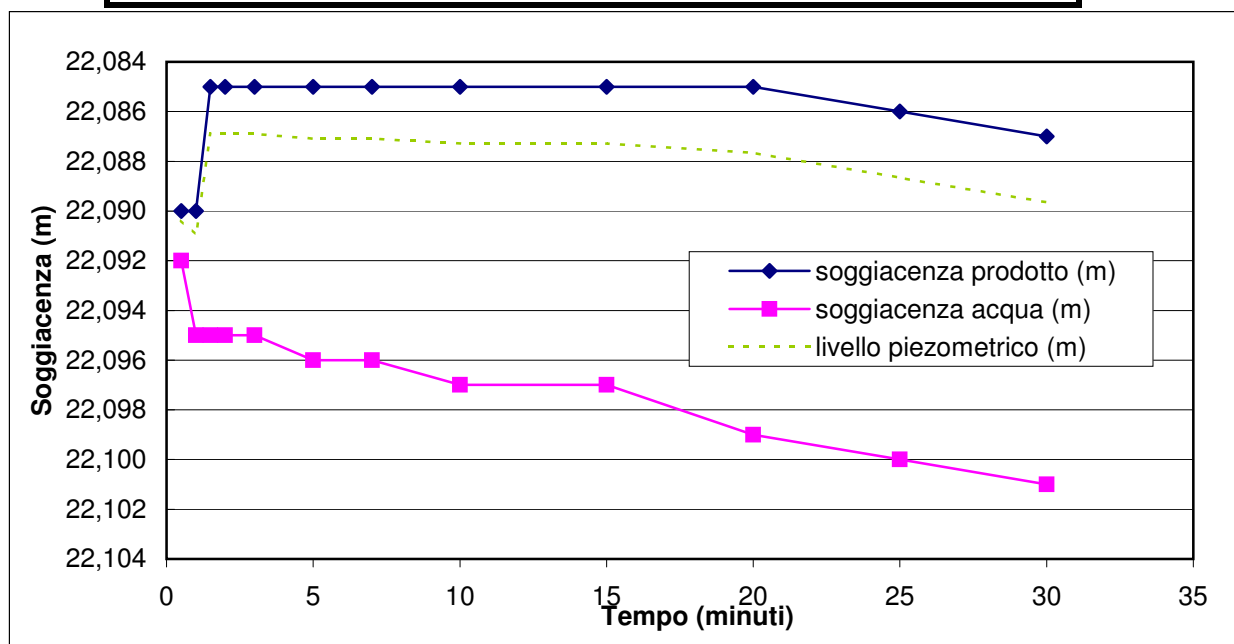




**SCHEDA 20**  
**PROVA DI RICARICA PM55**  
**(13 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,050	22,220	17,0	22,082
0,5	22,090	22,092	0,2	22,090
1	22,090	22,095	0,5	22,091
1,5	22,085	22,095	1,0	22,087
2	22,085	22,095	1,0	22,087
3	22,085	22,095	1,0	22,087
5	22,085	22,096	1,1	22,087
7	22,085	22,096	1,1	22,087
10	22,085	22,097	1,2	22,087
15	22,085	22,097	1,2	22,087
20	22,085	22,099	1,4	22,088
25	22,086	22,100	1,4	22,089
30	22,087	22,101	1,4	22,090

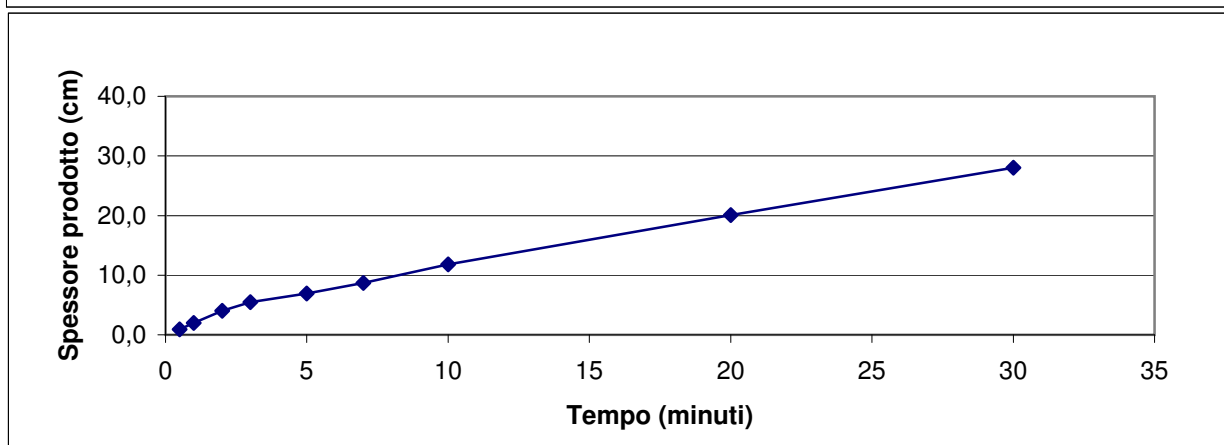
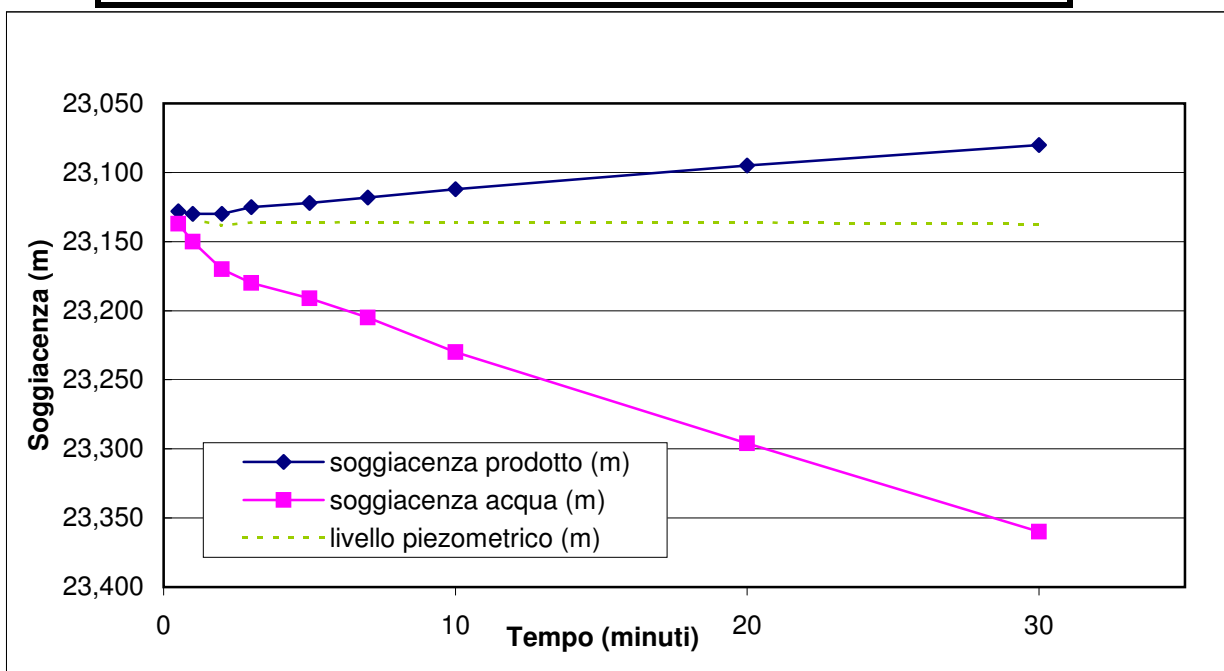
Densità  $\delta=810 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 21**  
**PROVA DI RICARICA PM56**  
**(15 gennaio 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,690	24,820	213,0	23,127
0,5	23,128	23,137	0,9	23,130
1	23,130	23,150	2,0	23,134
2	23,130	23,170	4,0	23,138
3	23,125	23,180	5,5	23,136
5	23,122	23,191	6,9	23,136
7	23,118	23,205	8,7	23,136
10	23,112	23,230	11,8	23,136
20	23,095	23,296	20,1	23,136
30	23,080	23,360	28,0	23,137

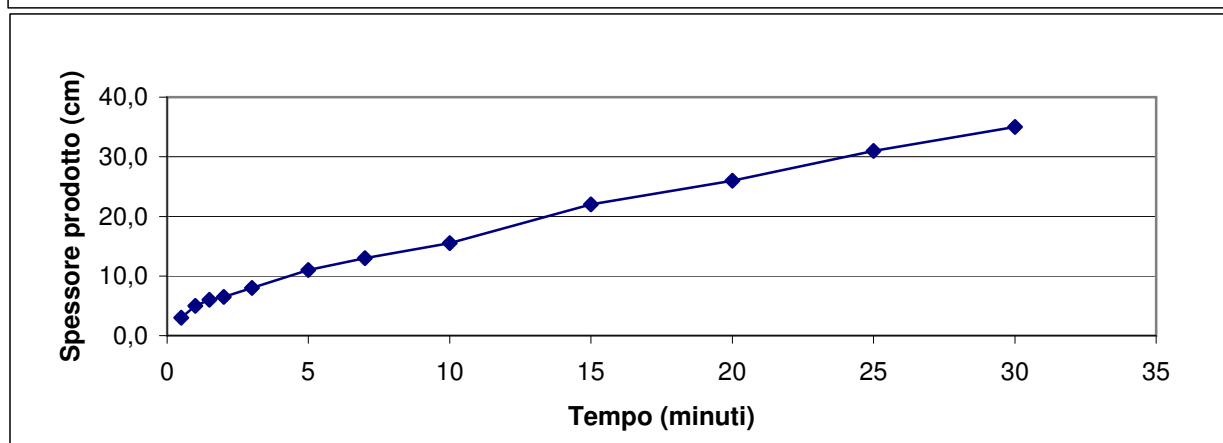
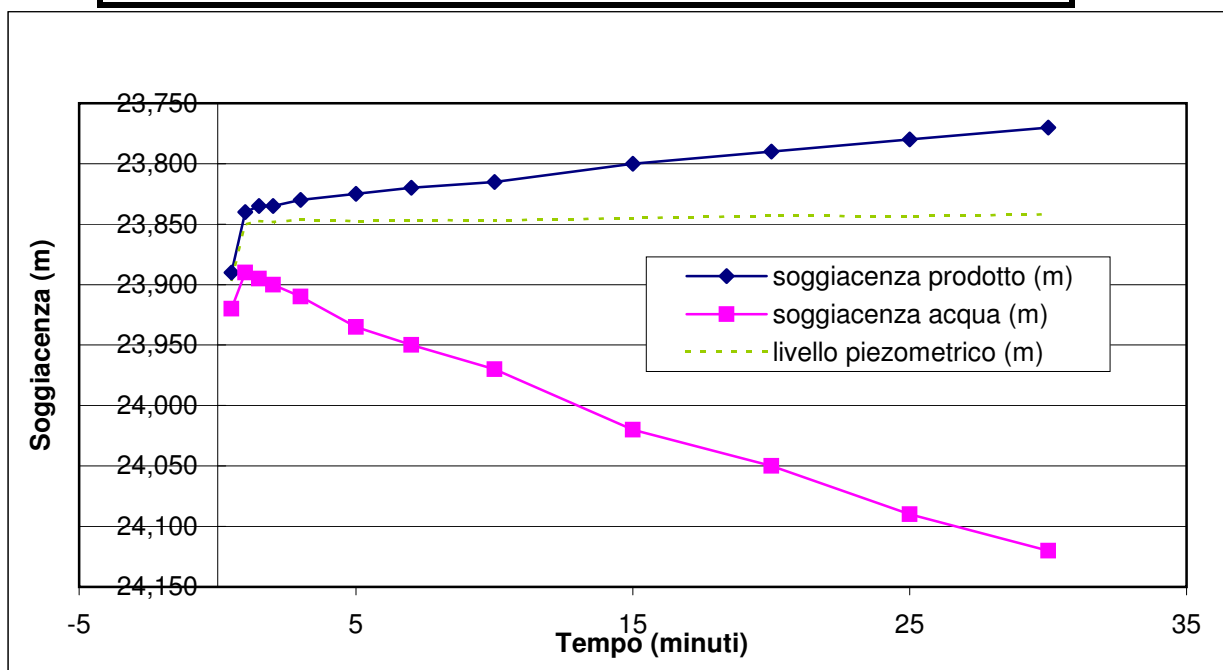
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 22**  
**PROVA DI RICARICA PM56**  
**(23 settembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,480	25,200	172,0	23,833
0,5	23,890	23,920	3,0	23,896
1	23,840	23,890	5,0	23,850
1,5	23,835	23,895	6,0	23,847
2	23,835	23,900	6,5	23,848
3	23,830	23,910	8,0	23,846
5	23,825	23,935	11,0	23,848
7	23,820	23,950	13,0	23,847
10	23,815	23,970	15,5	23,847
15	23,800	24,020	22,0	23,845
20	23,790	24,050	26,0	23,843
25	23,780	24,090	31,0	23,844
30	23,770	24,120	35,0	23,842

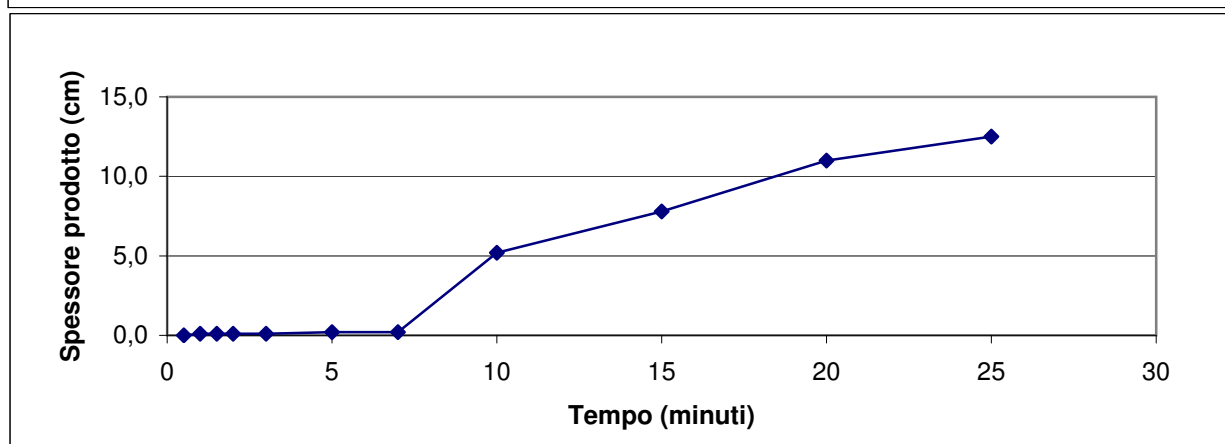
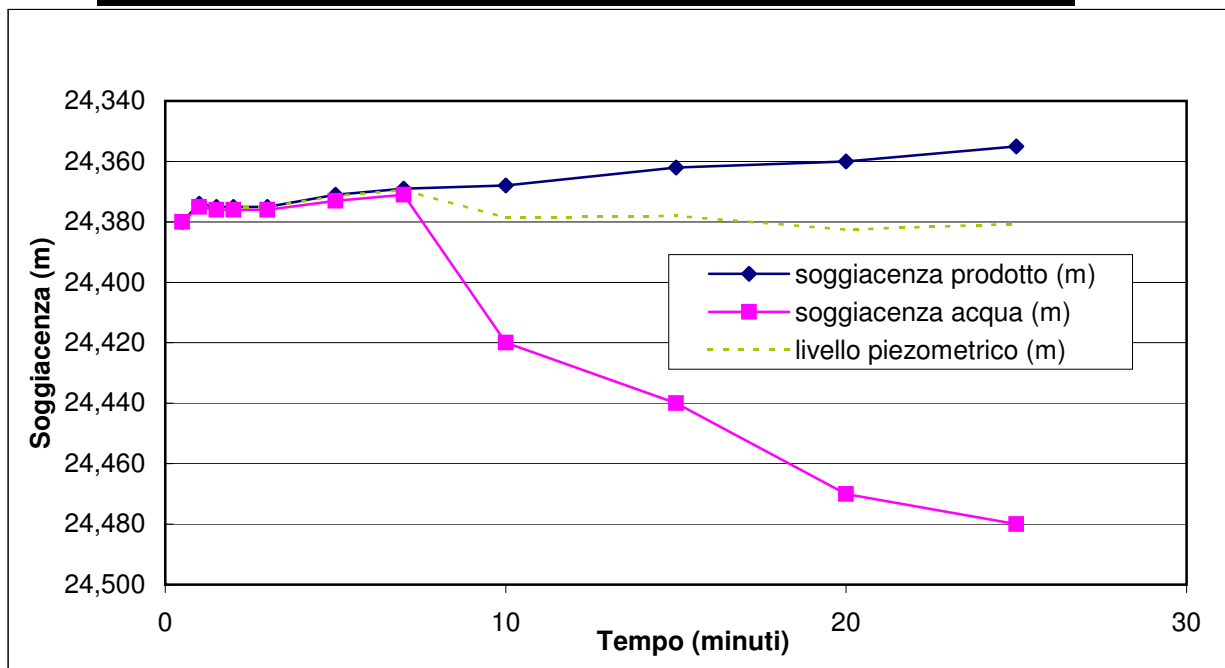
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 23**  
**PROVA DI RICARICA PM56**  
**(13 aprile 2005)**

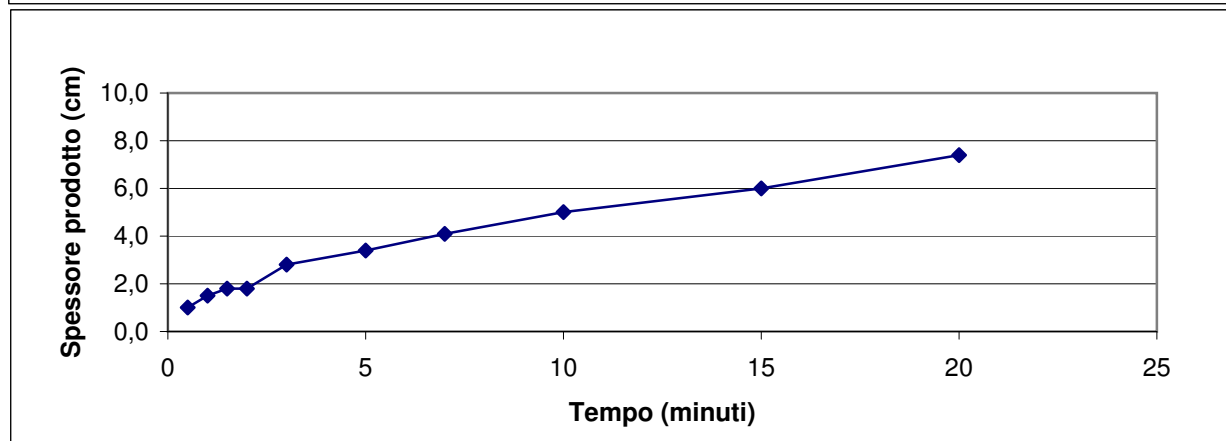
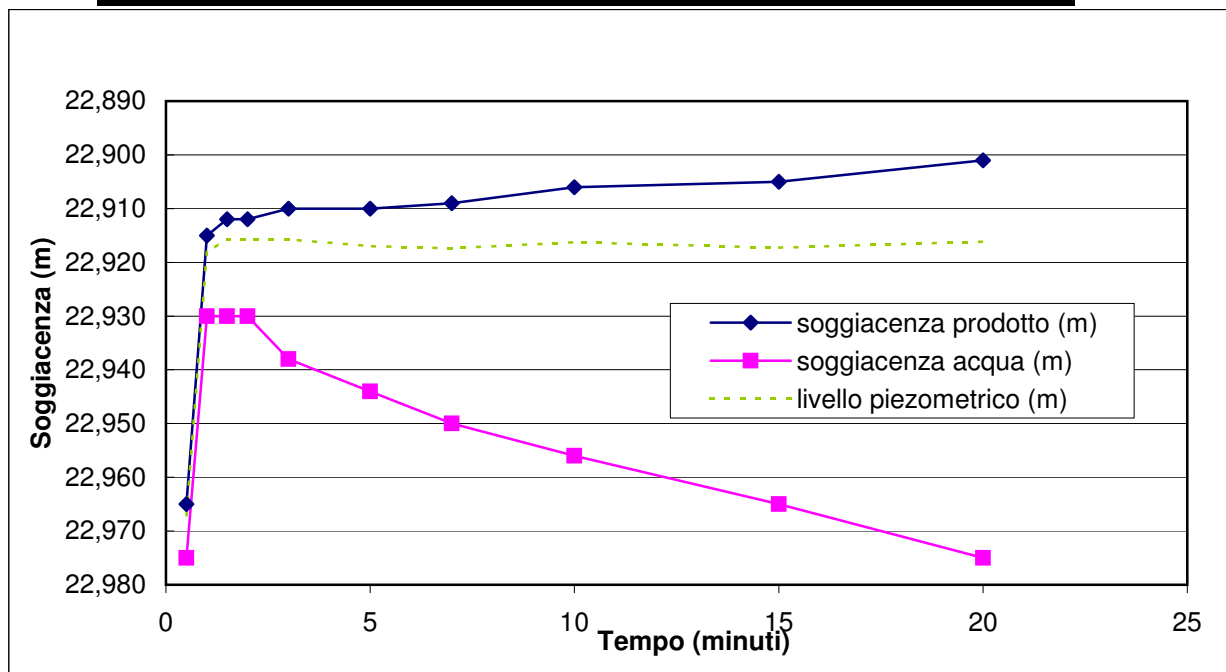
tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,000	24,760	176,0	23,361
0,5	24,380	24,380	0,0	24,380
1	24,374	24,375	0,1	24,374
1,5	24,375	24,376	0,1	24,375
2	24,375	24,376	0,1	24,375
3	24,375	24,376	0,1	24,375
5	24,371	24,373	0,2	24,371
7	24,369	24,371	0,2	24,369
10	24,368	24,420	5,2	24,379
15	24,362	24,440	7,8	24,378
20	24,360	24,470	11,0	24,383
25	24,355	24,480	12,5	24,381

Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 24**  
**PROVA DI RICARICA PM56**  
**(8 febbraio 2006)**

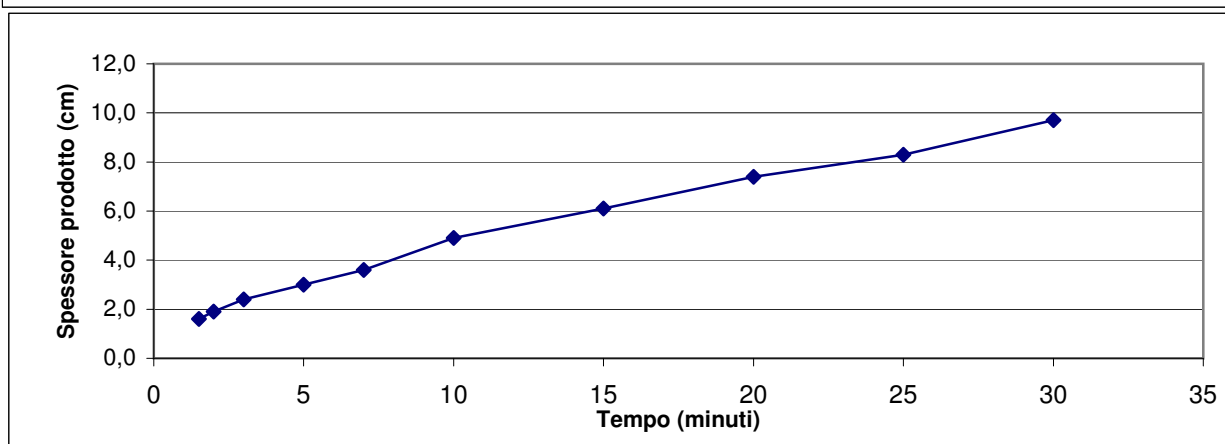
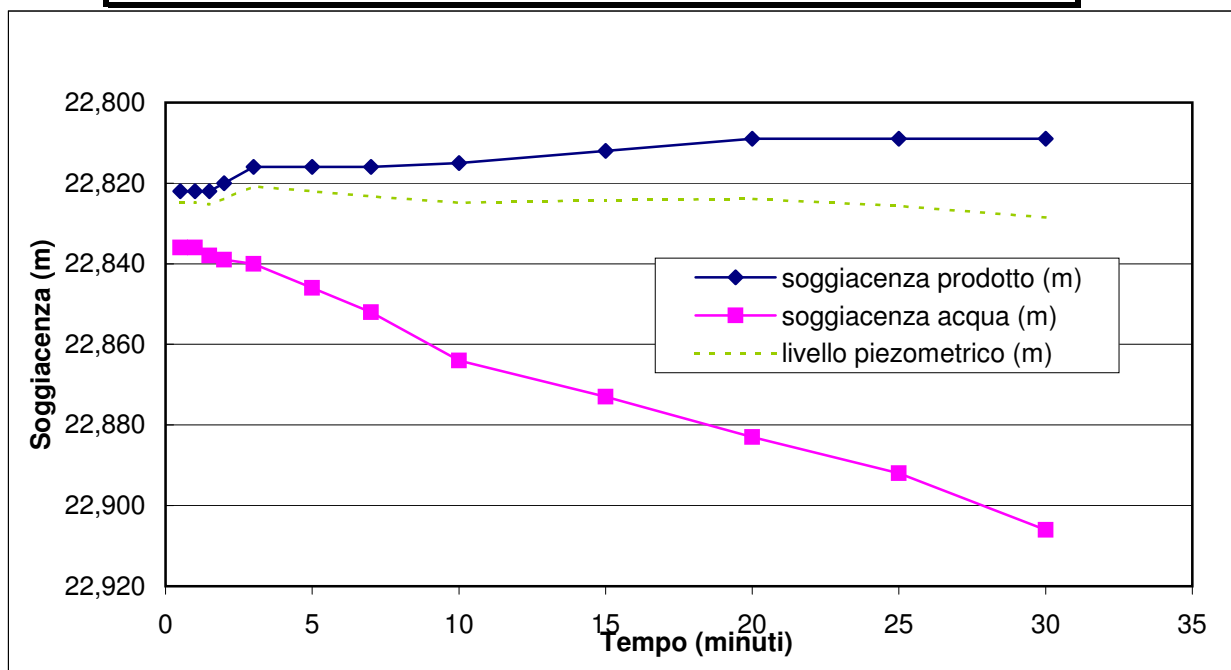
tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,660	23,930	127,0	22,920
0,5	22,965	22,975	1,0	22,967
1	22,915	22,930	1,5	22,918
1,5	22,912	22,930	1,8	22,916
2	22,912	22,930	1,8	22,916
3	22,910	22,938	2,8	22,916
5	22,910	22,944	3,4	22,917
7	22,909	22,950	4,1	22,917
10	22,906	22,956	5,0	22,916
15	22,905	22,965	6,0	22,917
20	22,901	22,975	7,4	22,916
Densità $\delta=795 \text{ kg/m}^3$				



**SCHEDA 25**  
**PROVA DI RICARICA PM56**  
**(14 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,482	24,140	165,8	22,815
0,5	22,822	22,836	1,4	22,825
1	22,822	22,836	1,4	22,825
1,5	22,822	22,838	1,6	22,825
2	22,820	22,839	1,9	22,824
3	22,816	22,840	2,4	22,821
5	22,816	22,846	3,0	22,822
7	22,816	22,852	3,6	22,823
10	22,815	22,864	4,9	22,825
15	22,812	22,873	6,1	22,824
20	22,809	22,883	7,4	22,824
25	22,809	22,892	8,3	22,826
30	22,809	22,906	9,7	22,828

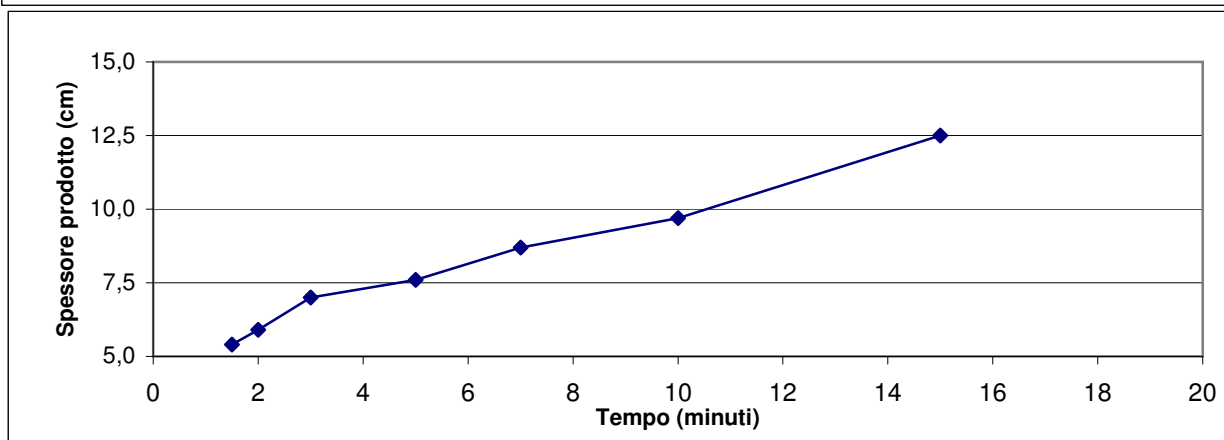
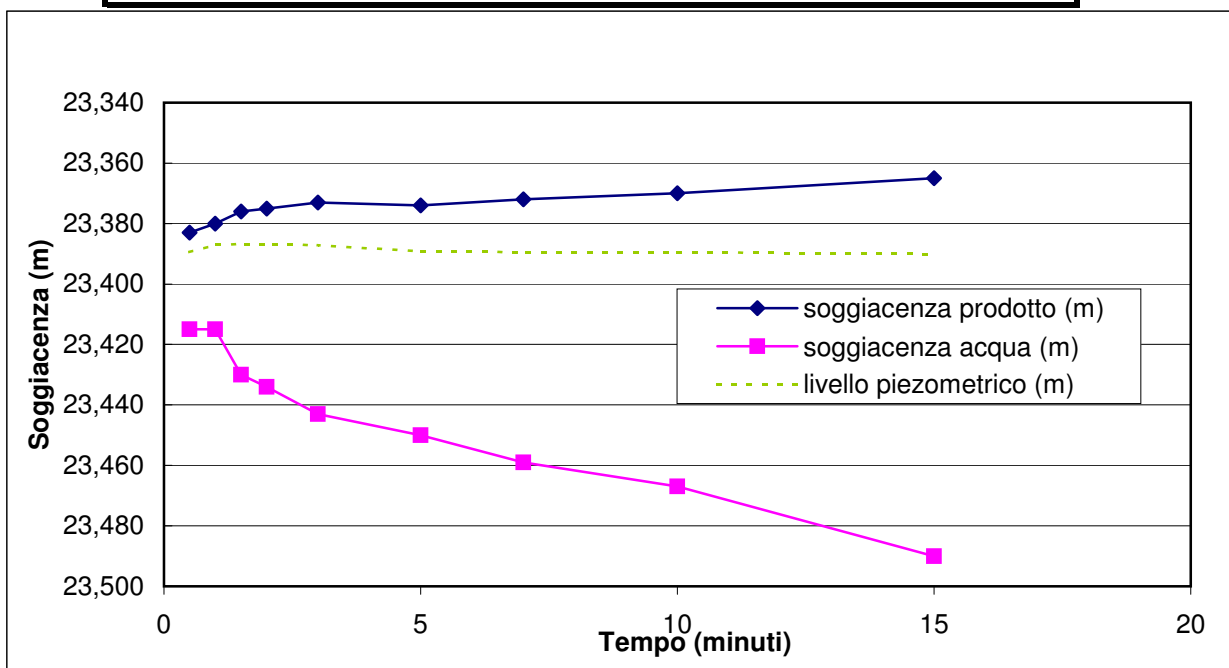
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 26**  
**PROVA DI RICARICA PM56**  
**(12 luglio 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,050	24,690	164,0	23,380
0,5	23,383	23,415	3,2	23,389
1	23,380	23,415	3,5	23,387
1,5	23,376	23,430	5,4	23,387
2	23,375	23,434	5,9	23,387
3	23,373	23,443	7,0	23,387
5	23,374	23,450	7,6	23,389
7	23,372	23,459	8,7	23,389
10	23,370	23,467	9,7	23,389
15	23,365	23,490	12,5	23,390

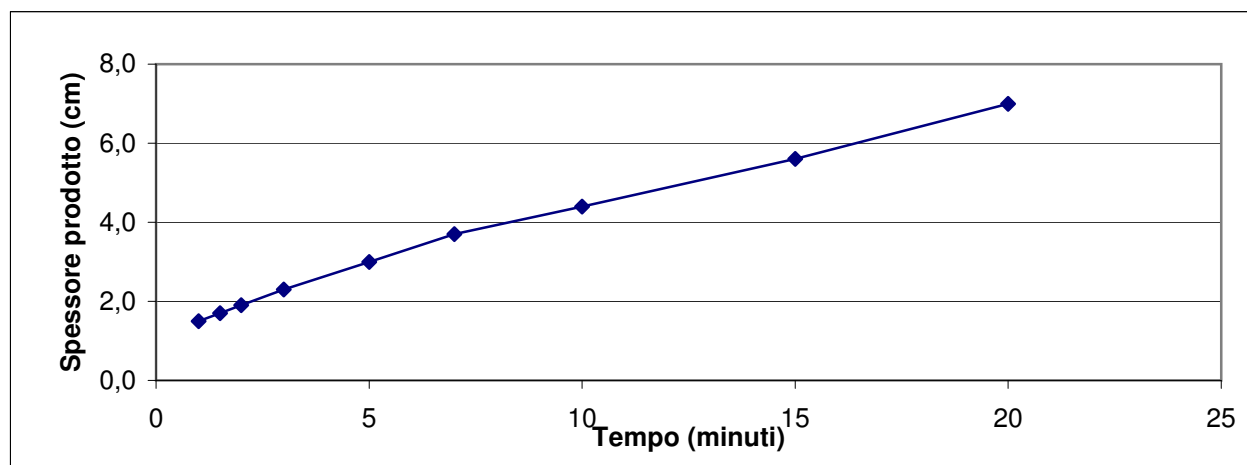
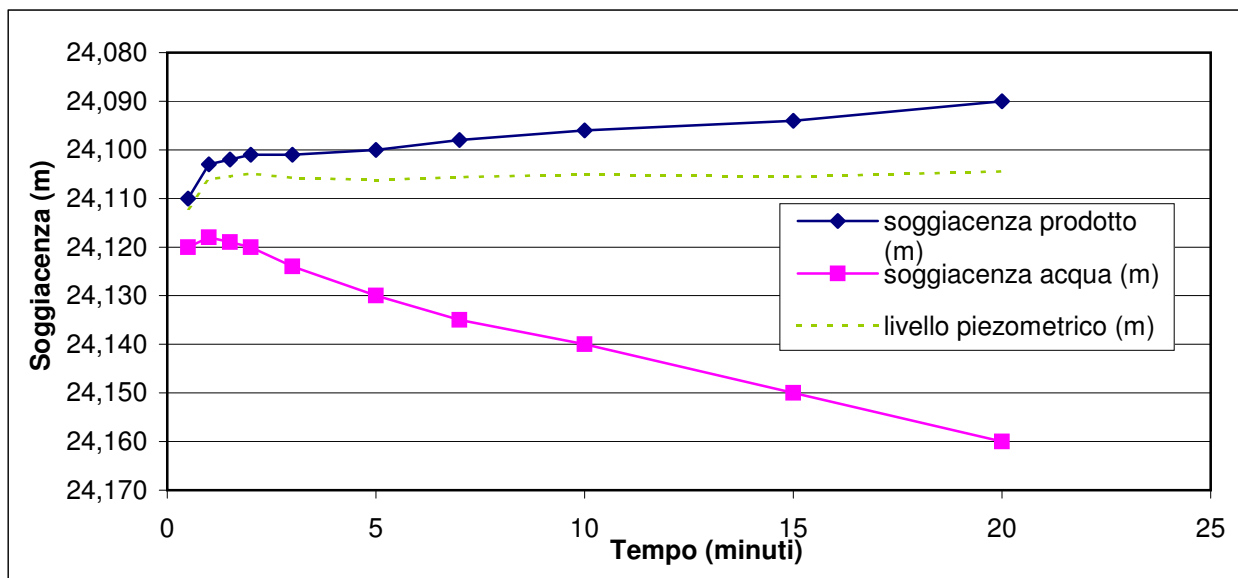
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 27**  
**PROVA DI RICARICA PM58**  
**(2 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,770	25,400	163,0	24,106
0,5	24,110	24,120	1,0	24,112
1	24,103	24,118	1,5	24,106
1,5	24,102	24,119	1,7	24,106
2	24,101	24,120	1,9	24,105
3	24,101	24,124	2,3	24,106
5	24,100	24,130	3,0	24,106
7	24,098	24,135	3,7	24,106
10	24,096	24,140	4,4	24,105
15	24,094	24,150	5,6	24,106
20	24,090	24,160	7,0	24,104

Densità  $\delta=794 \text{ kg/m}^3$

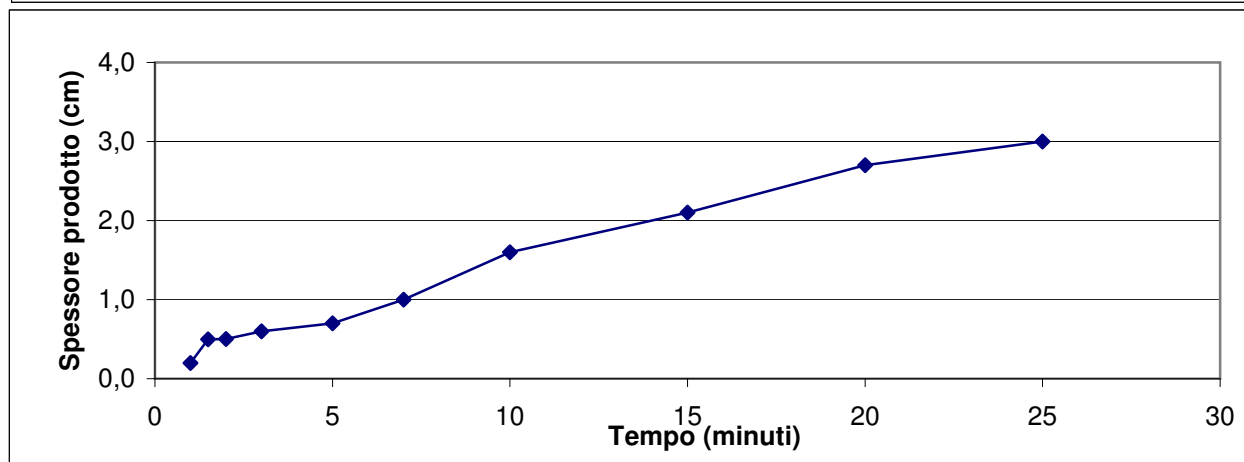
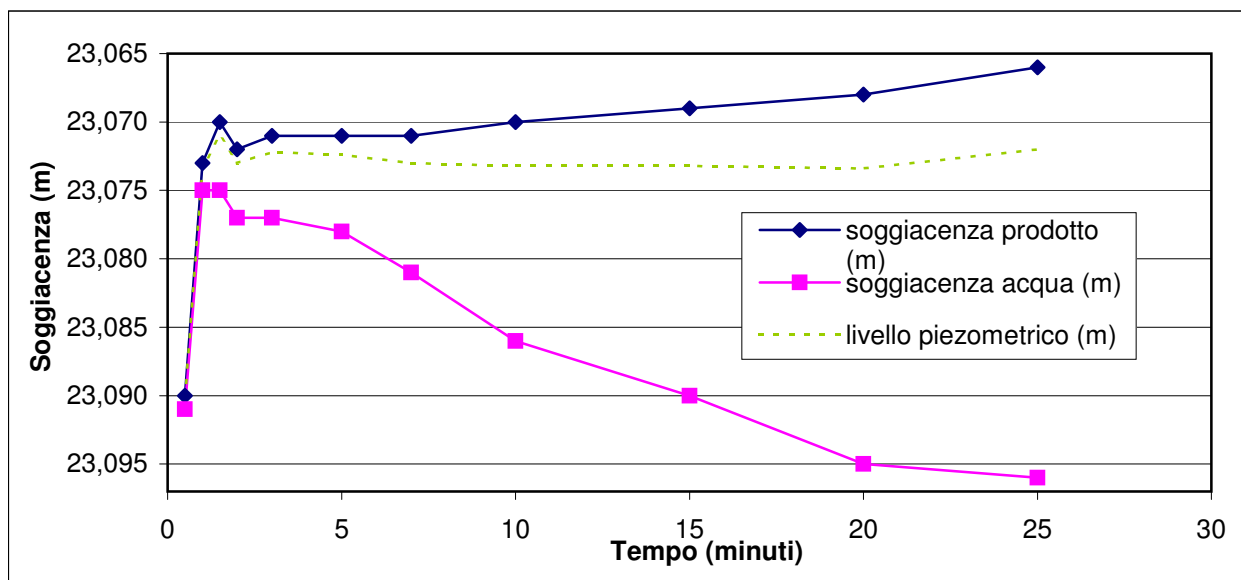




**SCHEDA 28**  
**PROVA DI RICARICA PM58**  
**(15 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,910	23,750	84,0	23,078
0,5	23,090	23,091	0,1	23,090
1	23,073	23,075	0,2	23,073
1,5	23,070	23,075	0,5	23,071
2	23,072	23,077	0,5	23,073
3	23,071	23,077	0,6	23,072
5	23,071	23,078	0,7	23,072
7	23,071	23,081	1,0	23,073
10	23,070	23,086	1,6	23,073
15	23,069	23,090	2,1	23,073
20	23,068	23,095	2,7	23,073
25	23,066	23,096	3,0	23,072

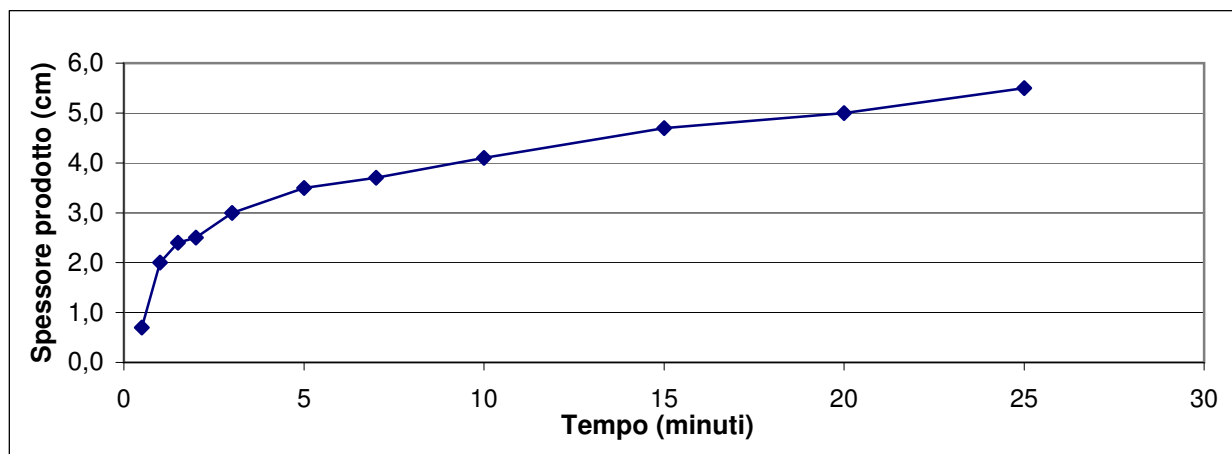
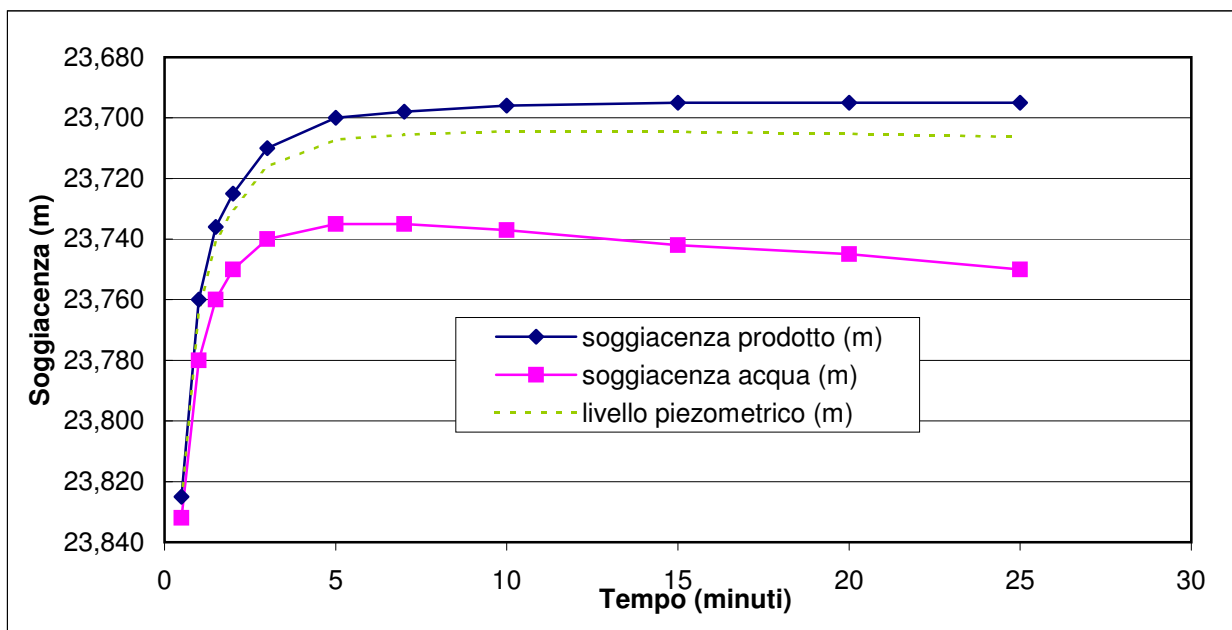
Densità  $\delta=800 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 29**  
**PROVA DI RICARICA PM65**  
**(2 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,395	24,885	149,0	23,700
0,5	23,825	23,832	0,7	23,826
1	23,760	23,780	2,0	23,764
1,5	23,736	23,760	2,4	23,741
2	23,725	23,750	2,5	23,730
3	23,710	23,740	3,0	23,716
5	23,700	23,735	3,5	23,707
7	23,698	23,735	3,7	23,706
10	23,696	23,737	4,1	23,704
15	23,695	23,742	4,7	23,705
20	23,695	23,745	5,0	23,705
25	23,695	23,750	5,5	23,706

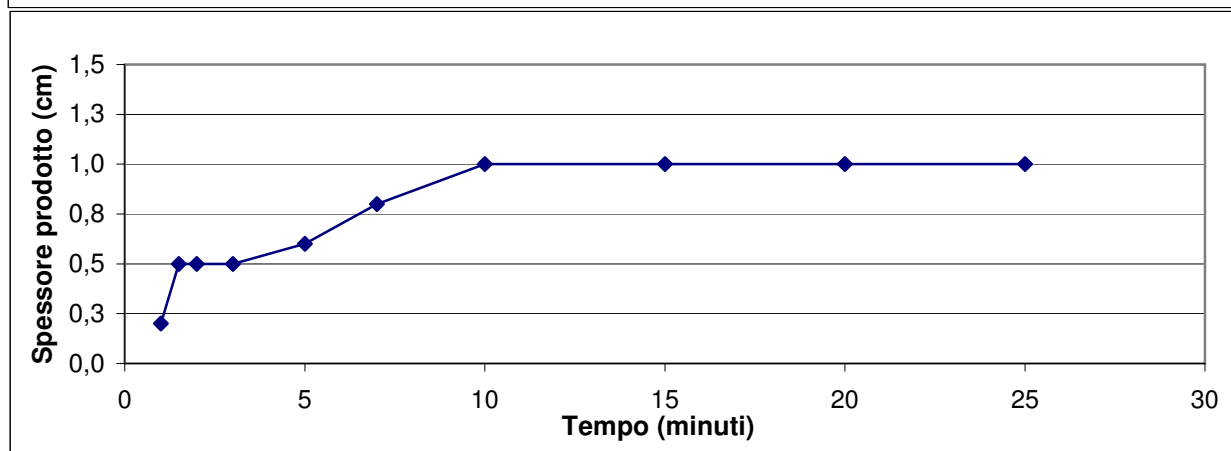
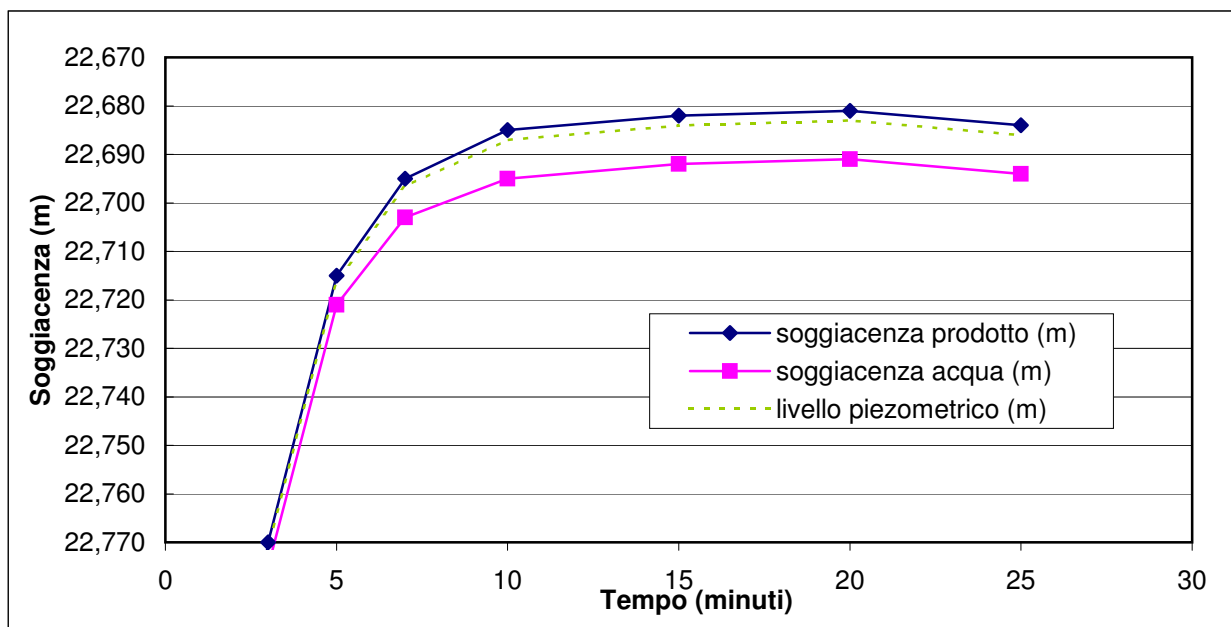
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 30**  
**PROVA DI RICARICA PM65**  
**(15 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,760	22,850	9,0	22,778
0,5	22,960	22,961	0,1	22,960
1	22,920	22,922	0,2	22,920
1,5	22,860	22,865	0,5	22,861
2	22,820	22,825	0,5	22,821
3	22,770	22,775	0,5	22,771
5	22,715	22,721	0,6	22,716
7	22,695	22,703	0,8	22,697
10	22,685	22,695	1,0	22,687
15	22,682	22,692	1,0	22,684
20	22,681	22,691	1,0	22,683
25	22,684	22,694	1,0	22,686

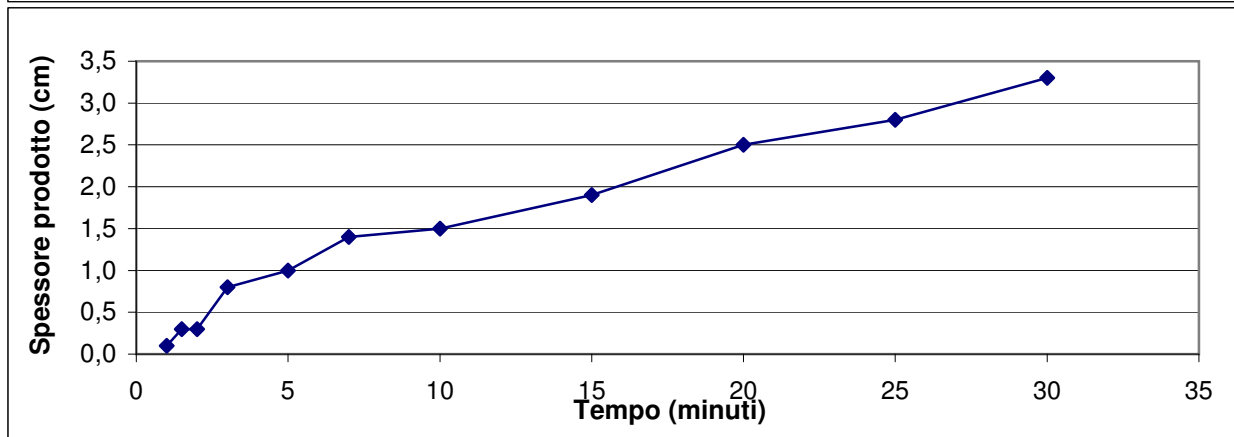
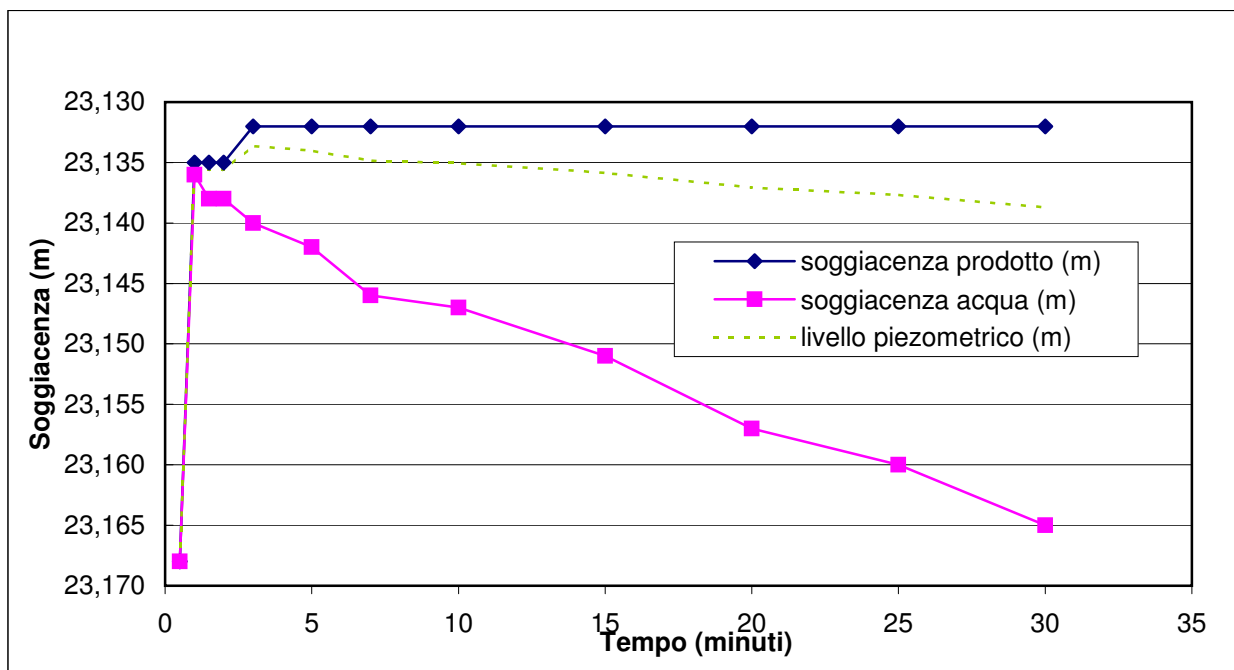
Densità  $\delta=797 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 31**  
**PROVA DI RICARICA PM66**  
**(14 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,911	24,060	114,9	23,144
0,5	23,168	23,168	0,0	23,168
1	23,135	23,136	0,1	23,135
1,5	23,135	23,138	0,3	23,136
2	23,135	23,138	0,3	23,136
3	23,132	23,140	0,8	23,134
5	23,132	23,142	1,0	23,134
7	23,132	23,146	1,4	23,135
10	23,132	23,147	1,5	23,135
15	23,132	23,151	1,9	23,136
20	23,132	23,157	2,5	23,137
25	23,132	23,160	2,8	23,138
30	23,132	23,165	3,3	23,139

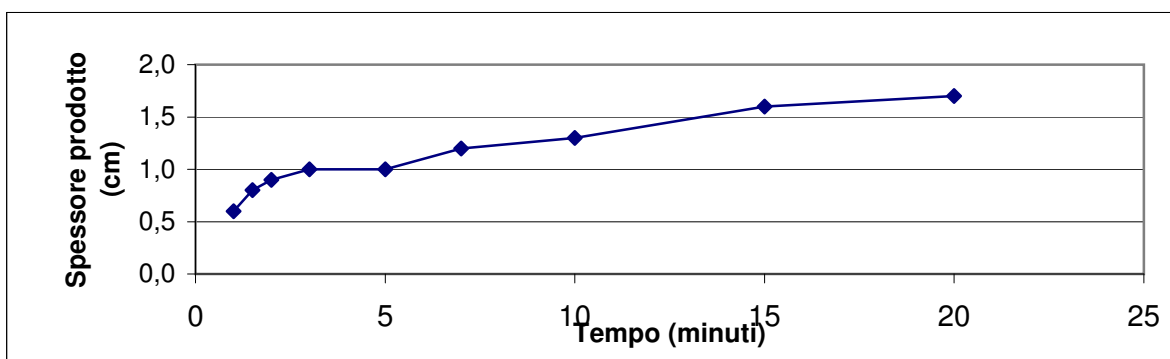
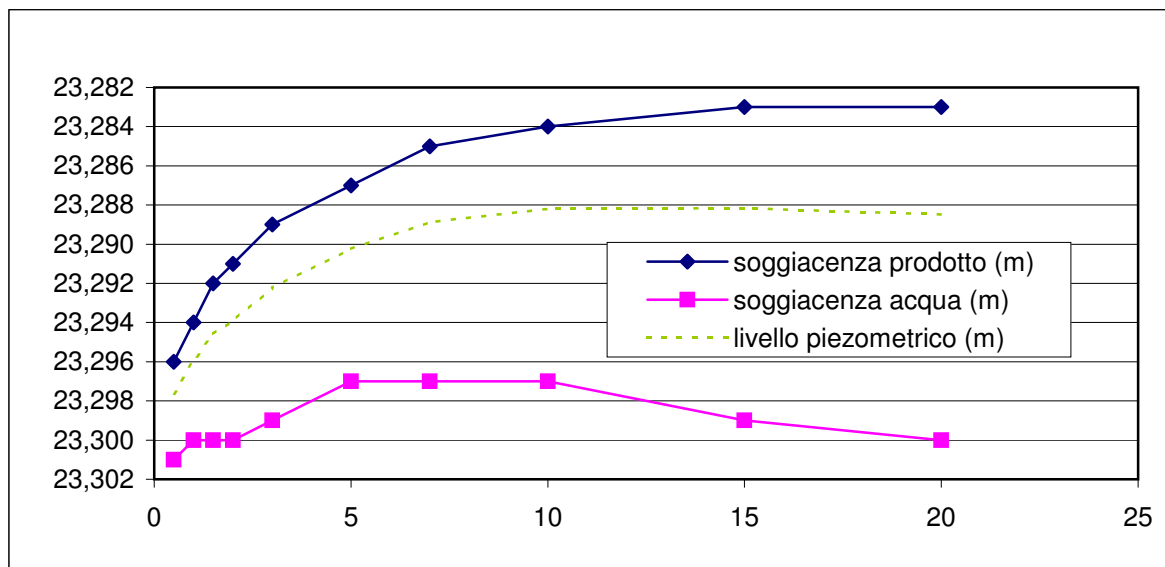
Densità  $\delta=797 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 32**  
**PROVA DI RICARICA PM68**  
**(10 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,250	23,460	21,0	23,318
0,5	23,296	23,301	0,5	23,298
1	23,294	23,300	0,6	23,296
1,5	23,292	23,300	0,8	23,295
2	23,291	23,300	0,9	23,294
3	23,289	23,299	1,0	23,292
5	23,287	23,297	1,0	23,290
7	23,285	23,297	1,2	23,289
10	23,284	23,297	1,3	23,288
15	23,283	23,299	1,6	23,288
20	23,283	23,300	1,7	23,288

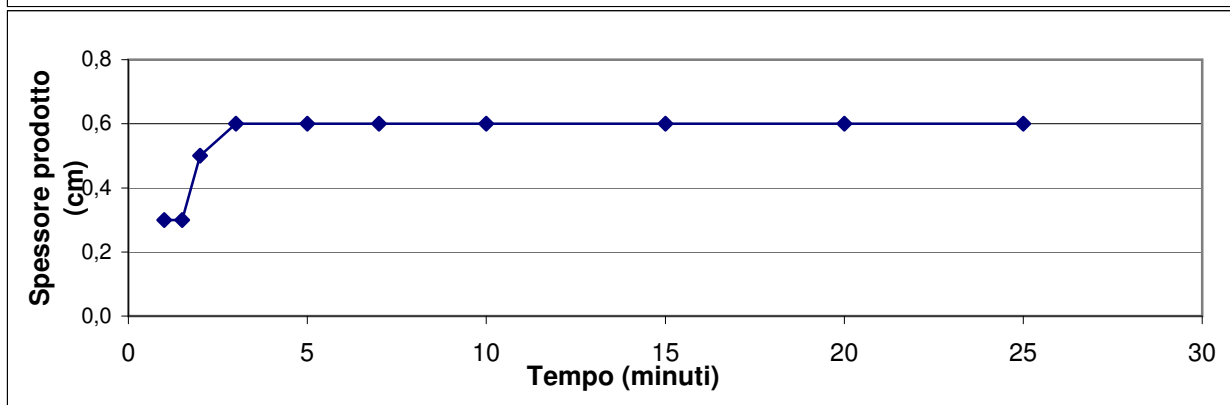
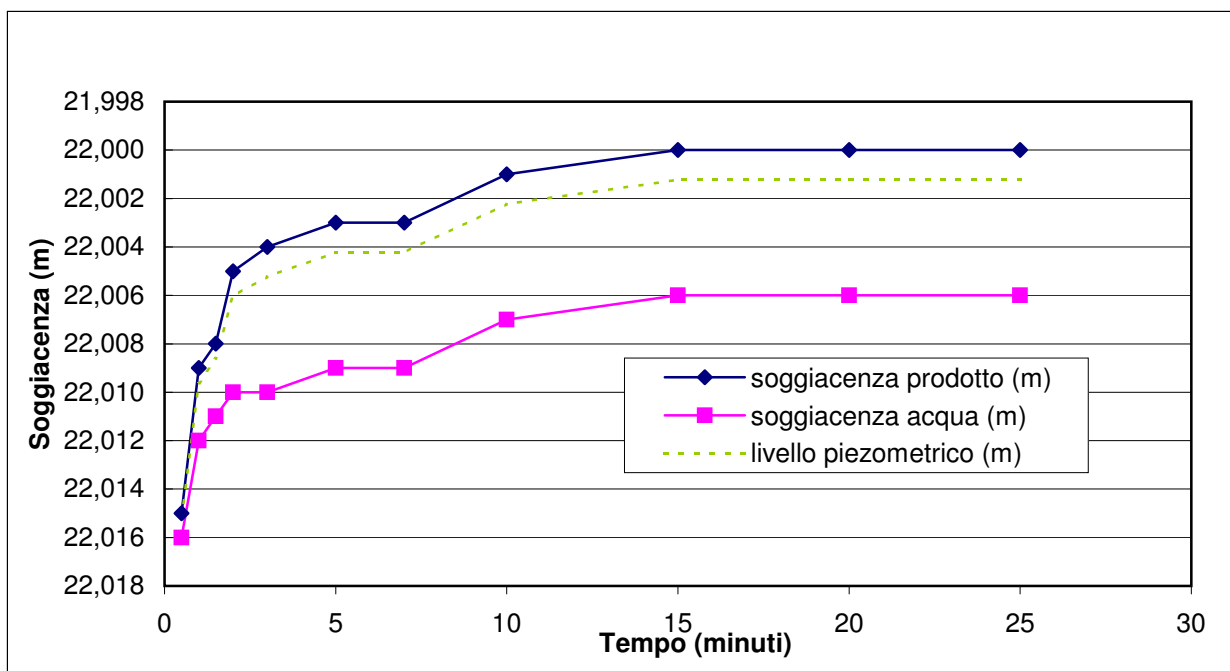
Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 33**  
**PROVA DI RICARICA PM68**  
**(15 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	21,990	22,050	6,0	22,002
0,5	22,015	22,016	0,1	22,015
1	22,009	22,012	0,3	22,010
1,5	22,008	22,011	0,3	22,009
2	22,005	22,010	0,5	22,006
3	22,004	22,010	0,6	22,005
5	22,003	22,009	0,6	22,004
7	22,003	22,009	0,6	22,004
10	22,001	22,007	0,6	22,002
15	22,000	22,006	0,6	22,001
20	22,000	22,006	0,6	22,001
25	22,000	22,006	0,6	22,001

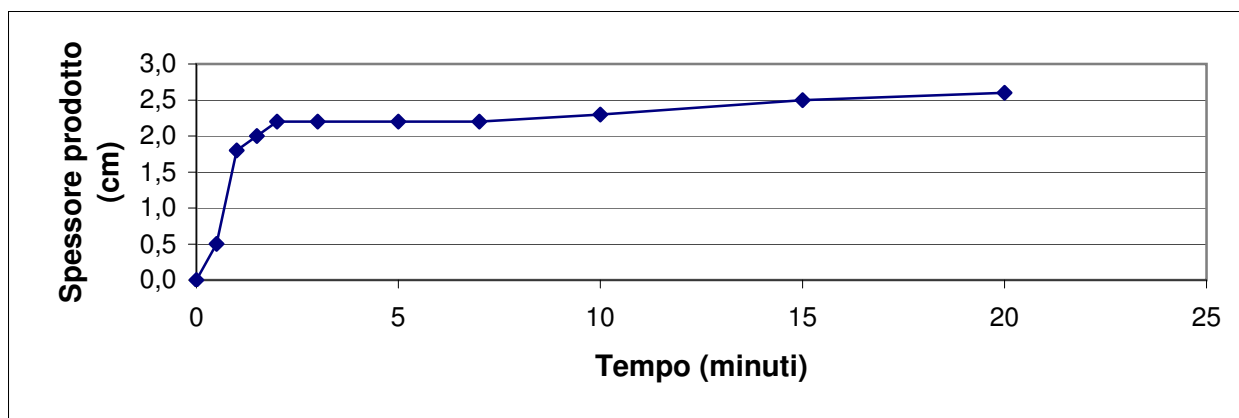
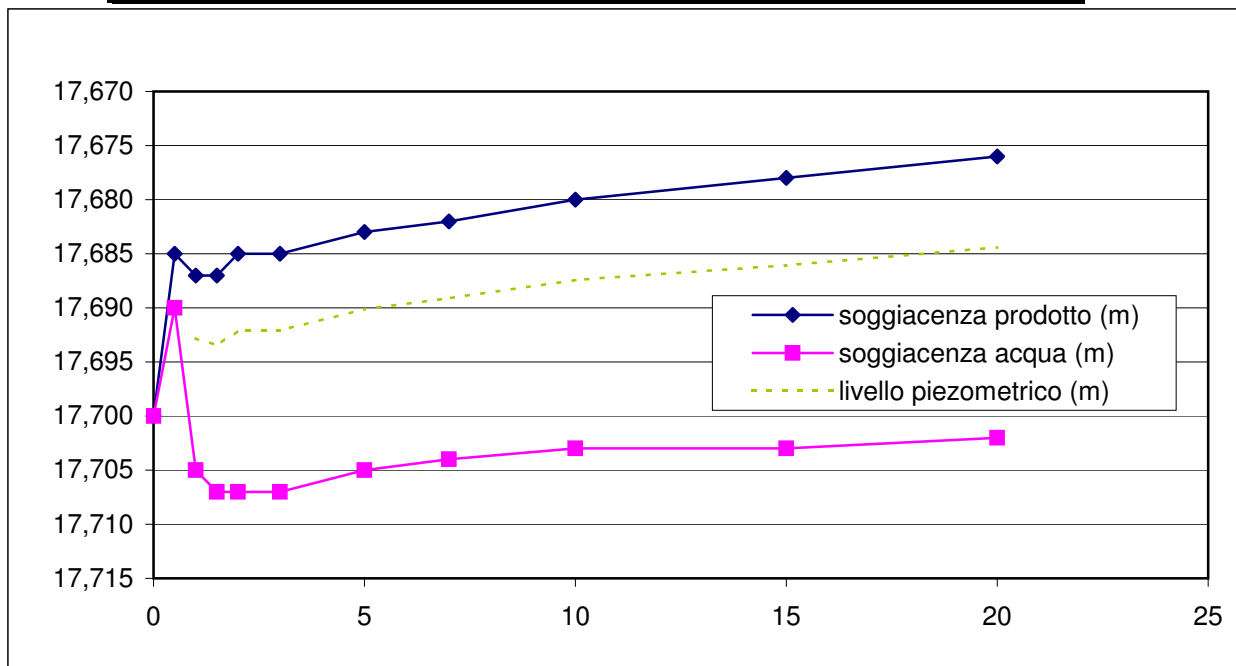
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 34**  
**PROVA DI RICARICA PM69**  
**(5 novembre 2003)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,000	19,070	207,0	17,669
0	17,700	17,700	0,0	17,700
0,5	17,685	17,690	0,5	17,687
1	17,687	17,705	1,8	17,693
1,5	17,687	17,707	2,0	17,693
2	17,685	17,707	2,2	17,692
3	17,685	17,707	2,2	17,692
5	17,683	17,705	2,2	17,690
7	17,682	17,704	2,2	17,689
10	17,680	17,703	2,3	17,687
15	17,678	17,703	2,5	17,686
20	17,676	17,702	2,6	17,684

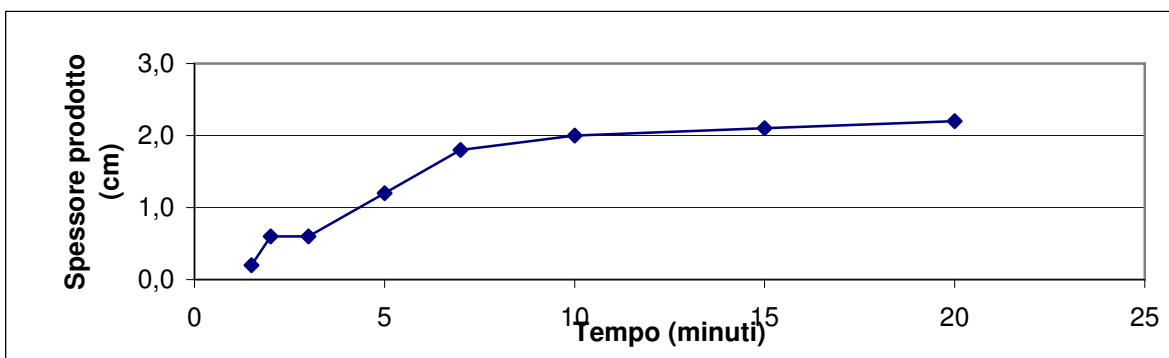
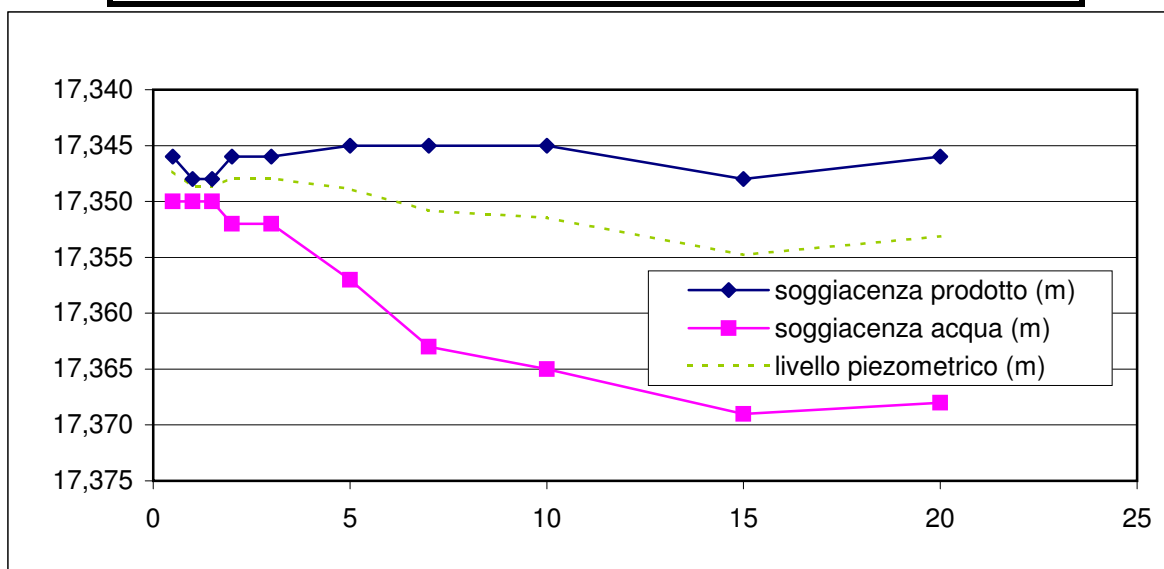
Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 35**  
**PROVA DI RICARICA PM69**  
**(20 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,300	17,450	15,0	17,348
0,5	17,346	17,350	0,4	17,347
1	17,348	17,350	0,2	17,349
1,5	17,348	17,350	0,2	17,349
2	17,346	17,352	0,6	17,348
3	17,346	17,352	0,6	17,348
5	17,345	17,357	1,2	17,349
7	17,345	17,363	1,8	17,351
10	17,345	17,365	2,0	17,351
15	17,348	17,369	2,1	17,355
20	17,346	17,368	2,2	17,353

Densità  $\delta = 677 \text{ kg/m}^3$

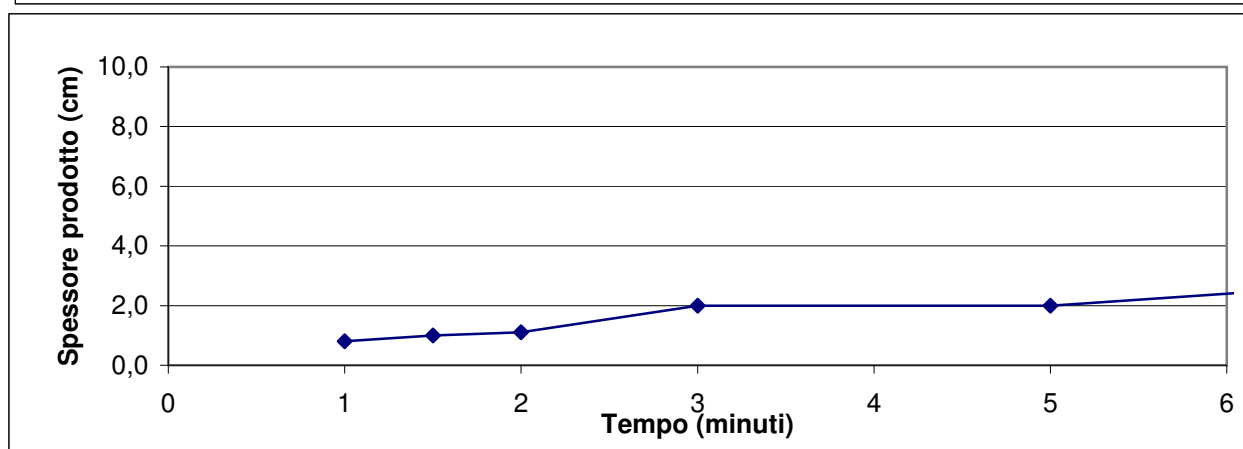
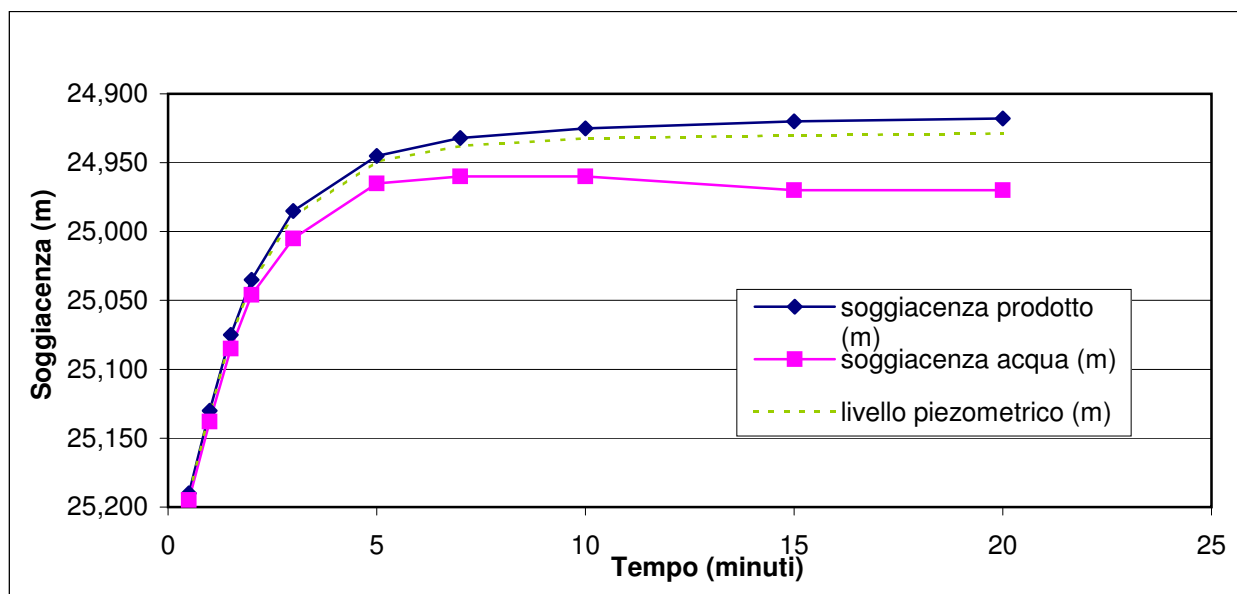




**SCHEDA 36**  
**PROVA DI RICARICA PM70**  
**(10 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	24,540	26,250	171,0	24,892
0,5	25,190	25,195	0,5	25,191
1	25,130	25,138	0,8	25,132
1,5	25,075	25,085	1,0	25,077
2	25,035	25,046	1,1	25,037
3	24,985	25,005	2,0	24,989
5	24,945	24,965	2,0	24,949
7	24,932	24,960	2,8	24,938
10	24,925	24,960	3,5	24,932
15	24,920	24,970	5,0	24,930
20	24,918	24,970	5,2	24,929

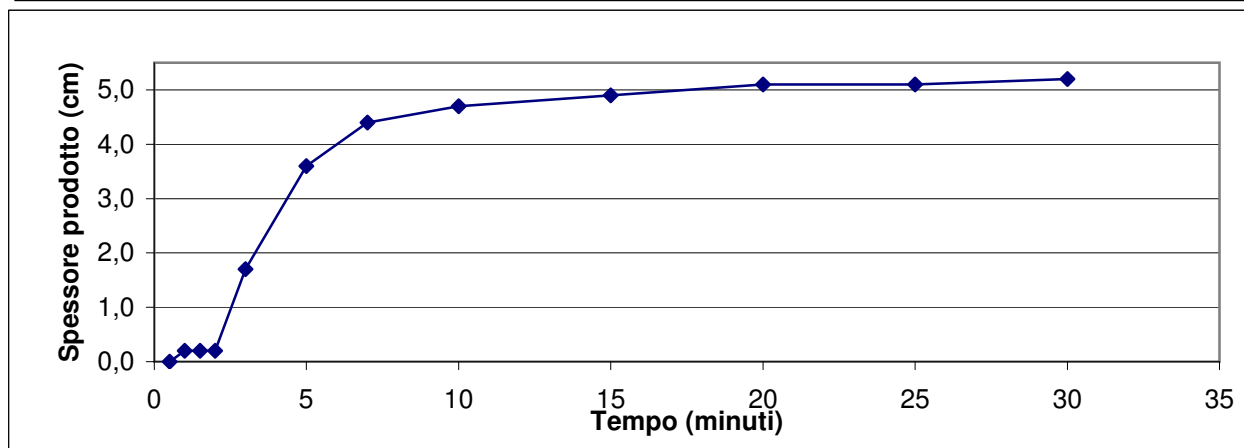
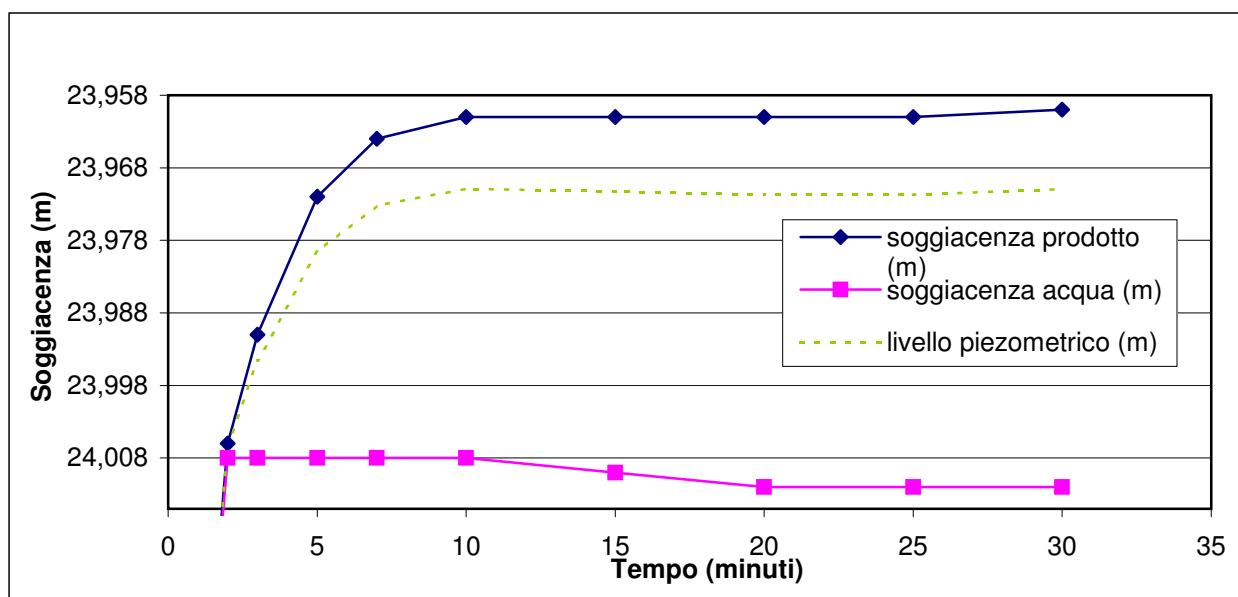
Densità  $\delta=794 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 37**  
**PROVA DI RICARICA PM70**  
**(17 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,844	24,446	60,2	23,970
0,5	24,107	24,107	0,0	24,107
1	24,060	24,062	0,2	24,060
1,5	24,030	24,032	0,2	24,030
2	24,006	24,008	0,2	24,006
3	23,991	24,008	1,7	23,995
5	23,972	24,008	3,6	23,980
7	23,964	24,008	4,4	23,973
10	23,961	24,008	4,7	23,971
15	23,961	24,010	4,9	23,971
20	23,961	24,012	5,1	23,972
25	23,961	24,012	5,1	23,972
30	23,960	24,012	5,2	23,971

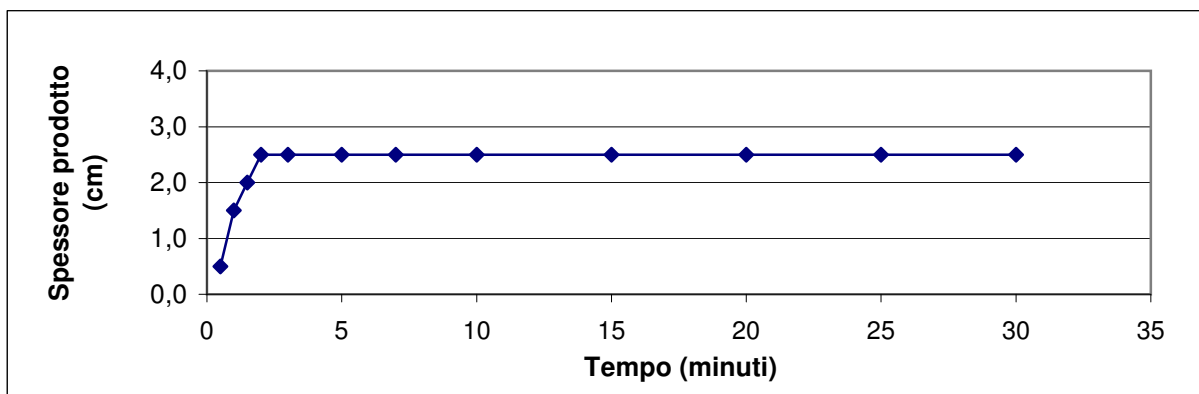
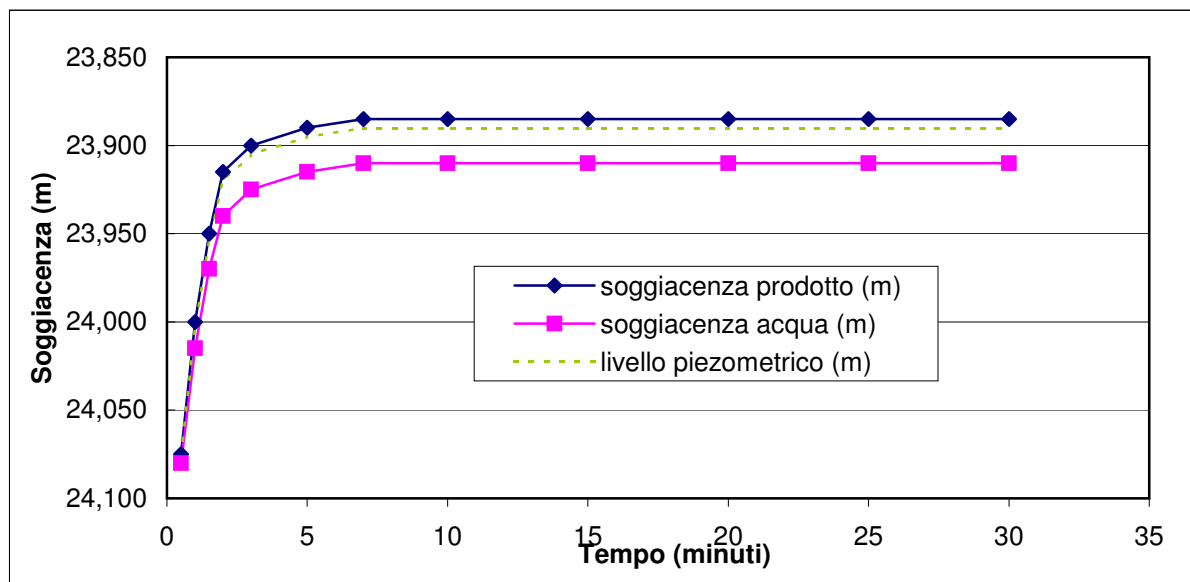
Densità  $\delta=790 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 38**  
**PROVA DI RICARICA PM71**  
**(17 novembre 2004)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,810	24,240	43,0	23,898
0,5	24,075	24,080	0,5	24,076
1	24,000	24,015	1,5	24,003
1,5	23,950	23,970	2,0	23,954
2	23,915	23,940	2,5	23,920
3	23,900	23,925	2,5	23,905
5	23,890	23,915	2,5	23,895
7	23,885	23,910	2,5	23,890
10	23,885	23,910	2,5	23,890
15	23,885	23,910	2,5	23,890
20	23,885	23,910	2,5	23,890
25	23,885	23,910	2,5	23,890
30	23,885	23,910	2,5	23,890

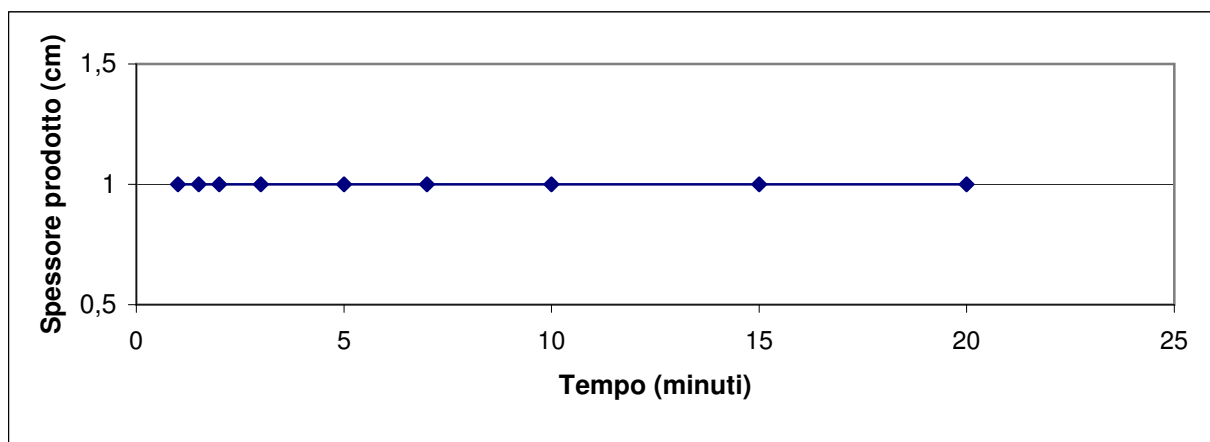
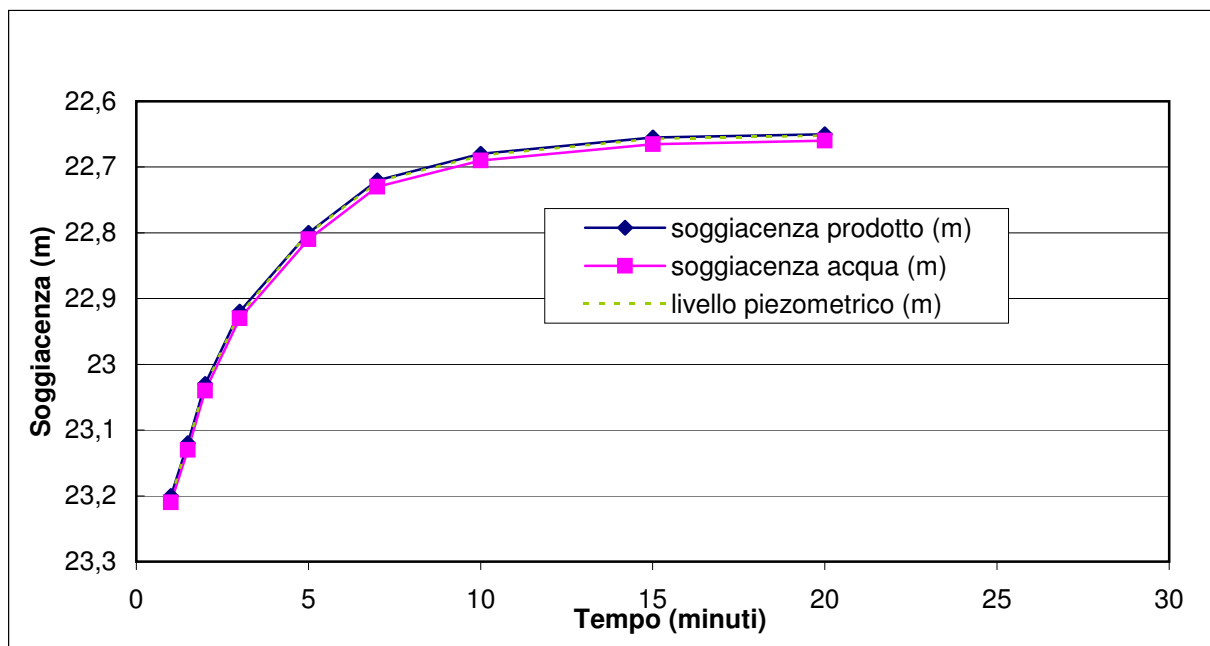
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 39**  
**PROVA DI RICARICA PM80**  
**(16 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,615	22,825	21,0	22,657
1	23,200	23,210	1,0	23,202
1,5	23,120	23,130	1,0	23,122
2	23,030	23,040	1,0	23,032
3	22,920	22,930	1,0	22,922
5	22,800	22,810	1,0	22,802
7	22,720	22,730	1,0	22,722
10	22,680	22,690	1,0	22,682
15	22,655	22,665	1,0	22,657
20	22,650	22,660	1,0	22,652

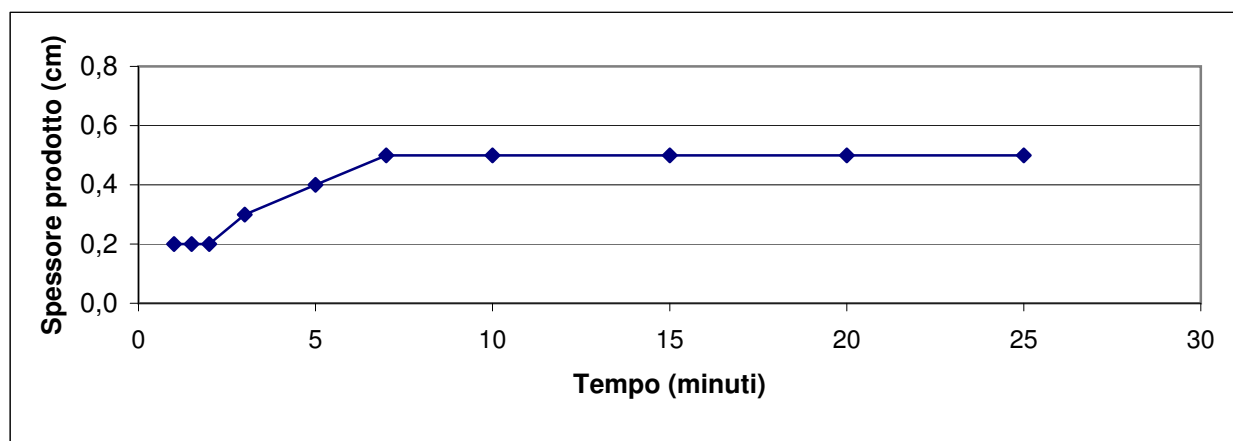
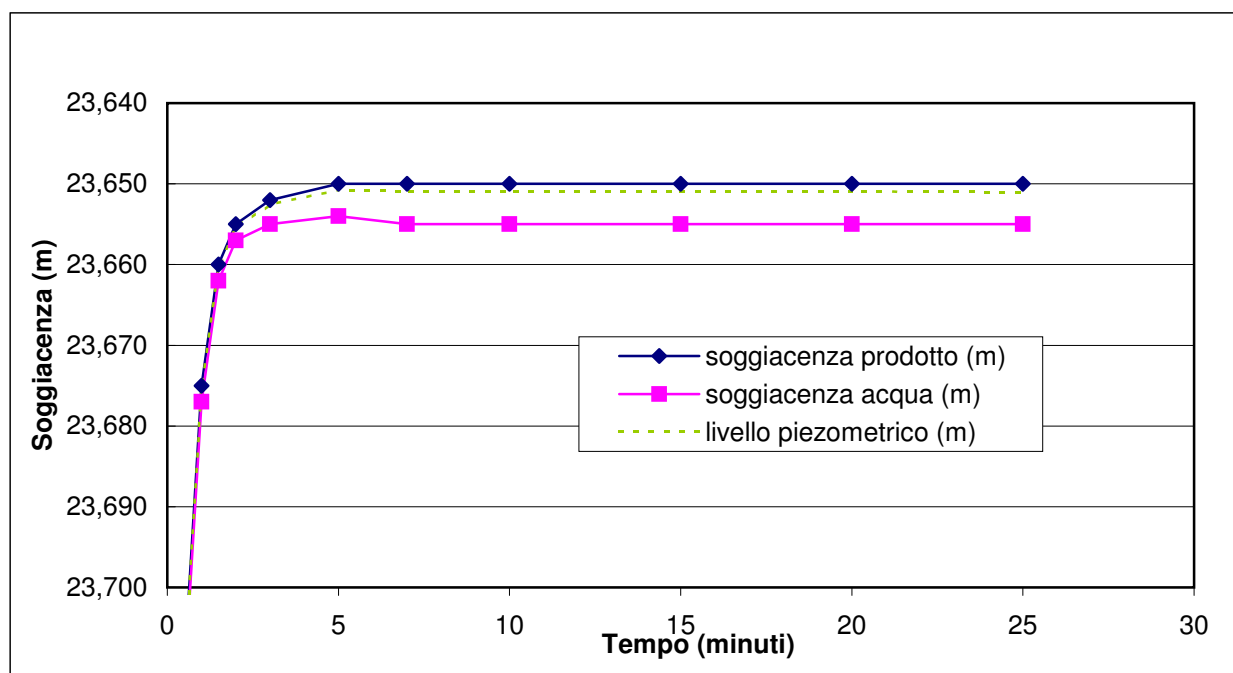
Densità  $\delta=802 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 40**  
**PROVA DI RICARICA PM81**  
**(15 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	23,600	23,880	28,0	23,653
0,5	23,710	23,712	0,2	23,710
1	23,675	23,677	0,2	23,675
1,5	23,660	23,662	0,2	23,660
2	23,655	23,657	0,2	23,655
3	23,652	23,655	0,3	23,653
5	23,650	23,654	0,4	23,651
7	23,650	23,655	0,5	23,651
10	23,650	23,655	0,5	23,651
15	23,650	23,655	0,5	23,651
20	23,650	23,655	0,5	23,651
25	23,650	23,655	0,5	23,651

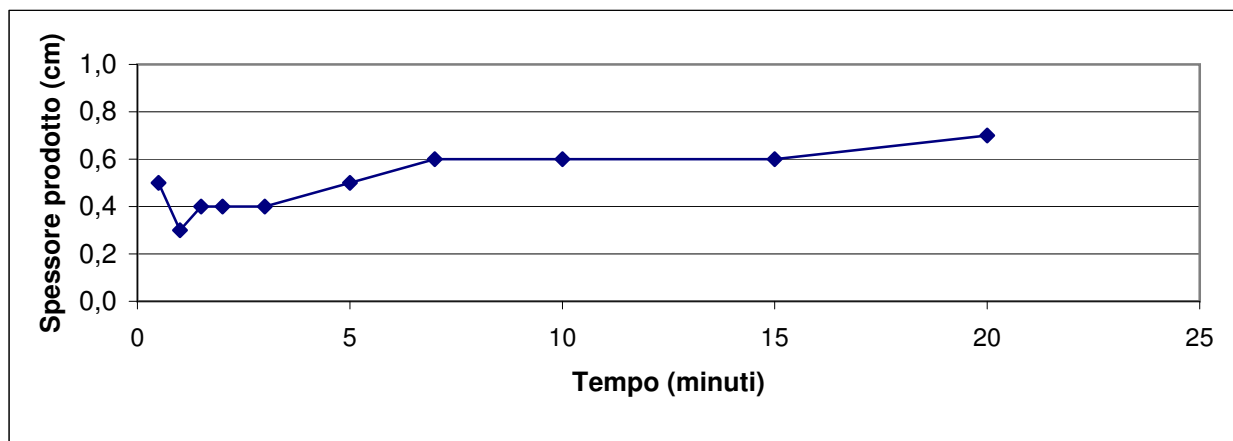
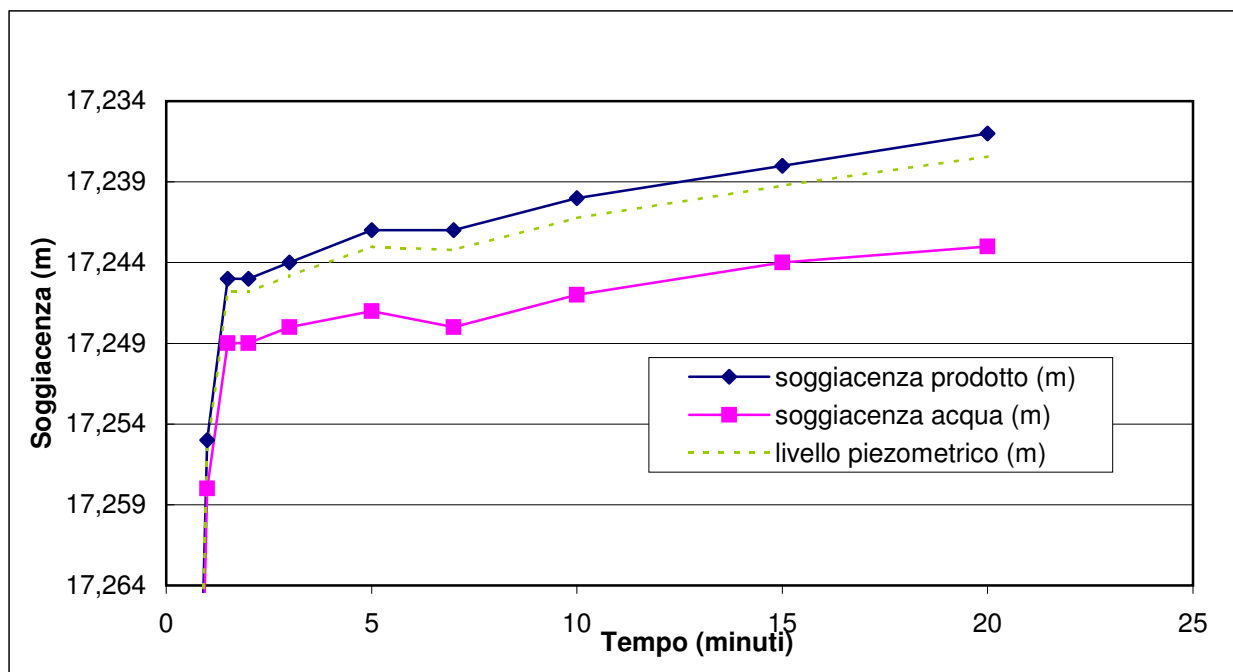
Densità  $\delta=812 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 41**  
**PROVA DI RICARICA PM86**  
**(21 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,160	17,430	27,0	17,215
0,5	17,305	17,310	0,5	17,306
1	17,255	17,258	0,3	17,256
1,5	17,245	17,249	0,4	17,246
2	17,245	17,249	0,4	17,246
3	17,244	17,248	0,4	17,245
5	17,242	17,247	0,5	17,243
7	17,242	17,248	0,6	17,243
10	17,240	17,246	0,6	17,241
15	17,238	17,244	0,6	17,239
20	17,236	17,243	0,7	17,237

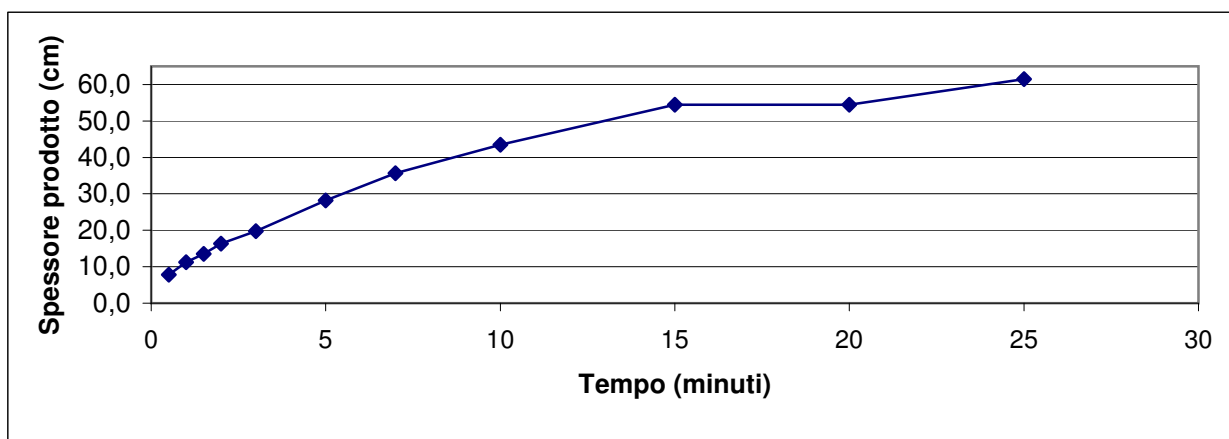
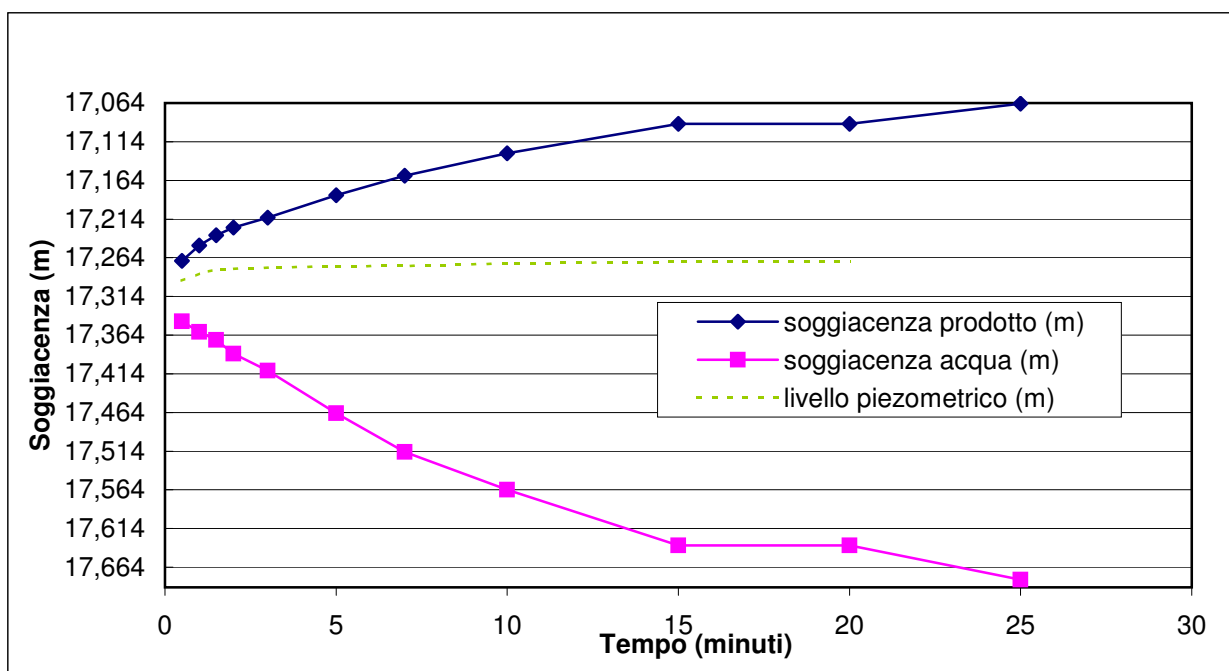
Densità  $\delta=795 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 42**  
**PROVA DI RICARICA PM88**  
**(21 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	17,150	17,550	40,0	17,281
0,5	17,268	17,346	7,8	17,294
1	17,248	17,360	11,2	17,285
1,5	17,235	17,370	13,5	17,279
2	17,225	17,388	16,3	17,278
3	17,212	17,410	19,8	17,277
5	17,183	17,465	28,2	17,275
7	17,158	17,515	35,7	17,275
10	17,129	17,564	43,5	17,271
15	17,091	17,636	54,5	17,269
20	17,091	17,636	54,5	17,269
25	17,065	17,680	61,5	17,266

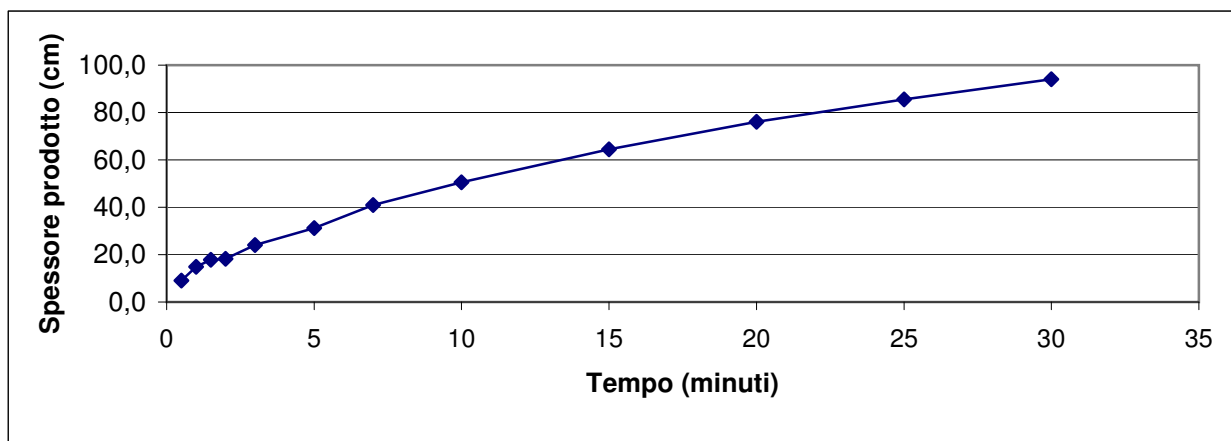
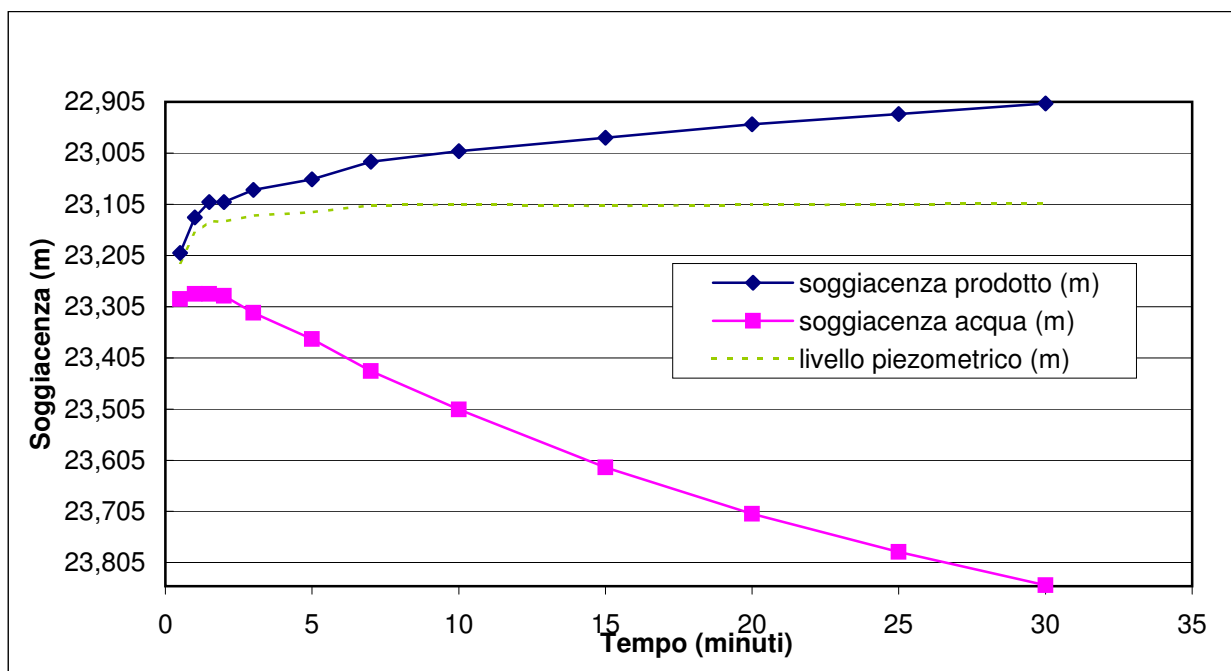
Densità  $\delta=673 \text{ kg/m}^3$



**SCHEDA 43**  
**PROVA DI RICARICA PM113**  
**(14 marzo 2006)**

tempo (minuti)	soggiacenza prodotto (m)	soggiacenza acqua (m)	spessore prodotto (cm)	livello piezometrico (m)
ante	22,852	24,151	129,9	23,121
0,5	23,200	23,290	9,0	23,219
1	23,131	23,280	14,9	23,162
1,5	23,101	23,280	17,9	23,138
2	23,101	23,284	18,3	23,139
3	23,077	23,317	24,0	23,127
5	23,056	23,368	31,2	23,121
7	23,022	23,431	40,9	23,107
10	23,001	23,506	50,5	23,106
15	22,975	23,619	64,4	23,108
20	22,949	23,710	76,1	23,107
25	22,929	23,784	85,5	23,106
30	22,908	23,849	94,1	23,103

Densità  $\delta=793 \text{ kg/m}^3$



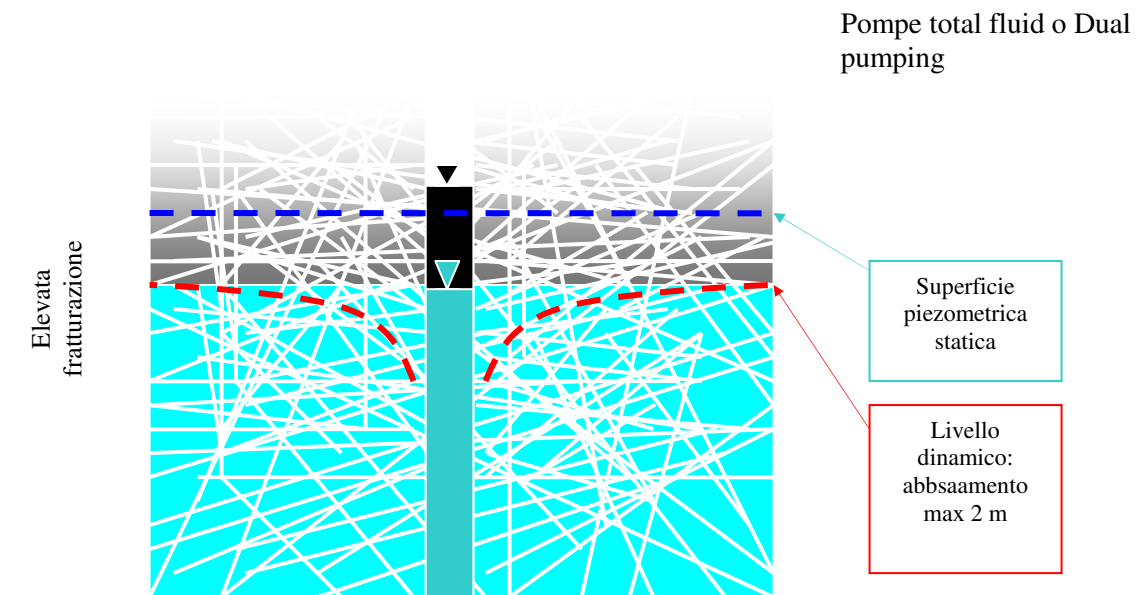
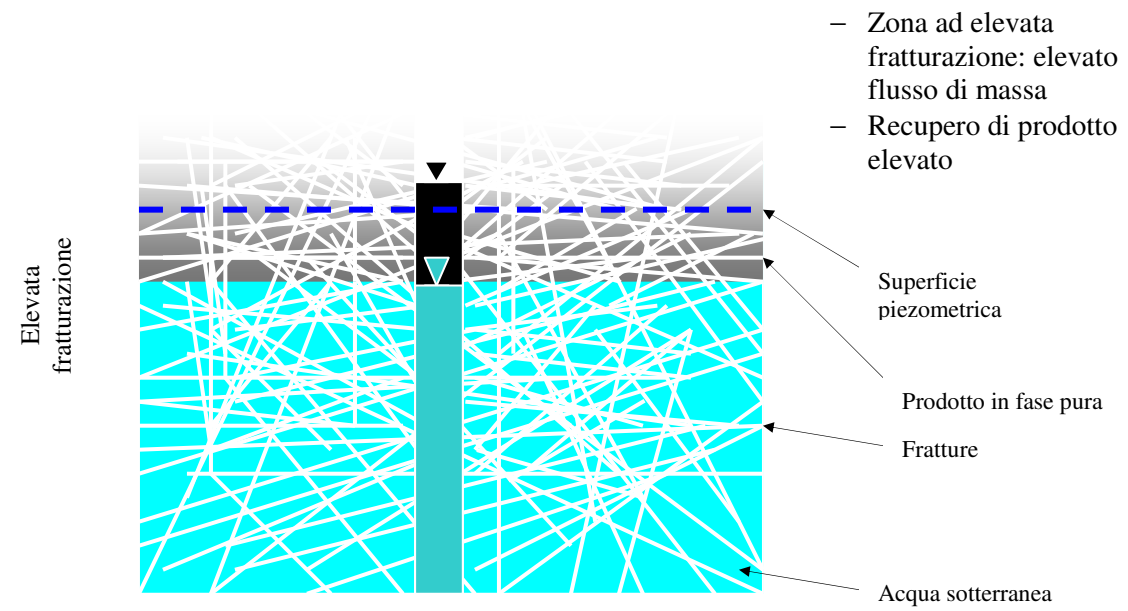


Scheda 44  
STRATEGIA DI RIMOZIONE DEL PRODOTTO - AREA OMOGENEA 1

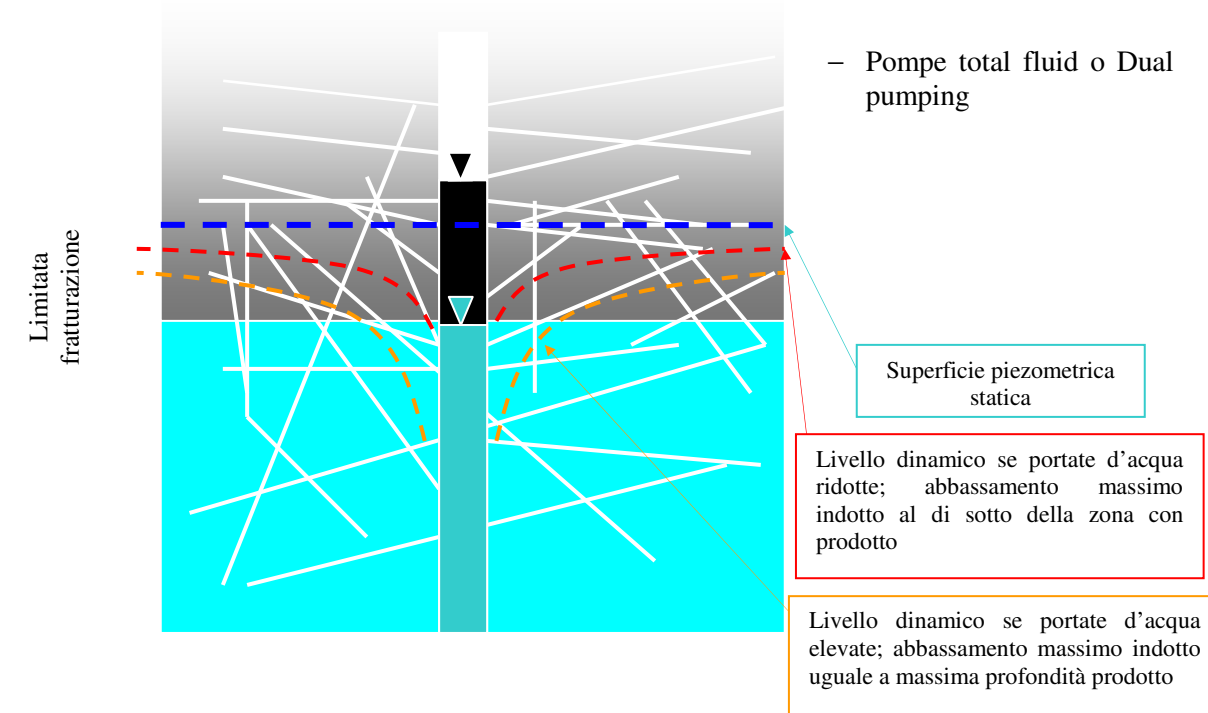
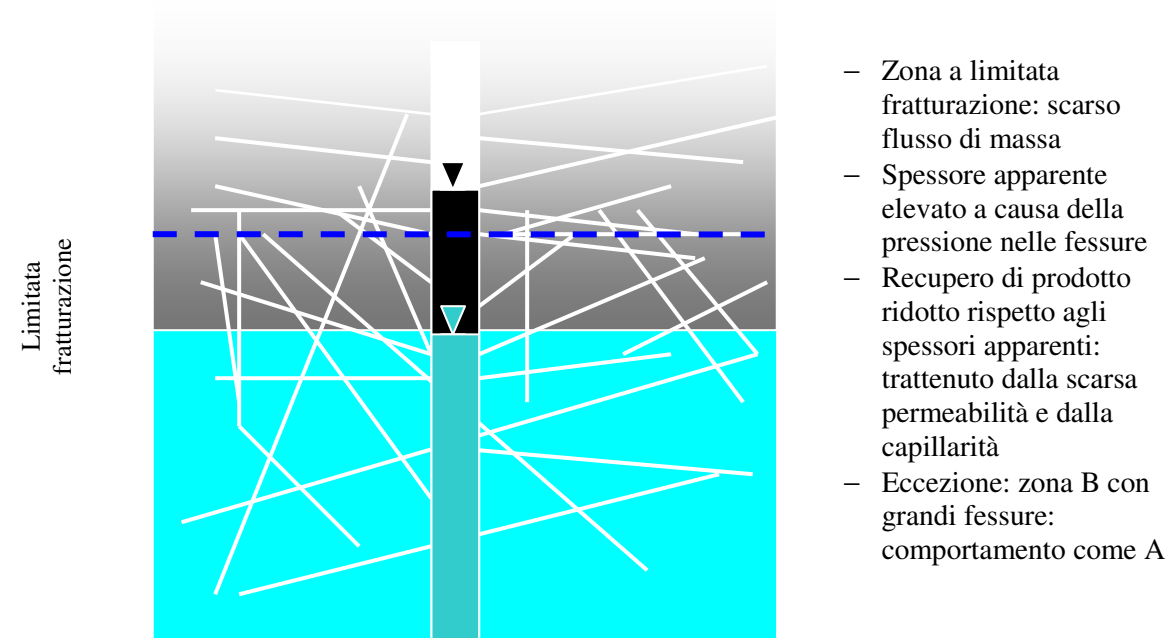
COMPORTAMENTO DEL PRODOTTO IN FASE LIBERA

STRATEGIA DI RIMOZIONE DEL PRODOTTO

SITUAZIONE A



SITUAZIONE B



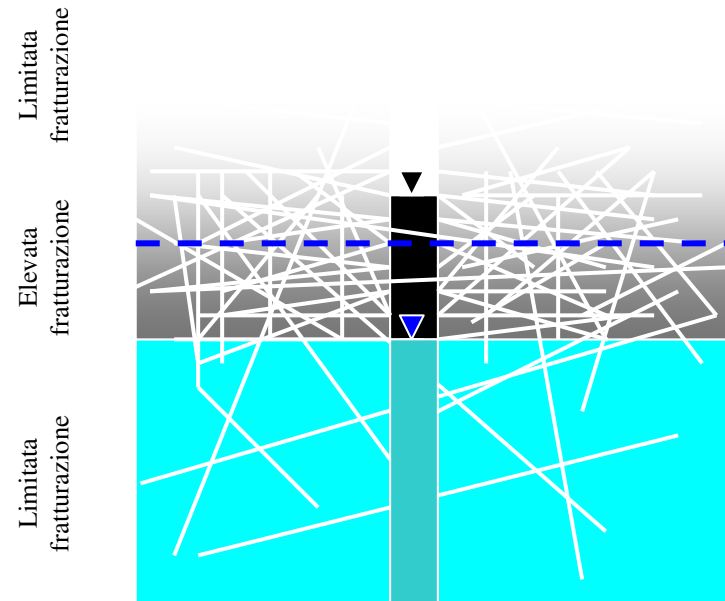
Scheda 44

STRATEGIA DI RIMOZIONE DEL PRODOTTO - AREA OMOGENEA 1

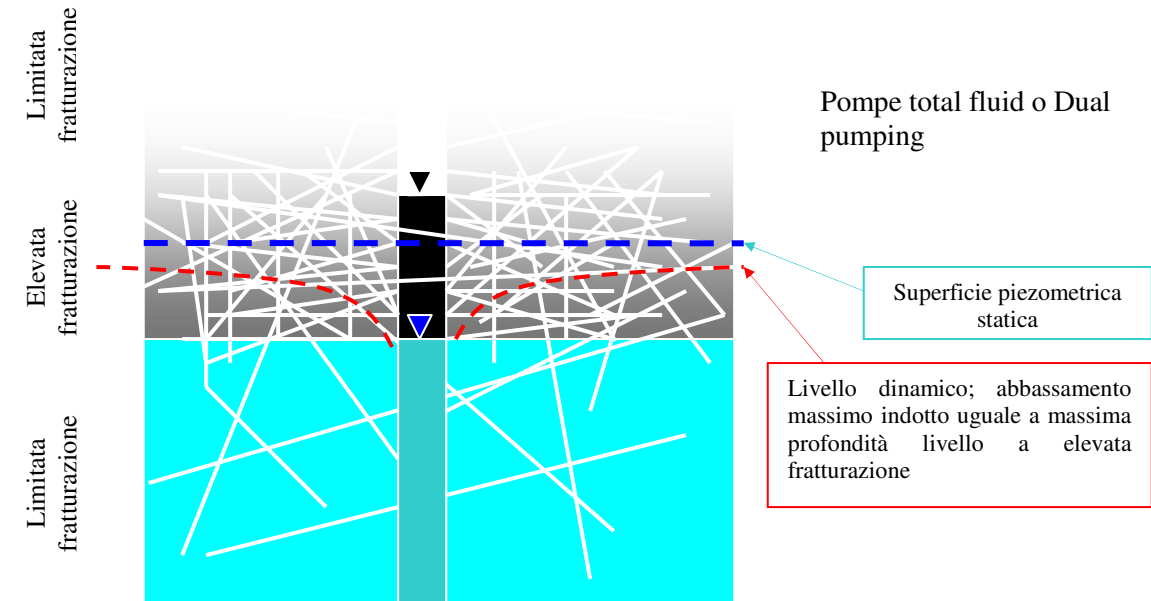
COMPORAMENTO DEL PRODOTTO IN FASE LIBERA

STRATEGIA DI RIMOZIONE DEL PRODOTTO

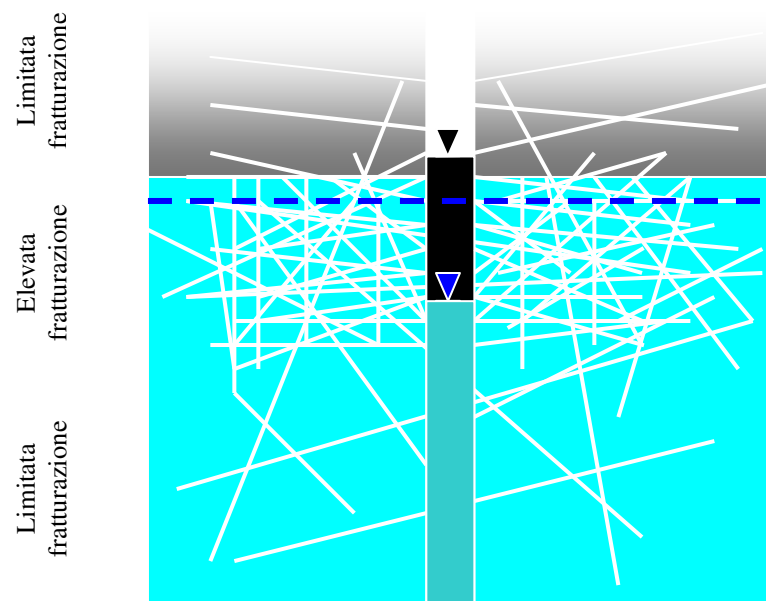
SITUAZIONE C



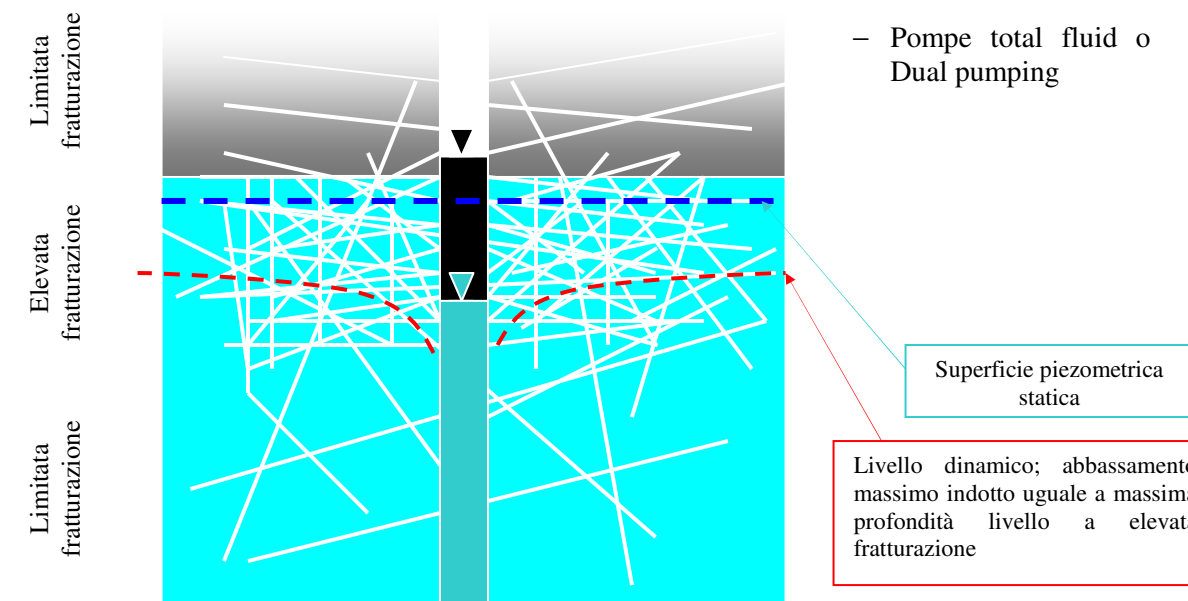
- Prodotto in fase libera nella zona ad elevata fratturazione: elevato flusso di massa
- Acqua in zona a fratturazione limitata
- Recupero di prodotto elevato e paragonabile allo spessore apparente
- Effetti di capillarità molto limitati



SITUAZIONE D



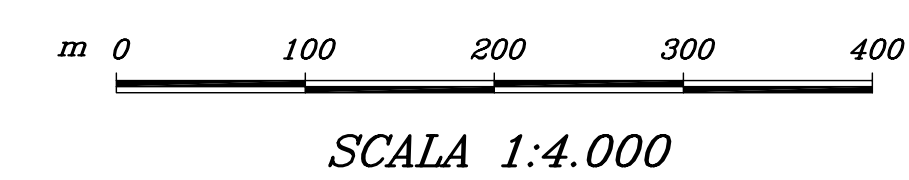
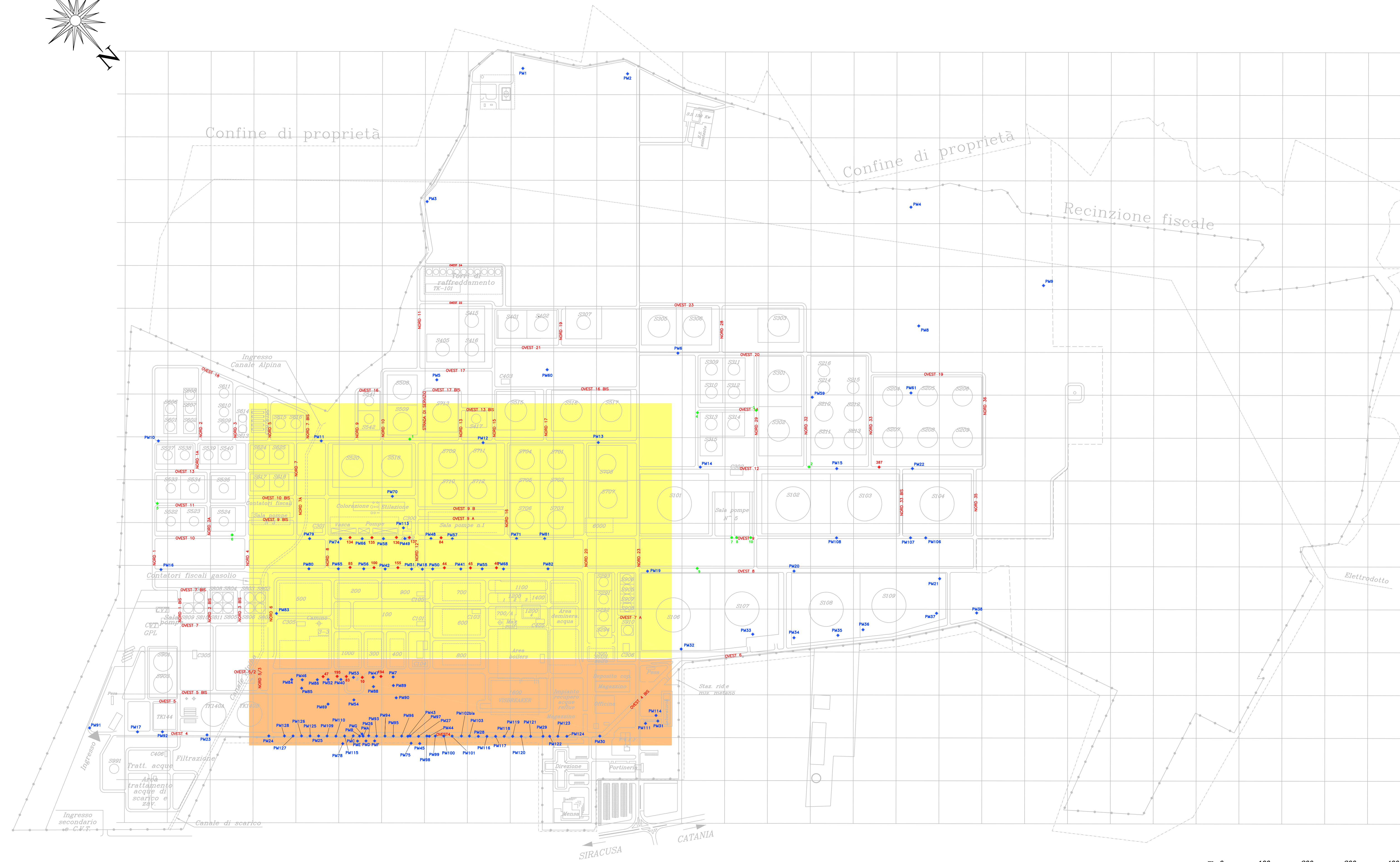
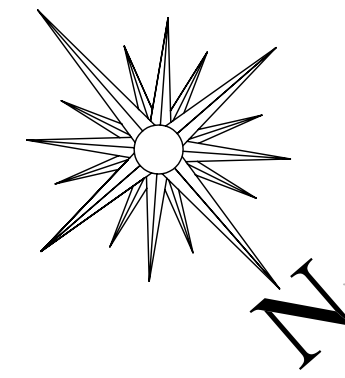
- Prodotto in fase libera nella zona a fratturazione limitata: basso flusso di massa
- Acqua in zona ad elevata fratturazione
- Spessore apparente elevato: il prodotto è drenato dallo strato più trasmissivo
- Recupero di prodotto ridotto: trattenuto dalla scarsa permeabilità e dalla elevata capillarità



## Scheda 45 ATTENUAZIONE NATURALE

ATTENUAZIONE NATURALE
insieme dei fenomeni che avvengono naturalmente all'interno di un sistema acquifero riducendo l'entità della contaminazione e ritardando il trasporto del contaminante
PRINCIPALI PROCESSI COINVOLTI
<p><b>ADVEZIONE:</b> processo per mezzo del quale il contaminante viene trasportato dall'acqua lungo la direzione di flusso con velocità uguale a quella media effettiva posseduta dall'acqua di falda. Dipende dalla proprietà dell'acquifero (gradiente idraulico, conducibilità idraulica e porosità efficace) e dalle proprietà chimico-fisiche del contaminante</p> <p><b>ADSORBIMENTO:</b> processo di aumento della concentrazione di un contaminante sulla superficie del materiale solido che forma l'acquifero. Dipende dalle proprietà dell'acquifero (composizione chimica, porosità, superficie specifica etc.) e dalle proprietà delle sostanze (solubilità, idrofobicità, etc.)</p> <p><b>BIODEGRADAZIONE:</b> processo biochimico, mediato da microrganismi, per effetto del quale la concentrazione di un inquinante organico diminuisce naturalmente. Dipende dalla geochimica della falda, dalle popolazioni microbiche presenti e dalle proprietà dei contaminanti</p> <p><b>DIFFUSIONE:</b> processo legato all'agitazione termica delle molecole di soluto presenti nella massa di acqua e che provoca un flusso di contaminante nella direzione del gradiente di concentrazione. Dipende dalle proprietà molecolari del contaminante e dal gradiente di concentrazione</p> <p><b>DISPERSIONE:</b> processo di miscelazione del fluido per movimento delle acque di falda, che provoca la diluizione della concentrazione del contaminante. Dipende dalle proprietà dell'acquifero (dimensione particelle, tortuosità, composizione chimica) e dalla scala di osservazione</p> <p><b>VOLATILIZZAZIONE:</b> passaggio del contaminante dalla fase liquida alla fase vapore. Dipende dalle proprietà del contaminante (tensione di vapore, costante di Henry)</p>
ATTIVITA' DI MONITORAGGIO PERIODICO
<p>1. Rilievo, con periodicità variabile tra mensile e trimestrale, dei seguenti parametri chimico fisici dell'acqua sotterranea:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>◆ concentrazione di ossigeno disciolto</li><li>◆ pH</li><li>◆ potenziale Red-Ox</li><li>◆ conducibilità elettrica</li></ul> <p>2. Spurgo e campionamento, con cadenza variabile tra mensile e trimestrale, dei pozzi di monitoraggio dell'area di interesse con l'esecuzione di analisi chimiche di laboratorio dei seguenti parametri:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>◆ idrocarburi lineari di origine petrolifera</li><li>◆ idrocarburi totali (espressi come n-esano)</li><li>◆ BTEXS</li><li>◆ As</li><li>◆ Se</li><li>◆ Pb</li><li>◆ ammoniacale</li></ul>

# **TAVOLE**



**LEGENDA**

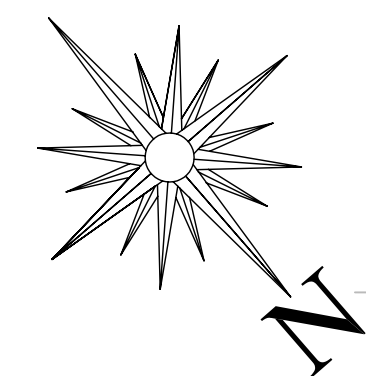
Maglia 100 m x 100 m

- Pozzi di monitoraggio
- Piezometri P-1
- Piezometri P-L-M
- Area omogenea 1
- Area omogenea 2

**ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.**

RAFFINERIA ISAB - IMPIANTI SUD  
PRIOLO GARGALLO (SR)

OGGETTO		
<b>PLANIMETRIA AREE OMOGENEE</b>		
SCALA	PREPARATO DA	APPROVATO DA
1:4.000	PGA	FDU
DATA		
Ottobre 2006		
COMMESSA	RELAZIONE	
T60021	7178	
TAVOLA	REVISIONE	
1	0	



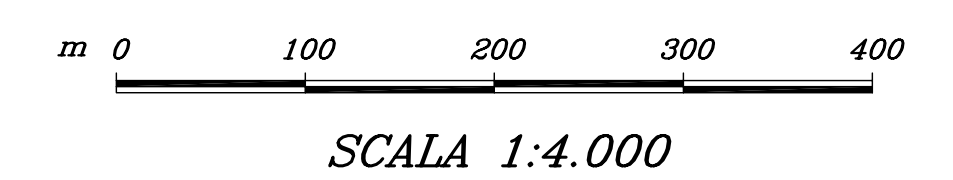
**LEGENDA**

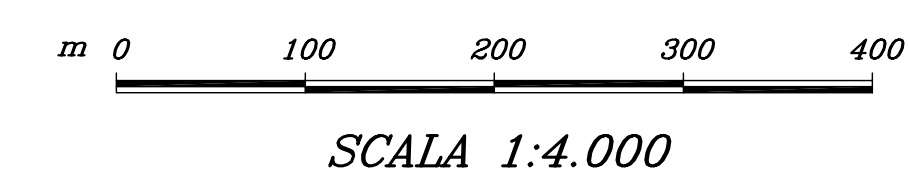
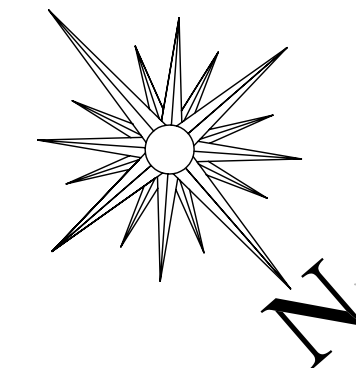
- Maglia 100 m x 100 m
- Pozzi di monitoraggio
- Piezometri P\_I
- Piezometri P\_I\_M
- Ubicazione indicativa area interessata dall'evento incidentale

**ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.**

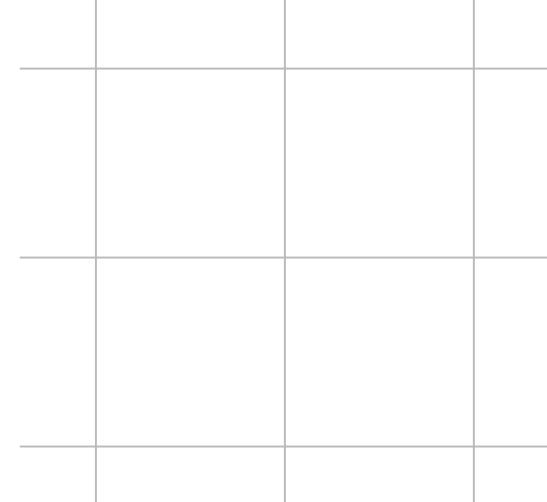







RAFFINERIA ISAB - IMPIANTI SUD  
PRIOLO GARGALLO (SR)

OGGETTO		UBICAZIONE AREE INTERESSATE DA SVERSAMENTI ACCIDENTALI (LUGLIO 2003 - LUGLIO 2006)	
SCALA	1:4.000	PREPARATO DA	APPROVATO DA
DATA	Ottobre 2006	PGA	FDU
COMMESSA	T60021	RELAZIONE	7178
TAVOLA	2	REVISIONE	0





**LEGENDA**

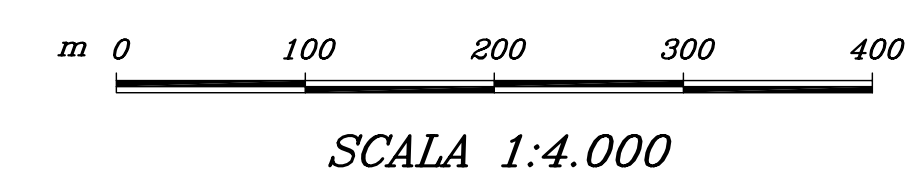
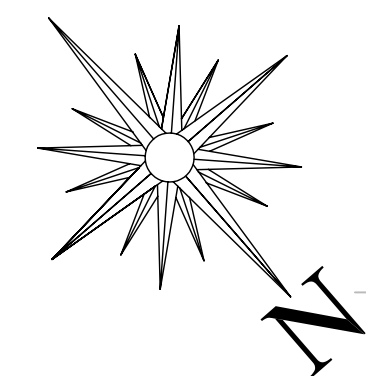
-  Maglia 100 m x 100 m
-  Pozzi di monitoraggio
-  Sondaggi
-  Piezometri P\_I
-  Piezometri P\_I\_M
-  Sondaggi nuova sala controllo
-  Trincee
-  Pozzi di monitoraggio integrativi barriera AS/SVE

**ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.**

RAFFINERIA ISAB - IMPIANTI SUD  
PRIOLO GARGALLO (SR)

OGGETTO  
**POZZI DI MONITORAGGIO DI RAFFINERIA ED UBICAZIONE PUNTI  
DI INDAGINE INTEGRATIVA A MAGLIA 50m x 50m**

SCALA <b>1:4.000</b>	PREPARATO DA <b>PGA</b>	APPROVATO DA <b>FDU</b>
DATA <b>Ottobre 2006</b>		
COMMESSA <b>T60021</b>	RELAZIONE <b>7178</b>	
TAVOLA <b>3</b>	REVISIONE <b>0</b>	



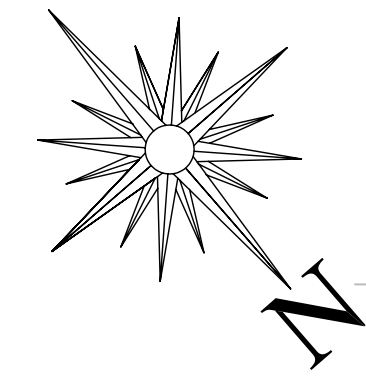
**LEGENDA**

- Maglia 100 m x 100 m
- Pozzi di monitoraggio
- Piezometri P\_I
- Piezometri P\_L\_M
- Linea di demarcazione area con presenza di prodotto idrocarburico surnatante le acque sotterranee - ZONA A (sulla base del rilievo del Settembre 2006) ( ) presunta
- Linea di demarcazione area con presenza di prodotto idrocarburico surnatante le acque sotterranee - ZONA B (sulla base del rilievo del Settembre 2006) ( ) presunta

**ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.**  
**RAFFINERIA ISAB - IMPIANTI SUD**  
**PRIOLO GARGALLO (SR)**

OGGETTO		
MAPPATURA AREE CONTAMINATE - ACQUE SOTTERRANEE - PRODOTTO IDROCARBURICO SURNATANTE		
SCALA	PREPARATO DA	APPROVATO DA
1:4.000	PGA	FDU
DATA		
Ottobre 2006		
COMMESSA	RELAZIONE	
T60021	7178	
TAVOLA	REVISIONE	
4	0	





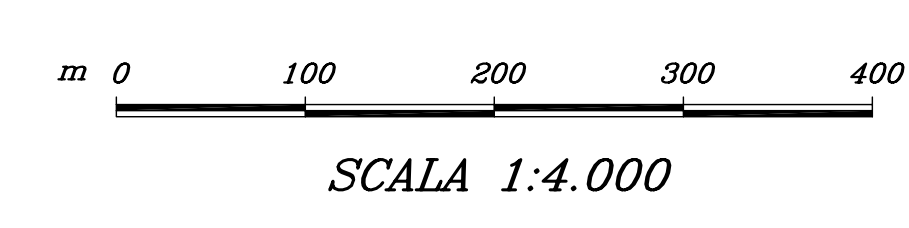
**LEGENDA**

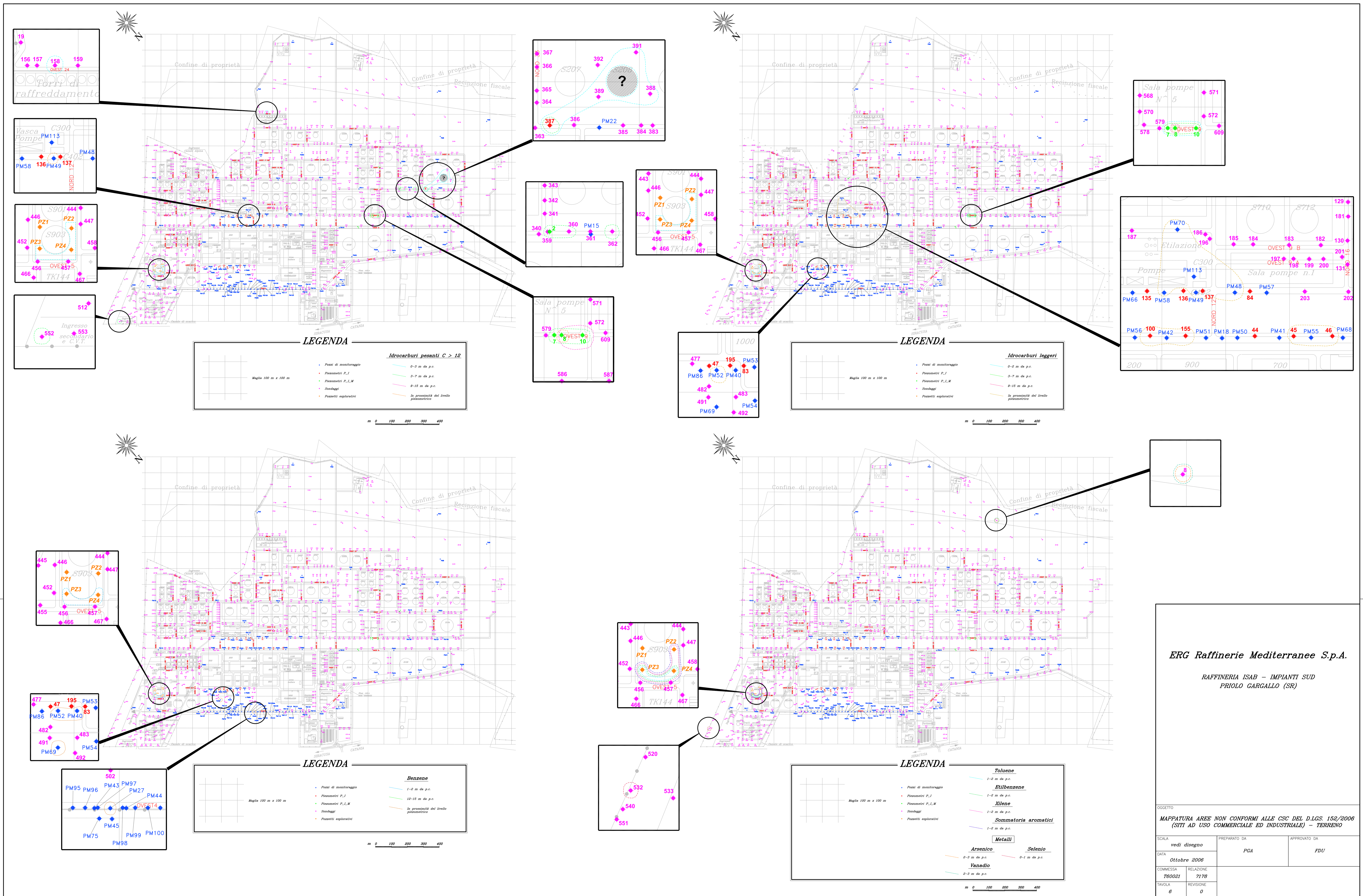
Maglia 100 m x 100 m

- Pozzi di monitoraggio
- 4,8 — Curve isopiezometriche (m s.l.m) Marzo 2006
- ➔ Direzione del gradiente piezometrico medio locale

**ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.**  
**RAFFINERIA ISAB - IMPIANTI SUD**  
**PRIOLO GARGALLO (SR)**

OGGETTO			
<b>ISOPIEZOMETRIE ACQUIFERO CARBONATICO</b>			
SCALA	1:4.000	PREPARATO DA	APPROVATO DA
DATA	Ottobre 2006	PGA	FDU
COMMESSA	T60021	RELAZIONE	7178
TAVOLA	5	REVISIONE	0





**ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A.**  
 RAFFINERIA ISAB - IMPIANTI SUD  
 PRIOLO GARGALLO (SR)

OGGETTO  
**MAPPATURA AREE NON CONFORMI ALLE CSC DEL D.LGS. 152/2006 (SITI AD USO COMMERCIALE ED INDUSTRIALE) - TERRENO**

SCALA vedi disegno	PREPARATO DA PGA	APPROVATO DA FDU
DATA Ottobre 2006	COMMESSA 760021	RELAZIONE 7178
TAVOLA 6	REVISIONE 0	

# **APPENDICE 1**

Certificati analitici acque sotterranee

Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**  
Commessa/lotto: **T60021**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **604259-002**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM26 21/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	4,0	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,3	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	0,2	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	< 0,02	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	1,6	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura  
L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Pag. 1 di 1

Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**  
Commessa/lotto: **T60021**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **604259-004**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

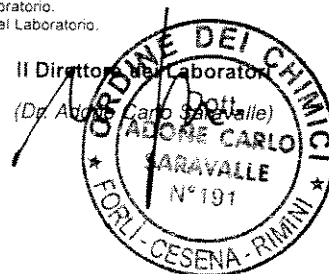
Descrizione campione: **Acqua PM27 21/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	6,2	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,2	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	< 0,1	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	< 0,02	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	15,5	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura

L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Pag. 1 di 1

Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**  
Commessa/lotto: **T60021**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **604259-008**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

Descrizione campione: **Acqua PM28 22/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	2,4	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,1	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	0,5	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	< 0,02	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	8,3	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura  
L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. **Carlo Saravalle**  
(Dr. Adm. Carlo Saravalle)



Pag. 1 di 1

Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**  
Commissa/lotto: **T60021**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **604259-009**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

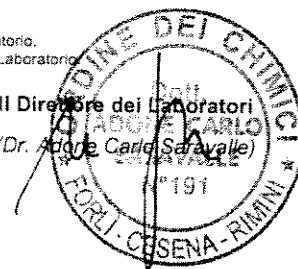
Descrizione campione: **Acqua PM29 22/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	1,6	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,3	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	4,6	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	< 0,02	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura  
L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
**GIUSEPPE CARLO**  
(Dr. **Attilio Carlo Savalle**)



Pag. 1 di 1

Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**  
Commessa/lotto: **T60021**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **604259-003**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM96 21/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	0,3	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,1	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	< 0,1	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	0,12	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	9,4	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura  
L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Pag. 1 di 1



Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**  
Commessa/lotto: **T60021**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **604259-007**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM101 23/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	1,2	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,1	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	0,2	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	< 0,02	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	11,9	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura  
L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Pag. 1 di 1

Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**  
Commessa/lotto: **T60021**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **604259-006**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

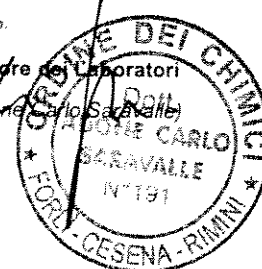
Descrizione campione: **Acqua PM125 23/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	5,7	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,4	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	0,1	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	< 0,02	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutilene)	µg/L	39,2	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura  
L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adone Carlo Saravalle)



Pag. 1 di 1

Rimini, li 04/09/2006

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **604259** del **28/08/2006**

Commessa/lotto: **T60021**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**

Codice campione: **604259-005**

Committente:

**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

**Via A. Banfo, 43**

**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PMC 21/08/06**

Parametri	U.M.	Risultati	L.R.	D. Lgs n° 152/2006	Metodi
<b>METALLI</b>					
Arsenico	µg/L	9,7	0,1	10	EPA 200.8 1999
Piombo	µg/L	0,2	0,1	10	EPA 200.8 1999
Selenio	µg/L	0,4	0,1	10	EPA 200.8 1999
<b>INQUINANTI INORGANICI</b>					
Azoto ammoniacale (come N)	mg/L	0,02	0,02		POM 021 Rev. 9 2006
<b>AROMATICI</b>					
Benzene	µg/L	< 0,1	0,1	1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene	µg/L	< 1	1	50	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Stirene	µg/L	< 1	1	25	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene	µg/L	< 1	1	15	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
para-Xilene	µg/L	< 1	1	10	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
<b>ALTRE SOSTANZE</b>					
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/L	< 1	1	350	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996 + EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	µg/L	< 1	1	10*	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	1,7	0,5		EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

U.M. = Unità di misura

L.R. = Limiti di rivelabilità

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori

(Dr. Anna Carla Savalle)



Pag. 1 di 1

Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-011**  
Descrizione campione: **Acqua PM7 del 11/02/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutiletere)	µg/L	19,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. ~~Angelo~~ Carlo Savarato)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-014**

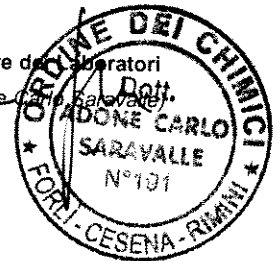
**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM11 del 27/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	10,6	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. *Adone Carlo Saravalle*)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-011**  
Descrizione campione: **Acqua PM14 del 27/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	2,3	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

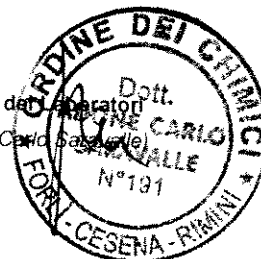
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-010**  
Descrizione campione: **Acqua PM16 del 26/01/05**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	249	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adone Carlo Saguto)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

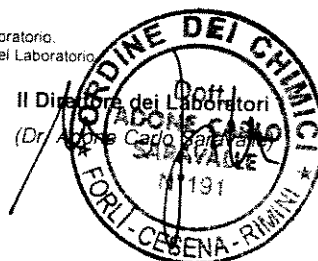
Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-012**  
Descrizione campione: **Acqua PM17 del 27/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.





Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-010**  
Descrizione campione: **Acqua PM21 del 20/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
 Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
 Codice campione: **500423-009**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM23 del 26/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	1,3	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
 Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
 (Dr. **Adolfo Seravalle**)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-013**  
Descrizione campione: **Acqua PM25 del 27/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. *Adolfo Carlo Saravalle*)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-004**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM26 del 19/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutilene)	µg/L	23,8	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. **GIUSEPPE CARLO SARAVALLE**)



Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-008**  
Descrizione campione: **Acqua PM27 del 08/02/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Methylterzbutilietere)	µg/L	27,4	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. Adolfo Carlo Saravalle)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

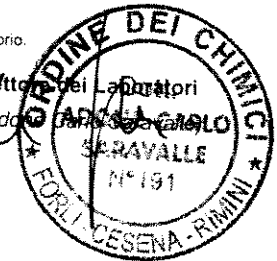
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-005**  
Descrizione campione: **Acqua PM28 del 19/01/05**

Via A. Banfo, 43  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutiletere)	µg/L	5,4	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adolfo Saravalle)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**  
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-006**  
Descrizione campione: **Acqua PM29 del 19/01/05**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**  
**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutiletere)	µg/L	1,2	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(D. Ag. **LABORATORIO**)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-007**

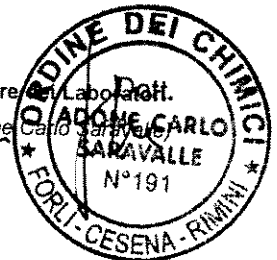
**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM30 del 19/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutiletere)	µg/L	2,0	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adone Carlo Saravalle)





Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-001**  
Descrizione campione: **Acqua PM32 del 18/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adriano Carlo Saravalle)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-002**  
Descrizione campione: **Acqua PM33 del 18/01/05**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

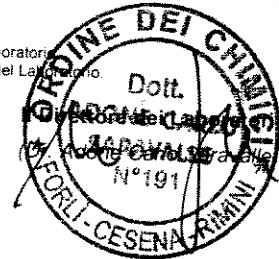
Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-001**  
Descrizione campione: **Acqua PM34 del 21/01/05**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-003**  
Descrizione campione: **Acqua PM35 del 18/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adone Carlo Sgarbi)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-009**  
Descrizione campione: **Acqua PM36 del 20/01/05**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-011**

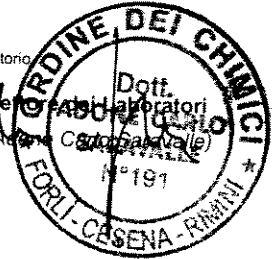
**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM37 del 20/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adriano Caporaso)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-008**

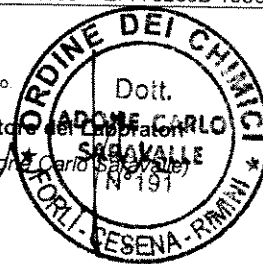
**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM38 del 19/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. *Adriano Carlo Savavalle*)



Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-009**  
Descrizione campione: **Acqua PM43 del 08/02/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adone Carlo Batarale)





Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-010**  
Descrizione campione: **Acqua PM44 del 11/02/05**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

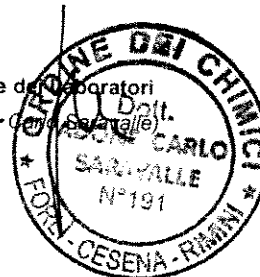
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-002**  
Descrizione campione: **Acqua PM59 del 21/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. Adone Carlo Saravalle)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-005**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM60 del 25/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutiletere)	µg/L	0,6	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500325** del **28/01/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

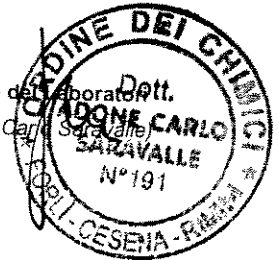
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500325-012**  
Descrizione campione: **Acqua PM61 del 20/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. *Carlo Saravalle*)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-006**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM82 del 25/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutilene)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. Aldo)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

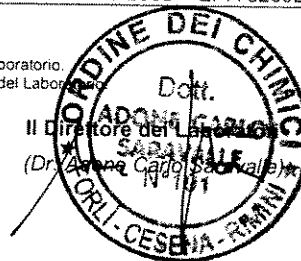
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-007**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM91 del 26/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutilene)	µg/L	8,6	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-008**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM92 del 26/01/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	4,1	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. Agone Carlo)



Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

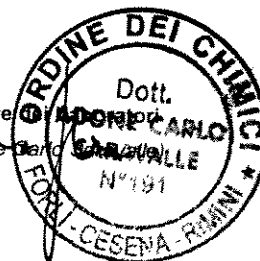
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-002**  
Descrizione campione: **Acqua PM93 del 04/02/05**

Via A. Banfo, 43  
10155 TORINO (TO)

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore  
(Dr. ~~Abate Carlo~~)





Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-003**  
Descrizione campione: **Acqua PM94 del 08/02/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

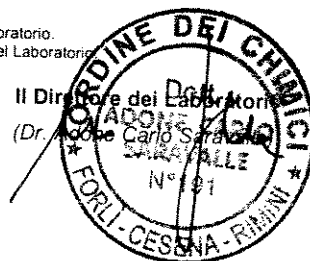
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-004**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM95 del 08/02/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutiletere)	µg/L	2367	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Carlo Saravali)

Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-005**  
Descrizione campione: **Acqua PM96 del 08/02/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutilietere)	µg/L	1880	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adone Saravalle)



Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-006**

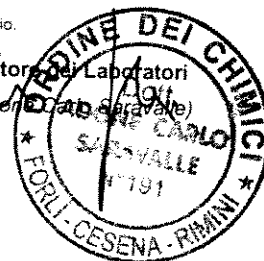
**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PM97 del 08/02/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	46,7	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adolfo Carlo Saravalle)



Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

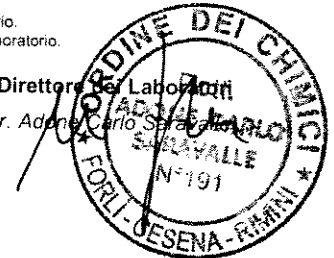
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-007**  
Descrizione campione: **Acqua PM98 del 08/02/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutilene)	µg/L	40,9	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. Adone Carlo Seravalle)



Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

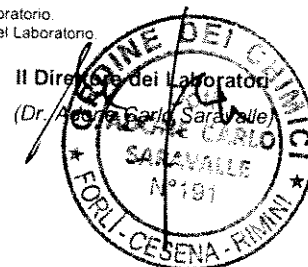
Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-012**  
Descrizione campione: **Acqua PM99 del 11/02/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	17,0	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-015**  
Descrizione campione: **Acqua PM100 del 28/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	0,7	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. ~~Adriano Sestini~~)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-016**  
Descrizione campione: **Acqua PM101 del 28/01/05**

Via A. Banfo, 43  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	3,0	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore dei Laboratori  
(Dr. Adolfo Serravalle)





Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

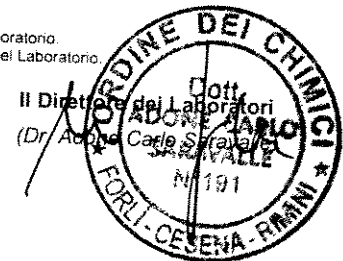
Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-017**  
Descrizione campione: **Acqua PM103 del 28/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutilene)	µg/L	12,8	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Adone Carlo Serravalle)

Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

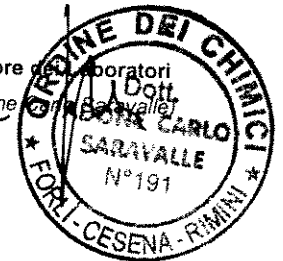
Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-003**  
Descrizione campione: **Acqua PMA del 24/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metiliterzbutilietere)	µg/L	118	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

Il Direttore del Laboratorio  
(D. *Adone* *Carlo Saravalle*)



Rimini, li 03/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500423** del **03/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

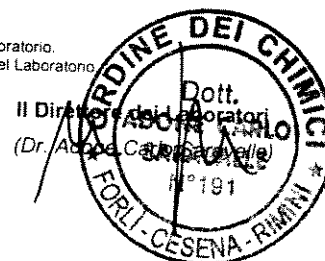
Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500423-004**  
Descrizione campione: **Acqua PMB del 24/01/05**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	15,0	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Il Direttore del Laboratorio  
(Dr. Antonio Caracciolo)

Rimini, li 11/03/2005

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **500637** del **16/02/2005**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **500637-001**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Descrizione campione: **Acqua PMC del 04/02/05**

Parametri	Unità di misura	Risultati	Metodo
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	75,9	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



Il Direttore  
**GIADONE CARO**  
(Dr. Giuseppe CARO)

Rimini, li 05/04/2004

## CERTIFICATO DI ANALISI

Studio: **200400707** del **30/02/2004**  
Commessa/lotto: **T20033**

Committente:  
**GOLDER ASSOCIATES s.r.l.**

Campionamento effettuato da: **COMMITTENTE**  
Codice campione: **2004005073**  
Descrizione campione: **Acqua PM6 del 19/02/04**

**Via A. Banfo, 43**  
**10155 TORINO (TO)**

Parametri	Unità di misura	Risultati
MTBE (Metilterzbutiletere)	µg/L	< 0,5

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente al campione analizzato presso questo Laboratorio.  
Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.



## **APPENDICE 2**

Certificati analitici terreno – Fondo scarifica sversamento  
accidentale nei pressi del serbatoio S315



Sede Amministrativa - Laboratorio:  
 Contrada Cava Sorciaro, 1 - C.P. 109  
 96010 PRIOLO GARGALLO (SR)  
 Tel. 0931.766074 - Fax 0931.766075  
 http://www.ecocontrolsud.it  
 E-mail: ecocontrolsud@ecocontrolsud.it



## Rapporto di Prova N. RP/4998/05 del 04/08/05

Pag. 1 di 3

**Committente:** ERG RAFFINERIE MEDITERRANEE Spa - RAFF. ISAB IMPIANTI SUD  
 Ex S.S.114 Km 146 96010 Priolo G. (SR)

**Numero campione:** 4.998      **Data ricevimento:** 01/08/05      **Data inizio prove:** 01/08/05      **Data termine prove:** 03/08/05  
**Prodotto dichiarato:** SITI AD USO COMMERCIALE E INDUSTRIALE  
**Denominazione Campione:** S 315 FONDO SCARIFICA  
**Quantità Campione:** 1 Kg      **Restituzione Campione:** No  
**Imballaggio:** Barattolo in vetro + Vials  
**Descrizione Sigillo:**  
**Procedura Campionamento:** Campione consegnato dal cliente

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

\* Prove non accreditate dal SINAL.

L'incertezza riportata si riferisce all'incertezza estesa  $K=2$  (95 %).

I risultati delle prove non sono corretti per il fattore di recupero ove previsto dal metodo

Prova	Metodo analitico	Valore	Incertezza
*UMIDITA'	D.M. 13/09/99	2,14 % p	
*SOPRAVAGLIO > a 2 mm	D.M. 13/09/99	45,73 % p	
*SOTTOVAGLIO < a 2 mm	D.M. 13/09/99	54,27 % p	
*pH	D.M. 13/03/99 all. III P1	8,14	
*Cianuri totali (CN)	EPA9010B/96+EPA9014/96	< 1,0 mg/Kg	
*Capacità di scambio cationico	D.M. 13/09/99	< 1,0 meq/100 g	
*Carbonio Organico	D.M. 13/09/1999 METODO VIL3	< 1,0 g/Kg	
Prez. metalli dig. acida con microonde	EPA 3051 A/98		
Antimonio (Sb)	EPA 6010C/00	< 5,0 mg/Kg	
Arsenico (As)	EPA 6010C/00	5,9 mg/Kg	± 0,3
Berillio (Be)	EPA 6010C/00	< 2,0 mg/Kg	
Cadmio (Cd)	EPA 6010C/00	< 2,0 mg/Kg	
Cromo totale (Cr)	EPA 6010C/00	31,2 mg/Kg	± 1,4
*Cromo VI (Cr)	EPA 3060/96+EPA7196/92	< 0,5 mg/Kg	
*Mercurio (Hg)	MIP 032	< 0,2 mg/Kg	
Piombo totale (Pb)	EPA 6010C/00	8,7 mg/Kg	± 0,3
Rame totale (Cu)	EPA 6010C/00	18,1 mg/Kg	± 2,7
Selenio (Se)	EPA 6010C/00	< 5,0 mg/Kg	
Vanadio (V)	EPA 6010C/00	54,7 mg/Kg	± 11,2
Zinco (Zn)	EPA 6010C/00	67,9 mg/Kg	± 2,7
*SOLVENTI ORGANICI AROMATICI	EPA 5035/96+EPA 8260B/96		
* Benzene		< 0,1 mg/Kg	
* Cumene (Isopropilbenzene)		< 0,1 mg/Kg	
* Etilbenzene		< 0,1 mg/Kg	
* Toluene		< 0,1 mg/Kg	
* Stirene		< 0,1 mg/Kg	
* Xileni		< 0,3 mg/Kg	
*Idrocarburi totali da C6 a C12	EPA5021/96+EPA8015D/03	< 10,0 mg/Kg	
*Idrocarburi totali da C12 a C40	EPA 3540C/96+EPA 8015 D/03	< 10,0 mg/Kg	
*ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI	EPA 5035/96+EPA 8260B/96		
* Cloruro di vinile		< 0,05 mg/Kg	
* Triclorometano		< 0,05 mg/Kg	



Sede Amministrativa - Laboratorio:  
 Contrada Cava Sorciara, 1 - C.P. 109  
 98010 PRIOLO GARGALLO (SR)  
 Tel. 0931.766074 - Fax 0931.766075  
 http://www.ecocontrolsud.it  
 E-mail: ecocontrolsud@ecocontrolsud.it



## Rapporto di Prova N. RP/4998/05 del 04/08/05

Pag. 2 di 3

**Committente:** ERG RAFFINERIE MEDITERRANEE Spa - RAFF. ISAB IMPIANTI SUD

**Numero campioni:** 4.998      **Data ricevimento:** 01/08/05      **Data inizio prove:** 01/08/05      **Data termine prove:** 03/08/05  
**Prodotto dichiarato:** SITI AD USO COMMERCIALE E INDUSTRIALE  
**Denominazione Campione:** S 315 FONDO SCARIFICA  
**Quantità Campione:** 1 Kg      **Restituzione Campione:** No  
**Imballaggio:** Barattolo in vetro + Vials  
**Descrizione Sigillo:**  
**Procedura Campionamento:** Campione consegnato dal cliente

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

\* Prova non accreditata dal SINA.

L'incertezza riportata si riferisce all'incertezza estesa  $K=2$  (95 %).

I risultati delle prove non sono corretti per il fattore di recupero ove previsto dal metodo

Prova	Metodo analitico	Valore	Incertezza
* Clorometano		< 0,05 mg/Kg	
* Diclorometano		< 0,05 mg/Kg	
* 1,1-Dicloroetilene		< 0,05 mg/Kg	
* 1,2-Dicloropropano		< 0,05 mg/Kg	
* 1,1,2-Tricloroetano		< 0,05 mg/Kg	
* Tricloroetilene		< 0,05 mg/Kg	
* 1,2,3-Tricloropropano		< 0,05 mg/Kg	
* 1,1,2,2-Tetracloroetano		< 0,05 mg/Kg	
* Tetracloroetilene		< 0,05 mg/Kg	
* 1,2-Dicloroetano		< 0,05 mg/Kg	
*ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI	EPA 5035/96+EPA 8260B/96		
* 1,1-Dicloroetano		< 0,05 mg/Kg	
* 1,2-Dicloroetilene		< 0,05 mg/Kg	
* 1,1,1-Tricloroetano		< 0,05 mg/Kg	
*ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI	EPA 5035/96+EPA 8260B/96		
* 1,2-Dibromoetano		< 0,05 mg/Kg	
* Dibromoclorometano		< 0,05 mg/Kg	
* Bromodiclorometano		< 0,05 mg/Kg	
* Tribromometano(bromoformio)		< 0,05 mg/Kg	
FENOLI CLORURATI	EPA 3580A/92 +EPA 3640A/94 +EPA 8270D/98		
2,4,6 triclorofenolo		< 0,01 mg/Kg	
2-clorofenolo		< 0,01 mg/Kg	
2,4 diclorofenolo		< 0,01 mg/Kg	
Pentaclorofenolo		< 0,01 mg/Kg	
FENOLI NON CLORURATI	EPA 3580A/92 +EPA 3640A/94 +EPA 8270D/98		
Metilfenoli		< 0,05 mg/Kg	
Fenolo		< 0,05 mg/Kg	
AMMINE AROMATICHE	EPA 3580A/92 +EPA 3640A/94 +EPA 8270D/98		
Anilina		< 0,2 mg/Kg	
o-Anisidina		< 0,5 mg/Kg	
m,p-Anisidina		< 0,5 mg/Kg	
Difenilammina		< 0,5 mg/Kg	





Sede Amministrativa - Laboratorio:  
Contrada Cava Sorclaro, 1 - C.P. 109  
96010 PRIOLO GARGALLO (SR)  
Tel. 0931.766074 - Fax 0931.766075  
http://www.ecocontrolsud.it  
E-mail: ecocontrolsud@ecocontrolsud.it



## Rapporto di Prova N. RP/4998/05 del 04/08/05

Pag. 3 di 3

Committente: **FRG RAFFINERIE MEDITERRANEE Spa - RAFF. ISAB IMPIANTI SUD**

Numero campione: 4998      Data ricevimento: 01/08/05      Data inizio prova: 01/08/05      Data termine prova: 03/08/05

Prodotto dichiarato: **SITI AD USO COMMERCIALE E INDUSTRIALE**

Denominazione Campione: **5 315 FONDO SCARIFICA**

Quantità Campione: **1 Kg**

Restituzione Campione: **No**

Imballaggio: **Fazzoletto in vetro + Vials**

Descrizione Sigillo:

Procedura Campionamento: **Campione consegnato dal cliente**

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

\* Prove non accreditate dal SINAL.

L'incertezza riportata si riferisce all'incertezza estesa  $K=2$  (95 %).

I risultati delle prove non sono corretti per il fattore di recupero ove previsto dal metodo

Prova	Metodo analitico	Valore	Incertezza
p-Toluidina		< 0,5 mg/Kg	
*POLICICLICI AROMATICI	EPA 3580A/92 +EPA 3640A/94 +EPA 8270D/98		
* Benzo (a) antracene		< 0,050 mg/Kg	
* Benzo (a) pirene		< 0,050 mg/Kg	
* Benzo (b) fluorantene		< 0,050 mg/Kg	
* Benzo (k) fluorantene		< 0,050 mg/Kg	
* Benzo (g,h,i) perilene		< 0,050 mg/Kg	
* Crisene		< 0,050 mg/Kg	
* Dibenzo (a,c) pirene		< 0,1 mg/Kg	
* Dibenzo (a,i) pirene		< 0,1 mg/Kg	
* Dibenzo(a,h) pirene		< 0,1 mg/Kg	
* Dibenzo(a,l) pirene		< 0,1 mg/Kg	
* Dibenzo (a,h) antracene		< 0,050 mg/Kg	
* Indenopirene		< 0,050 mg/Kg	
* Pirene		< 0,050 mg/Kg	
* Scompositiva Policiclici Aromatici		< 1,0 mg/Kg	
*P.C.B. (Aroclor Total)	EPA3580A/92+EPA 3640C/96 + EPA 8082/96		
* P.C.B.		< 0,005 mg/Kg	

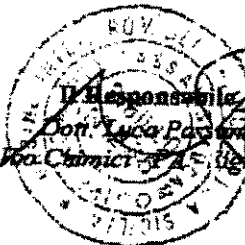
Gli Analisti

Alfonzetti Ludovico

Cultrera Massimiliano

Fazzino Salvatore Daniele

Russo Domingo



Iscri. Albo Chimici n° 236

## **APPENDICE 3**

*Analisi di rischio*

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	1
1.1	Premessa .....	1
1.2	Obiettivi .....	1
2.	LA PROCEDURA RBCA CODIFICATA DALL'ASTM .....	2
2.1	Procedura RBCA .....	2
2.2	Livelli di approfondimento della procedura ASTM .....	3
2.3	Parametri necessari per un'analisi di rischio di secondo livello .....	4
2.3.1	Parametri di sito .....	4
2.3.2	Caratteristiche chimico-fisiche dei contaminanti .....	4
2.3.3	Parametri d'esposizione umana .....	5
2.3.4	Caratteristiche tossicologiche delle sostanze .....	5
2.4	Il calcolo del rischio .....	6
3.	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO .....	8
	Per la descrizione dettagliata dell'assetto geologico ed idrogeologico del Sito si rimanda alla documentazione di riferimento (già acquisita dalle PP.AA.) riportata nel testo della relazione al Paragrafo 1.1.....	8
3.1.	Considerazioni generali .....	8
3.2	Identificazione delle sostanze indice per l'acqua sotterranea .....	9
3.3	Identificazione delle sostanze indice per il terreno .....	10
4.	MODELLO CONCETTUALE DELL'ANALISI DI RISCHIO.....	13
4.1	Sorgenti di contaminazione.....	13
4.1.1	Terreno superficiale .....	13
4.1.2	Terreno profondo insaturo .....	14
4.1.3	Prodotto in fase libera.....	16
4.1.4	Acqua sotterranea .....	16
4.2	Individuazione dei meccanismi di trasporto .....	17
4.3	Individuazione delle vie di esposizione .....	18
4.4	Bersagli .....	19
4.5	Modello concettuale di sintesi .....	19
5.	CALCOLO DELLE CSR SITO SPECIFICHE.....	20
5.1	Metodo usato per il calcolo.....	20
5.1.1	Descrizione generale del metodo usato .....	20
5.1.4	Calcolo delle CSR per l'acqua sotterranea .....	21
5.1.5	Calcolo delle CSR per il terreno .....	21
5.2	Codice di calcolo usato .....	22
5.3	Parametri usati nelle simulazioni per la determinazione delle CSR ...	22
5.3.1	Parametri di sito .....	22
5.3.2	Caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze	22

5.3.3	Parametri di esposizione usati nelle simulazioni.....	23
5.4	Risultati delle simulazioni per la determinazione delle CSR.....	23

## **TABELLE**

<b>Tabella A3.1</b>	Parametri di sito usati nelle simulazioni
<b>Tabella A3.2</b>	Caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze
<b>Tabella A3.3</b>	Parametri di esposizione usati nelle simulazioni
<b>Tabella A3.4</b>	CSR calcolate per il terreno
<b>Tabella A3.5</b>	CSR calcolate per l'acqua sotterranea
<b>Tabella A3.6</b>	CSR calcolate per il terreno superficiale in assenza del percorso contatto dermico e ingestione
<b>Tabella A3.7</b>	Rischio associato alle CSR per ciascuna sostanza per il percorso contatto dermico e ingestione di suolo

## **FIGURE**

<b>Figura A3.1</b>	Ubicazione delle sorgenti di contaminazione nell'acqua sotterranea e dei punti di conformità
<b>Figura A3.2</b>	Ubicazione delle sorgenti di contaminazione nel terreno superficiale e dei punti di conformità
<b>Figura A3.3</b>	Ubicazione delle sorgenti di contaminazione per il terreno profondo e dei punti di conformità
<b>Figura A3.4</b>	Modello concettuale del sito

## **1. INTRODUZIONE**

### **1.1 Premessa**

La presente Appendice 3 riporta l'analisi di rischio sito specifica redatta ai sensi del Decreto Legislativo n. 152<sup>(1)</sup> del 3 aprile 2006 ("D.Lgs. 152/2006") per la rimodulazione degli obiettivi di bonifica, ovvero per la determinazione delle concentrazioni soglia di rischio ("CSR") relative al terreno e all'acqua sotterranea del sito della Raffineria.

### **1.2 Obiettivi**

Gli obiettivi della presente analisi di rischio sono i seguenti:

- descrivere la procedura usata per svolgere l'analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/2006;
- riportare il modello concettuale dell'analisi di rischio;
- descrivere la metodologia ed i parametri usati per svolgere l'analisi di rischio per il calcolo delle CSR sito specifiche ed i risultati ottenuti.

---

<sup>(1)</sup> Norme in materia ambientale

## 2. LA PROCEDURA RBCA CODIFICATA DALL'ASTM

### 2.1 Procedura RBCA

La procedura RBCA (*Risk Based Corrective Action*) costituisce il criterio decisionale basato sull'analisi di rischio più nota a livello internazionale. La procedura è una norma<sup>(2)</sup> ASTM (*American Society for Testing and Materials*) per guidare gli interventi di risanamento su siti contaminati.

La norma RBCA descrive il processo decisionale che, attraverso l'applicazione graduale dell'analisi di rischio porta alla definizione degli interventi di risanamento del sito in modo efficace dal punto di vista della protezione dai rischi e dal punto di vista economico. RBCA ha l'obiettivo di armonizzare i metodi di analisi e gestione dei siti contaminati e di fornire uno strumento che possa usato come riferimento per sviluppare programmi ed azioni basate sull'analisi di rischio.

Per applicare la metodologia ASTM è necessario seguire le seguenti fasi di studio:

- caratterizzazione del sito. In questa fase sono studiate le matrici ambientali contaminate e il contesto ambientale del sito;
- definizione del modello concettuale del sito. Il modello concettuale individua le interazioni esistenti tra le componenti (sorgenti di contaminazione, meccanismi di trasporto, vie di esposizione e bersagli) che concorrono alla determinazione del potenziale rischio legato alla contaminazione;
- determinazione delle concentrazioni di contaminanti al punto di esposizione. In questa fase le concentrazioni al punto d'esposizione sono calcolate mediante modelli di trasporto dei contaminanti;
- calcolo del rischio. Le concentrazioni di contaminanti al punto di esposizione unitamente alla valutazione del tasso di esposizione e delle caratteristiche tossicologiche dei contaminanti consentono di calcolare il rischio per la salute umana;
- analisi decisionale. Nella fase di analisi decisionale vengono valutate le incertezze presenti nell'analisi di rischio e l'accettabilità del rischio; sono inoltre calcolate le concentrazioni massime ammissibili alla sorgente.

---

<sup>(2)</sup> Norma ASTM codice *E1739* pubblicata nel 1995 ed in seguito aggiornata ed integrata nel 1998 con la norma ASTM codice *PS104*.

## **2.2 Livelli di approfondimento della procedura ASTM**

La procedura RBCA è articolata in tre differenti livelli di approfondimento:

- il **primo livello (Tier 1)** coincide con una valutazione di screening in cui vengono derivati, sulla base di scenari, modelli ed assunzioni conservative generiche, i *Risk Based Screening Levels* (RBSL). I valori RBSL sono valori di concentrazione per le diverse matrici ambientali che hanno valore generico e non sito specifico. Se le concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito superano tali valori, i RBSL possono essere un riferimento per gli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 2 di analisi che prevede la caratterizzazione specifica del sito;
- il **secondo livello (Tier 2)** consiste in una valutazione sito specifica in cui sono calcolati i *Site Specific Target Level* (SSTL), che corrispondono ai valori di concentrazione che possono costituire gli obiettivi di bonifica per le matrici contaminate. Nel livello 2 sono usati modelli di trasporto analitici, in cui i dati d'ingresso sono ricavati da indagini ambientali condotte in sito. Qualora alcuni dati di input non siano disponibili, si ricorre a valori riportati in letteratura o a dati validati da studi condotti in contesti ambientali analoghi. Se le SSTL sono superate dalle concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito, i SSTL possono essere un riferimento per gli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 3 di analisi che prevede l'uso di modelli di simulazione complessi e un maggior numero di dati;
- il **terzo livello (Tier 3)** rappresenta lo stadio più approfondito di analisi di rischio. Il terzo livello prevede l'uso di strumenti di calcolo più complessi, costituiti da modelli numerici e stocastici per la simulazione dei fenomeni di trasporto dei contaminanti. L'applicazione dell'analisi di rischio di terzo livello è consentita dalla disponibilità di dati chimici, biologici e fisici specifici del sito necessari alla completa determinazione dei fenomeni di riduzione del carico di contaminante in atto nel sottosuolo.

Dal momento che il D.Lgs. 152/2006 prevede lo svolgimento di una analisi sito specifica per la determinazione delle CSR, ovvero delle SSTL, l'analisi di rischio elaborata per il sito in oggetto è stata spinta sino al secondo livello. Tale scelta si basa sul fatto che le indagini ambientali svolte in sito hanno consentito di disporre di una base dati che, unitamente ad alcuni dati di letteratura, permette di implementare un modello analitico del trasporto delle sostanze dalle aree sorgenti alle aree dove possono trovarsi eventuali recettori, e conseguentemente calcolare i rischi dovuti all'esposizione alle sostanze.

## **2.3 Parametri necessari per un'analisi di rischio di secondo livello**

### ***2.3.1 Parametri di sito***

La formulazione di un'analisi di rischio di secondo livello prevede la conoscenza delle caratteristiche ambientali del sito. I principali parametri usati nelle analisi di rischio di secondo livello per descrivere il sito sono:

- l'estensione e l'ubicazione delle sorgenti di contaminazione, distanza dal/dai punto/i di esposizione;
- il livello di contaminazione delle aree sorgenti;
- le caratteristiche della zona insatura (conducibilità idraulica, contenuto d'acqua, spessore, presenza di orizzonti a limitata permeabilità, densità, ...);
- le caratteristiche dell'acquifero (gradiente idraulico, conducibilità idraulica, porosità efficace, frazione di carbonio organico, ...);
- le caratteristiche del recettore (ad esempio la portata e l'estensione di un corso d'acqua o di un lago, la profondità di un pozzo, ...);
- le condizioni meteorologiche dell'area (precipitazioni medie, venti, ...);
- le caratteristiche degli edifici (presenza di fratture nelle fondazioni, ventilazione degli ambienti, ...) presenti nell'area di analisi.

### ***2.3.2 Caratteristiche chimico-fisiche dei contaminanti***

Le caratteristiche chimico-fisiche dei contaminanti regolano i fenomeni di migrazione della contaminazione verso i recettori. Tali caratteristiche sono usate come parametri d'ingresso nella formulazione dell'analisi di rischio.

Le principali caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze contaminanti sono di seguito riassunte:

- *solubilità (S)*: è misurata in mg/l e rappresenta la concentrazione massima di un composto chimico in soluzione acquosa ad una determinata temperatura;
- *costante di Henry (H)*: è una costante che stabilisce la misura della partizione di un composto chimico tra la fase gassosa e liquida all'equilibrio. Maggiore è il valore di H, più alta è la tendenza del composto a volatilizzare. E' misurata in atm·m<sup>3</sup>/mol;
- *tensione di vapore (V<sub>p</sub>)*: corrisponde alla pressione esercitata dal vapore di un composto in equilibrio con la sua fase liquida o solida. Nei composti caratterizzati da una bassa solubilità è indicativa della tendenza alla



volatilizzazione. Maggiore è  $V_p$ , più alta è la tendenza di un composto ad essere presente in fase gassosa;

- *coefficiente di ripartizione carbonio organico-acqua ( $K_{OC}$ )*: è espresso in ml/g e fornisce una misura della ripartizione di un composto all'equilibrio fra il carbonio organico presente nel suolo e l'acqua;
- *coefficiente di ripartizione suolo/acqua ( $K_D$ )*: è un parametro dipendente dalle caratteristiche del terreno (composizione mineralogica, pH, contenuto di carbonio organico) e rappresenta la misura (ml/g) della distribuzione, all'equilibrio, del composto tra la fase solida e la fase liquida dell'acquifero. Alti valori di  $K_D$  indicano la tendenza del composto a legarsi alla matrice solida piuttosto che a restare in soluzione;
- *coefficiente di diffusione in aria e in acqua ( $D_a, D_w$ )*: è misurato in  $cm^2/s$  e rappresenta la tendenza di un composto a diffondersi per differenza di concentrazione in aria ( $D_a$ ) o acqua ( $D_w$ ).

### 2.3.3 Parametri d'esposizione umana

I parametri di esposizione umana sono utilizzati per quantificare la dose di contaminante assunta dagli esseri umani attraverso il contatto dermico, l'ingestione o l'inalazione di una matrice contaminata.

Sono di seguito riportati alcuni esempi dei principali parametri di esposizione usati nelle analisi di rischio di secondo livello:

- peso corporeo;
- durata e frequenza di esposizione;
- superficie della pelle esposta;
- tasso giornaliero di ingestione di suolo;
- volume giornaliero di aria inalata.

### 2.3.4 Caratteristiche tossicologiche delle sostanze

I potenziali effetti negativi sulla salute umana indotti dai contaminanti sono valutati in funzione di una serie di parametri, quali, ad esempio, il tipo di esposizione e la sua durata, le caratteristiche del recettore, ecc. Sulla base di queste informazioni è possibile definire la massima dose ammissibile ovvero la dose (specifica per ogni contaminante) per la quale non sussiste rischio per la salute umana o tale rischio è sufficientemente basso da essere considerato accettabile.

I contaminanti sono classificati in sostanze non cancerogene e sostanze cancerogene.

Le prime sono definite come sostanze a soglia limite; la loro assunzione al di sotto di una certa concentrazione soglia non comporta effetti negativi per la salute umana. Questa concentrazione limite viene definita dose di riferimento (RfD) ed è espressa in mg/kg<sub>peso</sub>/giorno.

Le seconde sono definite invece sostanze senza soglia limite; la loro assunzione, anche minima, può generare effetti negativi sulla salute umana creando condizioni favorevoli allo sviluppo di malattie cancerogene. Poiché si assume che tale propensione aumenti in modo proporzionale con la crescita delle dosi assunte, non è quantificabile una soglia limite di pericolo. Per tali sostanze è individuato un coefficiente denominato Slope Factor (SF), che rappresenta il rischio riferito ad una dose unitaria. Al fine di indicare un valore di riferimento per questi contaminanti si ricorre al prodotto tra la dose assunta (mg/kg/giorno) e lo SF (mg/kg/giorno)<sup>-1</sup>.

#### **2.4 Il calcolo del rischio**

Per quantificare il rischio per la salute umana dovuto all'esposizione alla contaminazione e valutarne l'accettabilità o la non accettabilità, si devono calcolare i quozienti di pericolo HI (*Hazard Index*) per le sostanze non cancerogene e i valori di rischio incrementale (R) per le sostanze cancerogene.

Gli HI per le sostanze non cancerogene sono calcolati secondo:

$$HI = Dose\ Assunta / Dose\ di\ Riferimento$$

Il rischio totale HI per le sostanze non cancerogene è calcolato sommando i contributi dovuti a tutte le  $N$  sostanze indice considerate per tutte le  $M$  vie di esposizione attive:

$$HI\_totale = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M HI_{ji}$$

I valori di rischio incrementale R per le sostanze cancerogene sono calcolati secondo:

$$R = Dose\ Assunta \times Slope\ Factor$$

Il rischio cancerogeno totale R è ottenuto sommando i singoli valori di rischio incrementale di tutte le  $N$  sostanze indice considerate per tutte le  $M$  vie di esposizione attive:

$$R\_totale = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M R_{ji}$$

Secondo quanto espresso dal D.Lgs. 152/2006, il rischio per la salute umana è accettabile se sussistono le seguenti condizioni:

- HI totale  $\leq 1$ ;
- R totale  $\leq 10^{-5}$ .

### 3 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

Per la descrizione dettagliata dell'assetto geologico ed idrogeologico del Sito si rimanda alla documentazione di riferimento (già acquisita dalle PP.AA.) riportata nel testo della relazione al Paragrafo 1.1.

#### 3.1. Considerazioni generali

Le aree considerate come sorgenti di contaminazione sono state definite sulla base delle diverse campagne di indagine ambientale finora condotte, che hanno riguardato sia il terreno sia l'acqua sotterranea.

I contaminanti indice che sono stati utilizzati sono quelli per i quali sono stati ravvisati superamenti delle rispettive CSC; non sono stati considerati i parametri anomali, per i quali sono stati rilevati sporadici superamenti delle CSC (non confermati però nelle campagne successive). L'analisi di rischio ha considerato inoltre il parametro ammoniaca. Il parametro MtBE non è stato considerato nell'analisi di rischio, in quanto i più recenti monitoraggi hanno generalmente evidenziato concentrazioni inferiori a 350 µg/l.

Le aree assunte come sorgenti di contaminazione utilizzate nella presente analisi di rischio, con i rispettivi contaminanti indice considerati, sono rappresentate nella **Figura A3.1** (acque sotterranee), **Figura A3.2** (terreno superficiale tra 0 m e 1 m dal p.c.) e **Figura A3.3** (terreno a profondità maggiore di 1 m dal p.c.): in merito si precisa quanto segue:

- **acque sotterranee:** le aree sorgenti di contaminazione sono in primo luogo quelle interessate dalla presenza di prodotto surnatante; in secondo luogo, le aree sorgenti sono state individuate, in linea generale, sulla base dei risultati delle analisi chimiche dell'acqua sotterranea riportate nella **Tabella 2**. In particolare, la perimetrazione delle aree sorgenti è basata sull'analisi dei dati storici di concentrazione; a scopo cautelativo, sono state incluse nelle aree sorgenti anche alcuni pozzi di monitoraggio per i quali sono state in passato rilevate alcune non conformità alle CSC, anche se queste non conformità non sono state confermate in successive campagne. Sono stati utilizzati per la perimetrazione delle sorgenti di contaminazione anche i risultati dei campionamenti eseguiti sui pozzi di monitoraggio della caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m;
- **terreno insaturo:** le aree sorgenti di contaminazione considerate comprendono:
  - i punti di campionamento della caratterizzazione integrativa a maglia 50m x 50m, nei quali sono stati rilevati superamenti delle CSC;

- i punti di campionamento dell'area interessata dallo sversamento accidentale occorso presso il serbatoio S903, nei quali sono stati rilevati superamenti delle CSC;
- le aree interessate da sversamenti accidentali per i quali non sono ancora state svolte le indagini ambientali (sala pompe 1, sala pompe 2, S401, S216, oleodotto 13). Queste aree sono state cautelativamente considerate nell'analisi di rischio, nonostante a seguito degli sversamenti siano state eseguite attività di messa in sicurezza di emergenza, mediante scarifica del terreno superficiale. Le aree sorgenti di contaminazione sono state definite, sulla base delle dimensioni dell'area interessata dagli sversamenti, assumendo la presenza di alcuni campioni di terreno fittizi e non conformi alle CSC; l'ubicazione dei campioni fittizi è quella proposta nei piani di caratterizzazione presentati per ciascuna area.

Si precisa che i campioni di terreno prossimi al livello piezometrico/di frangia capillare, nei quali sono stati verificati superamenti delle CSC, non sono stati inclusi nella presente analisi di rischio, in quanto l'intervento su tali anomalie di concentrazione è contestuale agli interventi di MSO sull'acqua sotterranea.

### **3.2 Identificazione delle sostanze indice per l'acqua sotterranea**

Le analisi chimiche di laboratorio svolte sui campioni di acqua sotterranea prelevati nel corso delle diverse campagne di monitoraggio eseguite in Sito<sup>(3)</sup> hanno evidenziato quanto segue:

- nella subarea F1 sono stati rilevati superamenti delle CSC per arsenico, benzene, toluene, etilbenzene, para-xilene e per gli idrocarburi idrocarburi totali (espressi come n-esano);
- a valle della subarea F2 sono stati rilevati superamenti delle CSC per arsenico, selenio, benzene, toluene, etilbenzene, para-xilene e per gli idrocarburi idrocarburi totali (espressi come n-esano);
- nella subarea F3 sono stati rilevati superamenti delle CSC per benzene per gli idrocarburi idrocarburi totali (espressi come n-esano);
- nella subarea F4 sono stati rilevati superamenti delle CSC per benzene, toluene, etilbenzene, para-xilene e per gli idrocarburi idrocarburi totali (espressi come n-esano);
- nella subarea F5 sono stati rilevati superamenti delle CSC per piombo, benzene, toluene, etilbenzene, para-xilene e per gli idrocarburi idrocarburi totali (espressi come n-esano);

---

<sup>(3)</sup> Per la descrizione dettagliata delle indagini svolte sul Sito e dei risultati ottenuti si rimanda alla documentazione di riferimento elencata al Paragrafo 1.1.

- nella subarea F6 sono stati rilevati superamenti delle CSC per arsenico, benzene, toluene, etilbenzene, para-xilene e per gli idrocarburi idrocarburi totali (espressi come n-esano);
- nella subarea F7 sono stati rilevati superamenti della CSC per arsenico e selenio;
- nella subarea F8 è stato rilevato superamento della CSC solamente per il selenio;
- nella subarea F9 è stato rilevato superamento della CSC solamente per il selenio;
- nella subarea F10 è stato rilevato superamento della CSC solamente per il piombo.

### **3.3 Identificazione delle sostanze indice per il terreno**

Le analisi chimiche di laboratorio svolte sui campioni di terreno prelevati nel corso delle indagini hanno evidenziato superamenti delle CSC per le seguenti sostanze (Tavola 6):

- arsenico (As);
- selenio (Se);
- vanadio (Va);
- benzene, toluene, etilbenzene, xileni (BTEX);
- idrocarburi leggeri C<12 (idrocarburi C<12);
- idrocarburi pesanti C>12 (idrocarburi C>12).

Oltre ai parametri sopra citati, si considerano, in via cautelativa, altri composti che potrebbero essere presenti in concentrazioni superiori alle CSC nelle diverse aree del Sito interessate da sversamenti accidentali e per le quali non sono ancora state effettuate le indagini di caratterizzazione. Le sostanze indice per il terreno comprendono anche le seguenti:

- antimonio (Sb);
- berillio (Be);
- cadmio (Cd);
- cromo totale (Cr tot);
- cromo esavalente (Cr IV);
- mercurio (Hg);
- piombo (Pb);

- rame (Cu)
- zinco (Zn);
- stirene (S).

Sulla base delle ipotesi di superamento delle CSC nelle aree interessate da fuoriuscite accidentali di prodotti idrocarburici ed ancora da indagare, sono state definite le seguenti subaree e le sostanze indice ad esse correlate:

- subarea T1: BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12;
- subarea T2: Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12;
- subarea T3: Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12;
- subarea T4: Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12;
- subarea T5: Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12.

Considerando, invece, i superamenti realmente riscontrati durante le attività di caratterizzazione dell'intero Sito o di parte di esso, sono state definite le ulteriori subaree sotto elencate e le relative sostanze indice:

- subarea T6: BTEX, idrocarburi C<12 e C>12;
- subarea T7: idrocarburi C>12;
- subarea T8s: idrocarburi C>12;
- subarea T9s: selenio;
- subarea T10p: idrocarburi C>12;
- subarea T11p: idrocarburi C<12 e C>12;
- subarea T12p: As e V;
- subarea T13p: idrocarburi C>12.

Nelle **Figure A3.2 e A3.3** sono riportate le ubicazioni e le estensioni delle subaree identificate quali reali o potenziali sorgenti di contaminazione rispettivamente per il terreno superficiale e per il terreno profondo insaturo. I punti dai quali sono stati prelevati o, per le aree ancora da indagare, si prevede di prelevare campioni di suolo superficiale e profondo sono indicati nelle suddette figure con un punto verde.

Dalle figure di cui sopra si osserva che le sorgenti di contaminazione, accertate o presunte, costituite da terreno superficiale e profondo sono presenti in

maniera diffusa su tutto il Sito ed interessano una superficie complessiva di 27.000 m<sup>2</sup>, pari al 1 % della superficie totale dello stabilimento. Tali sorgenti sono ubicate in corrispondenza o in prossimità degli impianti, dei parchi serbatoi, delle sale pompe e degli oleodotti.

Per valutare se i campioni che presentano superamenti delle CSC si trovino in zona insatura o se invece siano stati prelevati nella zona satura dell'acquifero sono stati considerati i risultati dei rilievi piezometrici riportati nella **Tabella 1**.



#### **4. MODELLO CONCETTUALE DELL'ANALISI DI RISCHIO**

Sono di seguito riportate alcune considerazioni riguardo alle componenti che concorrono alla determinazione del potenziale rischio sanitario e ambientale conseguente alla presenza di sostanze in concentrazioni superiori alle CSC del terreno insaturo e dell'acqua sotterranea.

In particolare in tale sezione saranno determinate le seguenti componenti:

- sorgenti;
- meccanismi di trasporto;
- vie di esposizione;
- bersagli.

Il modello concettuale del sito correla le componenti del rischio dal punto di vista qualitativo e permette di impostare la struttura di un modello di simulazione per determinare le CSR e la tipologia delle attività da svolgere nel sito in oggetto.

##### **4.1 Sorgenti di contaminazione**

Le indagini svolte in Sito hanno consentito di individuare le seguenti potenziali sorgenti di contaminazione:

- terreno superficiale;
- terreno profondo insaturo;
- prodotto in fase separata surnatante l'acqua sotterranea;
- acqua sotterranea che presenta concentrazioni dei parametri di analisi superiori alle CSC.

##### **4.1.1 *Terreno superficiale***

La sorgente accertata o presunta costituita da terreno superficiale (terreno compreso tra il p.c. e 1 m di profondità) è presente nelle seguenti subaree:

- subarea T1 (presunta) corrispondente all'area interessata dallo sversamento accidentale di benzina occorso presso la trincea Oleodotto 13, avente un'estensione di circa 700 m<sup>2</sup> (BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T2 (presunta) equivalente all'area interessata dalla perdita accidentale di gasolio avvenuta in prossimità del serbatoio S-401, avente una superficie di circa 10 m<sup>2</sup> (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T3 (presunta) rappresentante l'area interessata dalla fuoriuscita accidentale di olio combustibile verificatasi in prossimità del serbatoio S-

216, dell'estensione di circa 800 m<sup>2</sup> (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);

- subarea T4 (presunta) corrispondente all'area interessata dallo sversamento accidentale di greggio avvenuto nelle immediate vicinanze della sala pompe n. 1, della superficie di circa 600 m<sup>2</sup> (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T5 (presunta) equivalente all'area coinvolta nell'evento incidentale occorso nei pressi della sala pompe n. 2, avente un'estensione di circa 15 m<sup>2</sup> (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T6 (accertata) rappresentante l'area con evidenza di superamenti interessata dalla perdita accidentale di acque di zavorra verificatasi in prossimità del serbatoio S-903, avente una superficie di circa 700 m<sup>2</sup> (BTEX, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T7 (accertata) comprendente i superamenti riscontrati durante le indagini a maglia 50 x 50 m nei punti P.I. 388, P.I. 389 e P.I. 391, avente un'estensione di circa 20.000 m<sup>2</sup> (idrocarburi C>12);
- subarea T8s (accertata) comprendente il superamento rilevato durante le indagini a maglia 50 x 50 m nel punto P.I. 158, avente una superficie di circa 1500 m<sup>2</sup> (idrocarburi C>12);
- subarea T9s (accertata) comprendente il superamento rilevato durante le indagini a maglia 50 x 50 m nel punto P.I. XXX, avente un'estensione di circa 1500 m<sup>2</sup> (Se).

Nella **Figura A3.2** sono riportate l'ubicazione e l'estensione delle subaree identificate quali sorgenti di contaminazione nel terreno superficiale.

#### **4.1.2 Terreno profondo insaturo**

Il terreno profondo insaturo (terreno che si trova a profondità maggiori di 1 m da p.c.) che realmente o ipoteticamente costituisce una sorgente di contaminazione è identificato nelle seguenti subaree:

- subarea T1 (ipotetica) corrispondente alla subarea T1 definita per il terreno superficiale, estesa fino a 2 m da p.c. (BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T2 (ipotetica) corrispondente alla subarea T2 definita per il terreno superficiale, estesa fino a 2 m da p.c. (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);

- subarea T3 (ipotetica) corrispondente alla subarea T3 definita per il terreno superficiale, estesa fino a 2 m da p.c. (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T4 (ipotetica) corrispondente alla subarea T4 definita per il terreno superficiale, estesa fino a 2 m da p.c. (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T5 (ipotetica) corrispondente alla subarea T5 definita per il terreno superficiale, estesa fino a 2 m da p.c. (Sb, As, Be, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Pb, Cu, Se, V, Zn, BTEXS, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T6 (reale) corrispondente alla subarea T6 definita per il terreno superficiale, estesa fino a 2 m da p.c. (BTEX, idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T7 (reale) comprendente il superamento riscontrato durante le indagini a maglia 50 x 50 m nel punto P.I. 389, avente una superficie di circa 5800 m<sup>2</sup> ed una profondità compresa tra 1-3 m da p.c. (idrocarburi C>12);
- subarea T10p (reale) comprendente i superamenti rilevati durante le indagini a maglia 50 x 50 m nei punti P.I. 359, P.I. 360, P.I. 362, P.I. 387 e P.I.M. 2, avente un'estensione di circa 6000 m<sup>2</sup> alle profondità di 2-6 m da p.c. (idrocarburi C>12);
- subarea T11p (reale) comprendente i superamenti riscontrati durante le indagini a maglia 50 x 50 m nei punti P.I.M. 7, P.I.M. 8 e P.I.M. 10, avente una superficie di circa 2700 m<sup>2</sup> compresa tra le profondità 3,5-26 m da p.c. (idrocarburi C<12 e C>12);
- subarea T12p (reale) comprendente i superamenti riscontrati durante le indagini a maglia 50 x 50 m nel punto P.I. 8, estesa per circa 8000 m<sup>2</sup> da una profondità di 2 m ad una profondità di 3 m da p.c. (As e V);
- subarea T13p (reale) comprendente il superamento riscontrato durante le indagini a maglia 50 x 50 m nel punto P.I. 552, estesa per circa 4000 m<sup>2</sup> ad una profondità compresa tra 3-7 m da p.c. (idrocarburi C>12).

Nella **Figura A3.3** sono riportate l'ubicazione e l'estensione delle subaree identificate quale sorgente di contaminazione nel terreno profondo insaturo. Tali subaree sono state definite esaminando sia i risultati delle analisi chimiche di laboratorio condotte sui campioni di terreno profondo (**Tavola 6**), sia i dati di soggiacenza riscontrati nei pozzi di monitoraggio interni al Sito (**Tabella 1**).

#### **4.1.3 Prodotto in fase libera**

La sorgente di contaminazione costituita dal prodotto in fase libera è presente nelle aree denominate Area omogenea 1 e Area omogenea 2 (Tavola 4).

#### **4.1.4 Acqua sotterranea**

La sorgente di contaminazione costituita dall'acqua sotterranea è presente in alcune subaree del Sito, le quali hanno mostrato superamenti delle CSC per le seguenti sostanze (Tabella 2):

- subarea F1 (BTEXS, selenio, ammoniaca, idrocarburi totali espressi come n-esano);
- subarea F2 (BTEXS, arsenico, idrocarburi totali espressi come n-esano);
- subarea F3 (benzene, idrocarburi totali espressi come n-esano);
- subarea F4 (BTEXS, idrocarburi totali espressi come n-esano);
- subarea F5 (BTEXS, piombo, idrocarburi totali espressi come n-esano);
- subarea F6 (BTEXS, arsenico, idrocarburi totali espressi come n-esano);
- subarea F7 (arsenico, selenio);
- subarea F8 (selenio);
- subarea F9 (selenio);
- subarea F10 (piombo).

Le subaree sopracitate, individuate quali sorgenti di contaminazione dell'acqua sotterranea, corrispondono alle aree che delimitano i pennacchi di contaminazione nell'acqua sotterranea.

Si precisa che, per la subarea F2, è stata assunta come sorgente di contaminazione la sola area interessata dalla presenza di prodotto surnatante: non è stata considerata come sorgente di contaminazione l'area interessata dal pennacchio di contaminazione che tale prodotto surnatante ha generato: questa scelta è stata fatta in ragione del fatto che, per il pennacchio di contaminazione disciolta, è già da tempo in esercizio la barriera attiva di Air Sparging/Biosparging e Soil Vapour Extraction lungo la strada Ovest 4, che ha determinato lungo la strada stessa significativi abbattimenti delle concentrazioni delle sostanze contaminanti. Le sostanze indice rappresentative della subarea F2 sono state selezionate sulla base dei superamenti delle CSC osservati nei pozzi di monitoraggio ubicati a valle idrogeologica.

#### **4.2 Individuazione dei meccanismi di trasporto**

Considerando le sorgenti di contaminazione rilevate e le caratteristiche del Sito, sono stati individuati i seguenti meccanismi di trasporto potenziali:

- erosione eolica e dispersione in atmosfera. Il meccanismo di trasporto è legato alla sola sorgente costituita dal terreno superficiale che presenta superamenti delle CSC ed è attivo per le sostanze poco volatili o non volatili. Tali parametri possono persistere sulla superficie del terreno ed essere movimentati dalle correnti d'aria. Poiché tutta la superficie di pertinenza del Sito non è pavimentata, il suddetto meccanismo di trasporto risulta potenzialmente attivo nelle aree presso le quali è stata riscontrata la presenza di terreno superficiale contaminato da sostanze non volatili o poco volatili;
- volatilizzazione e dispersione in atmosfera o negli spazi confinati adiacenti alle sorgenti di contaminazione. Il meccanismo di trasporto è legato alla presenza di prodotto in fase libera e di sostanze volatili nel terreno superficiale, profondo e nell'acqua sotterranea. Il suddetto meccanismo di trasporto risulta pertanto potenzialmente attivo nelle aree presso le quali è stata riscontrata la presenza di composti organici nel sottosuolo e di edifici;
- rilascio del prodotto in fase separata presente nella frangia capillare. Il meccanismo è legato alla presenza di sostanze organiche surnatanti l'acqua sotterranea. Tale meccanismo di trasporto risulta potenzialmente attivo nelle aree in cui è stata rilevata la presenza di prodotto surnatante la falda idrica, ovvero nell'Area omogenea 1 e nell'Area omogenea 2;
- rilascio della frazione idrosolubile mediante lisciviazione: il fenomeno di rilascio è causato dalle acque meteoriche che, infiltrandosi nel terreno, attraversano lo strato di terreno insaturo contenente la contaminazione e si caricano della parte idrosolubile delle sostanze presenti. L'entità del rilascio è legata alla solubilità dei composti presenti nel terreno e del Kd/Koc. Per alcuni metalli e per gli idrocarburi pesanti C>12, tale meccanismo di trasporto è poco pronunciato, poiché la solubilità di tali sostanze è limitata ed inoltre tali sostanze si possono legare nel terreno in alte concentrazioni;
- rilascio per dissoluzione dei contaminanti presenti nel terreno durante la fluttuazione della superficie piezometrica. L'entità del rilascio è legata alla solubilità delle sostanze contaminanti e del Kd/Koc. Si ritiene che tale meccanismo sia giunto a stabilizzazione, ovvero che siano già presenti, in modo stabile, gli effetti di tale meccanismo sull'acqua sotterranea;

- migrazione di prodotto in fase separata. Il meccanismo di trasporto è legato alla presenza di sostanze liquide in concentrazioni superiori alla saturazione residua nel terreno. La migrazione della fase separata è funzione del grado di saturazione, della viscosità delle sostanze e della granulometria del terreno. Al diminuire della granulometria del terreno e all'aumentare di viscosità, si ha una diminuzione della mobilità della fase separata nel terreno. Tale meccanismo di trasporto risulta potenzialmente attivo nelle aree in cui è stata rilevata la presenza di prodotto surnatante la falda idrica, ovvero nell'Area omogenea 1 e nell'Area omogenea 2;
- migrazione della contaminazione in soluzione. Il meccanismo di trasporto è influenzato dalla solubilità delle sostanze (più alta è la solubilità, maggiori possono essere le concentrazioni in soluzione della sostanza), dal Koc e dal Kd (minore è la capacità a legarsi al terreno, maggiore può essere la mobilità della sostanza). Considerando la tipologia di contaminanti presenti nell'acqua sotterranea del Sito (idrocarburi aromatici, in particolare benzene, idrocarburi alifatici espressi come n-esano, ammoniaca e selenio) si ritiene che il suddetto meccanismo di trasporto risulti potenzialmente attivo in tutte le aree considerate.

#### **4.3 Individuazione delle vie di esposizione**

I percorsi di esposizione umana potenzialmente attivi associati ad ogni matrice ambientale e legati ai meccanismi di trasporto precedentemente individuati corrispondono al contatto dermico e/o ingestione di terreno superficiale contaminato; tale via di esposizione è potenzialmente attiva per i lavoratori che operano in Sito.

Le vie di esposizione legate all'ingestione e al contatto dermico con acqua sotterranea contaminata non sono state prese in considerazione, in quanto sul Sito non sono presenti pozzi di captazione ad uso idropotabile; le CSR sono inoltre state calcolate assumendo nel modello di calcolo o il rispetto delle CSC ai confini della subarea (per le aree più interne), oppure il rispetto delle CSC al confine di proprietà del sito.

La via di esposizione rappresentata dalla inalazione dei vapori provenienti da terreno insaturo e dalla falda, potenzialmente attiva per i lavoratori che operano in Sito, non si ritiene significativa, in considerazione della soggiacenza dell'acqua sotterranea e della presenza di altre sorgenti di sostanze volatili che si trovano in una Raffineria in esercizio.

Si ricorda però che in Raffineria sono già stati condotti specifici monitoraggi atti a valutare l'esposizione professionale ad agenti chimici dei lavoratori. Gli esiti di tali valutazioni indicano che tutti i valori rientrano

ampiamente nei limiti stabiliti per gli ambienti di lavoro dalla MSU-ORCBS e dall'ACGIH nel Chemical Hygiene Plan del luglio 2002.

E' comunque prevista, nelle aree interessate da superamenti delle CSC nei terreni, la verifica di potenziali rischi legati all'inalazione a seguito di specifici monitoraggi dell'aria interstiziale.

#### **4.4 Bersagli**

Analizzando le attività che si svolgono in Sito, gli unici bersagli (o recettori) potenziali della contaminazione sono costituiti dai lavoratori che operano all'interno della Raffineria.

Le subaree oggetto dell'analisi di rischio sono in larga parte occupate da impianti produttivi; possono pertanto essere soggette a periodiche attività di ispezione e/o manutenzione da parte degli operatori di Raffineria. Le aree ubicate in area non industrializzata sono invece soggette ad attività di sopralluogo/manutenzione ancora meno frequenti.

Sulla base delle indicazioni fornite dalla Raffineria, si stima cautelativamente che, sull'insieme che comprende le subaree sorgenti T (terreno superficiale e profondo) considerate dall'analisi di rischio, gli operatori possano essere presenti per un massimo di 8 ore alla settimana.

#### **4.5 Modello concettuale di sintesi**

Nella **Figura A3.4** è riportato lo schema del modello concettuale. Si osserva che esiste un percorso d'esposizione potenzialmente completo per i lavoratori che operano in Sito. Il percorso di esposizione è costituito da ingestione e contatto dermico con suolo superficiale. Il tempo di esposizione per i lavoratori della Raffineria corrisponde a 8 ore/settimana.

Il percorso di migrazione dei composti presenti nel terreno superficiale e profondo è rappresentato da lisciviazione e migrazione in falda. Il percorso di migrazione dei composti presenti nell'acqua sotterranea è rappresentato dalla migrazione in falda verso le aree ubicate idrogeologicamente a valle.

## 5. CALCOLO DELLE CSR SITO SPECIFICHE

### 5.1 Metodo usato per il calcolo

#### 5.1.1 *Descrizione generale del metodo usato*

Il calcolo delle CSR sito specifiche è stato svolto mediante l'applicazione di modelli di simulazione del trasporto e dell'esposizione (ingestione, contatto dermico) dei recettori umani alle sostanze di interesse.

Il rischio a cui un recettore può essere esposto corrisponde alla somma dei rischi di ciascuna sostanza, relativamente a tutte le vie di esposizione potenzialmente attive. In Sito vi sono aree in cui vi è la compresenza di più sorgenti potenziali di contaminazione (falda, suolo superficiale, suolo profondo). I lavoratori dello stabilimento sono in tal modo soggetti ad un rischio cumulato, in quanto i rischi associati alle diverse sorgenti si sommano. Nell'elaborazione dell'analisi di rischio è stato imposto che la somma del rischio dal terreno sia conforme ai valori previsti dal D.Lgs. 152/99 ( $1 \cdot 10^{-5}$  per le sostanze cancerogene e 1 per le sostanze non cancerogene).

L'analisi di rischio è stata svolta con le simulazioni inverse ottenendo le massime concentrazioni ammissibili (ovvero le CSR) per i vari composti e nelle varie matrici. In particolare, sono state svolte simulazioni nel seguente ordine:

1. calcolo delle CSR per il terreno superficiale e per il terreno profondo insaturo di ogni subarea. Nell'ambito dell'impostazione delle simulazioni, sono state svolte alcune simulazioni dirette di *screening* per valutare in via preliminare il rischio associato a ciascuna sostanza nella situazione attuale. A seguito di tali simulazioni sono stati determinati i valori di rischio da usare come dato di *input* nelle simulazioni inverse. I calcoli sono stati svolti considerando le vie di esposizione contatto dermico e ingestione. Sono state effettuate, per ogni subarea, le simulazioni inverse di lisciviazione e migrazione in falda impostando il rispetto delle CSC nei punti di conformità;
2. calcolo delle CSR per l'acqua sotterranea. Per ogni subarea, la sorgente di contaminazione costituita dall'acqua sotterranea è stata considerata uniforme e le CSR calcolate sono pertanto valide per l'intera subarea. Per svolgere un'analisi maggiormente conservativa è stato posto un punto di conformità a valle di ogni singola subarea. Inoltre, è stato imposto il rispetto della CSC al punto di conformità.

Nelle **Figure A3.1-A3.3** sono riportate l'ubicazione delle sorgenti di contaminazione e dei punti di conformità considerati nelle simulazioni.



Il calcolo delle CSR per il terreno è stato svolto per tutte le sostanze che hanno evidenziato superamenti delle CSC e per alcune ulteriori sostanze che potrebbero essere riscontrate in concentrazioni superiori alle CSC (presso le aree, ancora da indagare, interessate da sversamenti accidentali). Si precisa che le CSR calcolate per il terreno sono riferite al terreno tal quale.

Per l'acqua sotterranea il calcolo delle CSR è stato svolto per i parametri per i quali sono stati ravvisati superamenti delle rispettive CSC; non sono stati considerati i parametri anomali, per i quali sono stati rilevati sporadici superamenti delle CSC (non confermati però nelle campagne successive). L'analisi di rischio ha considerato inoltre il parametro ammoniaca. Il parametro MtBE non è stato considerato nell'analisi di rischio, in quanto i più recenti monitoraggi hanno generalmente evidenziato concentrazioni inferiori a 350 µg/l.

A seguito della determinazione delle CSR sono state svolte simulazioni dirette per valutare il rischio associato alla presenza delle CSR in sito. Le simulazioni sono state eseguite per evidenziare il contributo di ogni sorgente e sostanza nella determinazione del rischio e per confermare la correttezza delle assunzioni svolte nelle precedenti fasi.

#### **5.1.4 Calcolo delle CSR per l'acqua sotterranea**

Secondo quanto riportato nel modello concettuale del sito, sulla base delle condizioni geologico-idrogeologiche del sito e dei monitoraggi condotti sul personale di Raffineria, è stato considerato trascurabile il rischio legato alla volatilizzazione delle sostanze dalla falda. Per il calcolo delle CSR per l'acqua sotterranea sono state svolte delle simulazioni inverse imponendo il rispetto delle CSC al punto di conformità scelto. Per ogni subarea il punto di conformità è stato posto ad una distanza che rappresenta il confine della subarea dal punto di vista delle proprietà geologiche e/o idrogeologiche. Per le aree prossime al confine di proprietà, le CSR sono state ipotizzate assumendo il rispetto delle CSC al confine.

#### **5.1.5 Calcolo delle CSR per il terreno**

In base a quanto riportato nel modello concettuale del sito, le vie di esposizione considerate come potenzialmente attive per i lavoratori che operano in Sito sono il contatto dermico e l'ingestione di suolo superficiale contaminato. La contaminazione presente nel terreno insaturo è inoltre soggetta ai fenomeni di lisciviazione e migrazione in falda.

Il calcolo delle CSR per il terreno superficiale è stato effettuato considerando entrambi i percorsi. In primo luogo sono state svolte per il percorso contatto dermico e ingestione alcune simulazioni dirette di *screening* per valutare in via preliminare il rischio associato a ciascuna sostanza nella situazione attuale. A seguito di tali simulazioni sono stati determinati i valori di rischio da utilizzare

come dati di *input* nelle simulazioni inverse. Le CSR per il terreno superficiale sono state determinate assumendo che un singolo lavoratore sia esposto a tutte le n. 11 aree sorgenti per circa 8 ore alla settimana.

Successivamente, sono state calcolate mediante simulazioni inverse le CSR per il terreno superficiale e profondo associate al percorso lisciviazione e migrazione in falda. Le CSR legate a tale via di migrazione sono state determinate imponendo il rispetto delle CSC nei punti di conformità definiti. Tali punti sono stati ubicati a monte di ulteriori sorgenti di contaminazione nel terreno o in falda, in modo da evitare la sovrapposizione degli effetti dovuti allo stesso meccanismo di trasporto.

Si ricorda che per quanto concerne la verifica del rischio connesso con l'inalazione dei vapori, saranno condotte in ciascuna subarea specifiche attività di monitoraggio dell'aria interstiziale. Gli esiti dei monitoraggi permetteranno di quantificare l'eventuale rischio associato all'inalazione e di apportare eventuali misure correttive.

## **5.2 Codice di calcolo usato**

L'analisi di rischio condotta per la determinazione della CSR è stata condotta mediante l'uso del *software* denominato *RISC WorkBench*, Versione 4.01 elaborato dal Lynn R. Spence e distribuito dalla Waterloo Hydrogeologic.

La metodologia implementata nel *software* applica una metodologia in linea con quanto previsto dalla normativa in vigore ed applica metodi adottati a livello internazionale (procedura RBCA standardizzata dall'ASTM nel 1995 e 1998) per valutare i rischi sanitari e ambientali associati a contaminazione del terreno e dell'acqua sotterranea.

## **5.3 Parametri usati nelle simulazioni per la determinazione delle CSR**

### **5.3.1 Parametri di sito**

I parametri di sito usati nelle simulazioni derivano dalle indagini svolte in il Sito e, per i dati non disponibili, sono stati scelti valori sulla base di quanto riportato in letteratura per siti che presentano caratteristiche simili a quello in oggetto.

Nella **Tabella A3.1** sono riportati i dati usati nei modelli, unitamente alle fonti consultate per la scelta dei valori.

### **5.3.2 Caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze**

I valori scelti per le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze corrispondono a quanto riportato nella banca dati ISS/ISPESL elaborata a supporto del documento "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi

assoluta di rischio ai siti contaminati” (APAT, luglio 2006), aggiornata ad ottobre 2006. I valori usati sono riportati nella **Tabella A3.2**.

Nell’analisi di rischio, per l’acqua sotterranea gli idrocarburi espressi come n-esano sono stati rappresentati dagli idrocarburi alifatici C5-C8 e dagli idrocarburi alifatici C9-C18, mentre per il terreno, gli idrocarburi leggeri C<12 sono stati assimilati agli idrocarburi alifatici C5-C8 e gli idrocarburi pesanti C>12 sono stati assimilati agli idrocarburi alifatici C9-C18.

La classe IPA è stata rappresentata con il composto indice al quale sono state attribuite le proprietà chimico-fisiche del pirene, le più cautelative tra le caratteristiche dei singoli composti di classe IPA. Pertanto la CSR per il composto “IPA indice” sono da applicarsi a ciascuno dei singoli IPA.

Inoltre, per i composti idrocarburi aromatici BTEXS sono stati considerati i fenomeni di attenuazione naturale usando i valori riportati in letteratura maggiormente conservativi per il coefficiente di degradazione del primo ordine. Tali scelta si basa sul fatto che le condizioni sito-specifiche (valori del potenziale redox, presenza dei sottoprodotti della degradazione quali  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) evidenziano la presenza di processi di biodegradazione, supportate dalle prove in laboratorio che hanno mostrato la presenza della attività microbica (vedasi Relazione Golder T20033/5326 “Integrazione al Progetto Preliminare di bonifica – Progettazione di base della barriera di contenimento della falda acquifera (Risultati delle prove pilota di Air Sparging e Soil Vapour Extraction)” del giugno 2004). Per il benzene, il valore di degradazione del primo ordine scelto corrisponde alle condizioni ferroriducenti, mentre per gli xileni, l’etilbenzene, il toluene e lo stirene tali valori corrispondono al valore minimo dell’intervallo citato in letteratura.

### **5.3.3 Parametri di esposizione usati nelle simulazioni**

I valori scelti per i parametri di esposizione corrispondono in parte a quanto riportato documento “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” (APAT, luglio 2006), e in parte sono rappresentativi delle modalità d’esposizione sito-specifiche. I valori usati sono riportati nella **Tabella A3.3**.

## **5.4 Risultati delle simulazioni per la determinazione delle CSR**

Nella **Tabella A3.4** sono riportate le CSR calcolate per il terreno delle aree considerate. Le CSR per l’acqua sotterranea relativamente alle aree considerate sono riportate nella **Tabella A3.5**.

Per la matrice terreno si osserva quanto segue:

- i risultati delle simulazioni inverse condotte per il percorso lisciviazione e migrazione in falda mostrano che in molti casi i contaminanti analizzati - in qualunque concentrazione siano presenti - non arrivano a determinare superamenti delle CSC al punto di conformità;
- le CSR per il terreno superficiale corrispondono al valore minimo, quindi più cautelativo, ottenuto per i due percorsi considerati (contatto dermico/ingestione e lisciviazione in falda), mentre le CSR per il terreno profondo sono pari al valore ottenuto per il solo percorso lisciviazione e migrazione in falda;
- qualora venissero mitigate le vie di esposizione contatto dermico e ingestione di suolo superficiale, le CSR da assumere come riferimento per il terreno superficiale sono riportate in **Tabella A3.6**, calcolate considerando la lisciviazione e migrazione in falda;
- nella **Tabella A3.7** sono riportati i rischi associati alle CSR calcolate per il terreno, relativamente ad ogni sostanza. Si rileva che i valori di rischio cumulativo associato alle CSR sono sempre conformi a quanto previsto dalla normativa.

Per la matrice acqua sotterranea si osserva quanto segue:

- nelle aree caratterizzate dai valori di conducibilità idraulica maggiori (aree all'interno del complesso calcarenitico) per le sostanze di cui il valore di  $K_d$  è basso (Se, BTEX, ammoniaca), le concentrazioni calcolate sono dello stesso ordine di grandezza delle CSC. Per le sostanze il cui valore di  $K_d$  è elevato (metalli, IPA, idrocarburi  $C>12$ ) le concentrazioni CSR calcolate alla sorgente sono di alcuni ordini di grandezza superiori alle CSC. Ciò avviene poiché tali sostanze sono poco mobili e rimangono adsorbite nel terreno;
- nelle aree caratterizzate dai valori di conducibilità idraulica minori (aree all'interno del complesso vulcanoclastico e calcari) per tutte le sostanze, indipendentemente dal loro valore di  $K_d$ , le concentrazioni calcolate sono alcuni ordini di grandezza superiori alle CSC e sono sostanzialmente pari ai valori di solubilità delle sostanze. Ciò indica l'assenza di rischio di migrazione delle sostanze presenti nell'acqua sotterranea, sostanzialmente dovuti alla modesta permeabilità dell'acquifero in tale subarea.

PARAMETRI USATI NEL MODELLO	U.M.	Valore usato													Fonte dato / giustificazione valore scelto
		Area T1	Area T2	Area T3	Area T4	Area T5	Area T6	Area T7	Area T8s	Area T9s	Area T10p	Area T11p	Area T12p	Area T13p	
<b>Parametri relativi alla lisciviazione in falda</b>															
<i>Parametri della sorgente terreno insaturo</i>															
Profondità da p.c.	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3,5	2	3	Indagini in sito
Spessore della sorgente	m	2	2	2	2	2	2	3	1	1	4	22,5	1	4	Indagini in sito
Lunghezza della sorgente (longitudinale alla direzione della falda)	m	20	10	120	50	4	50	200	60	45	150	50	100	60	Analisi cartografica
Larghezza della sorgente (trasversale alla direzione della falda)	m	30	10	100	50	4	50	200	60	35	170	60	100	70	Analisi cartografica
Durata del rilascio	anni	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Assunzione conservativa per simulare condizioni stazionarie
<i>Parametri dell'insaturo</i>															
Infiltrazione efficace	cm/anno	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Dato stimato sulla base dei rilievi effettuati presso la stazione meteorologica ubicata in prossimità del Sito
Spessore dell'insaturo	m	15	37	37	23	10	12	30	37	9	35	27	22	8,5	Indagini in sito. Soggiacenza minima della falda
Porosità totale	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12	0,15	0,12	0,12	0,15	0,12	0,12	0,02	0,15	Dato bibliografico (3)
Contenuto d'acqua residuo	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,04	0,016	0,016	0,016	0,016	0,04	0,016	0,016	0,04	0,016	0,016	0,005	0,04	Dato stimato sulla base della litologia
Conducibilità idraulica del terreno insaturo	m/giorno	4,7	4,0	11,2	4,3	0,1	4,7	0,1	6,0	4,7	11,2	4,3	0,004	4,3	Valore ricavato mediante prove di permeabilità Lugeon realizzate in Sito
Coefficiente N di Van Genuchten		2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	Dato stimato sulla base della litologia
Frazione di carbonio organico nell'insaturo	g co/g suolo	0,003	0,007	0,005	0,0015	0,001	0,0015	0,0075	0,0025	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	Analisi chimiche di laboratorio. Il valore usato è pari alla media delle concentrazioni di carbonio organico rilevata con le analisi chimiche
Densità secca del terreno	g/cm3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	Dato bibliografico (1)
<i>Parametri dell'acquifero</i>															
Gradiente idraulico	m/m	0,0025	0,001	0,02	0,002	0,005	0,0025	0,02	0,001	0,003	0,02	0,002	0,1	0,003	Indagini in sito
Porosità efficace	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,13	0,1	0,1	0,13	0,1	0,1	0,01	0,13	Dato bibliografico (3)
Frazione di carbonio organico	g co/g suolo	0,001	0,005	0,005	0,004	0,003	0,001	0,005	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	Analisi chimiche di laboratorio. Il valore usato è pari alla media delle concentrazioni di carbonio organico rilevata con le analisi chimiche
Conducibilità idraulica	m/giorno	2,4	0,2	0,1	4,3	0,1	8,6	0,1	0,2	2,4	0,1	4,3	0,2	4,3	Valore ricavato mediante prove di permeabilità Lugeon realizzate in Sito
Densità del suolo	g/cm3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	Dato bibliografico (1)
Dispersione longitudinale	m	30	10	10	0,1	2	30	0,5	25	8	0,1	0,1	40	0,1	Valore corrispondente ad 1/10 della distanza sorgente-recettore (1)
Dispersione trasversale	m	10	3	3	0,033	0,67	10	0,17	8,3	2,7	0,033	0,033	13,3	0,033	Valore corrispondente ad 1/3 della dispersione longitudinale (1)
Dispersione verticale	m	1,5	0,5	0,5	0,005	0,1	1,5	0,025	1,25	0,4	0,005	0,005	2	0,005	Valore corrispondente ad 1/20 della dispersione longitudinale (1)
Coefficiente di degradazione in falda per il benzene	1/giorno	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	Dato bibliografico (4)
Coefficiente di degradazione in falda per il toluene	1/giorno	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	Dato bibliografico (2)
Coefficiente di degradazione in falda per l'etilbenzene	1/giorno	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	Dato bibliografico (2)
Coefficiente di degradazione in falda per gli xileni	1/giorno	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Dato bibliografico (2)
Coefficiente di degradazione in falda per lo stirene	1/giorno	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	Dato bibliografico (2)
<i>Punto di conformità</i>															
Distanza dalla sorgente a valle flusso	m	300	100	100	1	20	300	5	250	80	1	1	400	1	Assunto
Distanza trasversale	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Assunzione conservativa. Il punto di conformità è posto al centro del plume

**Fonti Dati:**

- 1 - Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio assoluta ai siti contaminati, APAT (luglio 2006)
- 2 - Manuale di utilizzo del software RISC
- 3 - Todd, D.K., (1980) Groundwater hydrology, second edition. John Wiley & Sons, 535 p.
- 4 - Lu, G., Clement, T.P., Zheng, C. and Wiedemeier, T.H. (1999) "Natural Attenuation of BTEX Compounds: Model Development and Field-Scale Application". *Ground Water*, 37(5):707-717

Tabella A3.1 - PARAMETRI DI SITO USATI NELLE SIMULAZIONI

PARAMETRI USATI NEL MODELLO	U.M.	Valore usato										Fonte dato / giustificazione valore scelto
		Area F1	Area F2	Area F3	Area F4	Area F5	Area F6	Area F7	Area F8	Area F9	Area F10	
<b>Parametri relativi alla migrazione in falda</b>												
<b>Parametri della sorgente acqua sotterranea</b>												
Spessore della sorgente	m	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	Indagini in sito (tratto fenestrato dei pozzi di monitoraggio)
Lunghezza della sorgente (longitudinale alla direzione della falda)	m	340	75	440	50	50	50	50	50	50	25	Analisi cartografica
Larghezza della sorgente (trasversale alla direzione della falda)	m	650	265	425	200	90	50	225	50	50	25	Analisi cartografica
Durata del rilascio	anni	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Assunzione conservativa per simulare condizioni stazionarie
<b>Parametri dell'acquifero</b>												
Gradiente idraulico	m/m	0,003	0,003	0,003	0,0125	0,002	0,0055	0,005	0,0028	0,00625	0,01	Indagini in sito
Porosità efficace	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,1	0,13	0,1	0,1	0,1	0,13	0,13	0,1	0,1	0,01	Dato di letteratura (3)
Frazione di carbonio organico	g co/g suolo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Analisi chimiche di laboratorio
Conducibilità idraulica	m/giorno	2,88	8,64	2,60	0,0864	0,55	2,70	8,64	0,66	0,0864	0,0346	Valore ricavato mediante prove di permeabilità Lugeon realizzate in Sito
Densità del suolo	g/cm <sup>3</sup>	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	Dato bibliografico (1)
Dispersione longitudinale	m	20	8,8	10	13,5	15	25	21	10	2,7	0,5	Valore corrispondente ad 1/10 della distanza sorgente-recettore (1)
Dispersione trasversale	m	6,67	2,93	3,33	4,5	5	8,3	7	3,33	0,9	0,17	Valore corrispondente ad 1/3 della dispersione longitudinale (1)
Dispersione verticale	m	1	0,44	0,5	0,675	0,75	1,2	1,05	0,5	0,135	0,025	Valore corrispondente ad 1/20 della dispersione longitudinale (1)
Coefficiente di degradazione in falda per il benzene	1/giorno	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	Dato bibliografico (4)
Coefficiente di degradazione in falda per il toluene	1/giorno	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	Dato bibliografico (2)
Coefficiente di degradazione in falda per l'etilbenzene	1/giorno	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	Dato bibliografico (2)
Coefficiente di degradazione in falda per gli xileni	1/giorno	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	Dato bibliografico (2)
Coefficiente di degradazione in falda per lo stirene	1/giorno	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	Dato bibliografico (2)
<b>Pozzo recettore al punto di conformità</b>												
Distanza dalla sorgente a valle flusso	m	200	88	100	135	150	250	210	100	27	5	Assunto
Distanza trasversale	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Assunzione conservativa. Il punto di conformità è posto al centro del plume
Lunghezza del tratto fenestrato	m	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	Assunzione conservativa

**Fonti Dati:**

- 1 - Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio assoluta ai siti contaminati, APAT (luglio 2006)
- 2 - Manuale di utilizzo del software RISC
- 3 - Todd, D.K., (1980) Groundwater hydrology, second edition. John Wiley & Sons, 535 p.
- 4 - Lu, G., Clement, T.P., Zheng, C. and Wiedemeier, T.H. (1999) "Natural Attenuation of BTEX Compounds: Model Development and Field-Scale Application". *Ground Water*, 37(5):707-717

**Tabella A3.2 - CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE E TOSSICOLOGICHE DELLE SOSTANZE**

Parametro	Numero CAS	Peso molecolare	Pressione di vapore	Solubilità	Costante di Henry	Koc/Kd	log Kow	Coeff. Diffusione aria	Coeff. Diffusione acqua	SF ing	RFD ing	Fonte dati
<b>U.M.</b>	-	g/mol	mmHg	mg/L	-	ml/g	-	cm <sup>2</sup> /s	cm <sup>2</sup> /s	1/(mg/kg-d)	mg/kg-d	
<b>METALLI E INORGANICI</b>												
Antimonio	7440-36-0	121,8	trascurabile	1,00E+06	-	4,50E+01	-	-	-	-	4,00E-04	(1)
Arsenico	7440-38-2	74,9	ND	4,41E+05	ND	f(pH)*	2,90E+01	1,00E-02	1,00E-06	1,50E+00	3,00E-04	(1)
Berillio	7440-41-7	9,01	2,59E-20	1,00E+06	-	f(pH)*	-	-	-	4,30E+00	2,00E-03	(1)
Cadmio	7440-43-9	112,4	8,98E-18	6,51E+05	ND	f(pH)*	1,50E+02	1,00E-02	1,00E-06	ND	5,00E-04	(1)
Cromo totale	16065-83-1	52	ND	1,20E+04	ND	f(pH)*	2,50E+06	1,00E-02	1,00E-06	ND	1,50E+00	(1)
Cromo VI	18540-29-2	52	ND	1,67E+05	ND	f(pH)*	f(pH)	1,00E-02	1,00E-06	7,30E-03	3,00E-03	(1)
Mercurio	7439-97-6	200,6	2,00E-03	6,00E+02	4,67E-01	f(pH)*	9,90E+01	3,07E-02	6,30E-06	ND	3,00E-04	(1)
Piombo	7439-92-1	207,2	7,28E-11	9,58E+03	ND	5,50E+01	5,50E+01	1,00E-02	1,00E-06	ND	3,50E-03	(1)
Rame	7440-50-8	63,546	2,63E-05	2,93E+05	-	3,50E+01	-	-	-	-	4,00E-02	(1)
Selenio	7782-49-2	78,96	1,17E-09	3,41E+05	-	f(pH)*	-	-	-	-	5,00E-03	(1)
Vanadio	7440-62-2	50,94	4,24E-09	1,31E+04	ND	1,00E+03	1,00E+03	ND	ND	ND	7,00E-03	(1)
Zinco	7440-66-6	65,39	3,32E-02	6,06E+05	-	f(pH)*	-	-	-	-	3,00E-01	(1)
<b>ORGANICI AROMATICI</b>												
Benzene	71-43-2	78,1	9,53E+01	1,75E+03	2,28E-01	6,20E+01	ND	8,80E-02	9,80E-06	5,50E-02	4,00E-03	(1)
Etilbenzene	100-41-4	106,2	1,00E+01	1,69E+02	3,23E-01	2,04E+02	ND	7,50E-02	7,80E-06	ND	1,00E-01	(1)
Stirene	100-42-5	104,2	7,30E+00	3,10E+02	1,13E-01	9,12E+02	ND	7,10E-02	8,00E-06	ND	2,00E-01	(1)
Toluene	108-88-3	92,1	3,00E+01	5,26E+02	2,72E-01	1,40E+02	ND	8,70E-02	8,60E-06	ND	8,00E-02	(1)
Xileni	1330-20-7	106,2	8,78E+00	1,85E+02	3,14E-01	1,96E+02	ND	8,70E-02	7,80E-06	ND	2,00E-01	(1)
<b>IPA</b>												
IPA indice (pirene)	129-00-0	202,3	8,39E-05	1,35E-01	4,51E-04	6,80E+04	ND	2,72E-02	7,20E-06	-	-	(1)
<b>IDROCARBURI</b>												
Alifatici C5-C8		93	7,60E+01	1,10E+01	5,40E+01	2,27E+03	-	8,00E-02	1,00E-05	-	4,00E-02	(1)
Alifatici C9-C18		170	1,06E-01	1,00E-02	6,90E+01	6,80E+05	-	7,00E-02	5,00E-06	-	1,00E-01	(1)
<b>ALTRE SOSTANZE</b>												
Ammoniaca	7664-41-7	17,03	7,47E+03	8,99E+05	1,35E-02	1,25**	-	2,59E-01	6,93E-05	-	-	(2)

**Note**

(\*) sono stati considerati i valori di Kd relativi al pH neutro

**Fonte dati**

(1) Banca dati ISS/ISPESL aggiornata ad ottobre 2006

(2) Banca dati RBCA Toolkit for chemical releases

(\*\*) Banca dati del software CONSIM (validato da Agenzia Ambientale Regno Unito)

**Tabella A3.3 - PARAMETRI DI ESPOSIZIONE USATI NELLE SIMULAZIONI**

Parametri di esposizione	U.M.	Recettore: Lavoratore	Fonte dato / giustificazione valore scelto
<b>Parametri comuni a tutte le vie di esposizione</b>			
Peso corporeo	kg	70	Dato di letteratura (1)
Durata della vita	anni	70	Dato di letteratura (1)
Durata dell'esposizione	anni	25	Dato di letteratura (1)
Frequenza dell'esposizione	giorni/anno	50*	Dato sito specifico
<b>Parametri relativi all'ingestione di suolo</b>			
Tasso di ingestione di suolo	mg/giorno	50	Dato di letteratura (1)
<b>Parametri relativi al contatto dermico con suolo</b>			
Superficie della pelle	cm <sup>2</sup>	3300	Dato di letteratura (1)
Fattore di assorbimento dermico	adim.	0,1 (sost. organiche) 0,01 (metalli)	Dato di letteratura (1)
Fattore di aderenza dermica del suolo	mg/cm <sup>2</sup>	1	Dato di letteratura (1)

**Note**

(\*) valore corrispondente ad un'esposizione di 8 ore alla settimana

**Fonti Dati:**

1 - Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio assoluta ai siti contaminati, APAT (luglio 2006)



**Tabella A3.4 - CSR CALCOLATE PER IL TERRENO**

<b>Terreno superficiale ( ≤ 1 m)</b>		
<b>Parametro</b>	<b>U.M.</b>	<b>CSR</b>
		<b>Aree T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8s, T9s</b>
Antimonio	mg/kg	88
Arsenico	mg/kg	75
Berillio	mg/kg	10
Cadmio	mg/kg	44
Cromo totale	mg/kg	2000
Cromo esavalente	mg/kg	44
Mercurio	mg/kg	22
Piombo	mg/kg	2400
Rame	mg/kg	800
Selenio	mg/kg	44
Vanadio	mg/kg	660
Zinco	mg/kg	3500
Benzene	mg/kg	88
Etilbenzene	mg/kg	1000
Stirene	mg/kg	220
Toluene	mg/kg	610
Xileni	mg/kg	2900
Idrocarburi leggeri C<12	mg/kg	9900
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg	79000

<b>Terreno profondo ( &gt; 1 m)</b>												
<b>Parametro</b>	<b>U.M.</b>	<b>CSR</b>										
		<b>Area T1</b>	<b>Area T2</b>	<b>Area T3</b>	<b>Area T4</b>	<b>Area T5</b>	<b>Area T6</b>	<b>Area T7</b>	<b>Area T10p</b>	<b>Area T11p</b>	<b>Area T12p</b>	<b>Area T13p</b>
Antimonio	mg/kg		300	300	300	300						
Arsenico	mg/kg		500	500	500	500					500	
Berillio	mg/kg		100	100	100	100						
Cadmio	mg/kg		150	150	150	150						
Cromo totale	mg/kg		8000	8000	8000	8000						
Cromo esavalente	mg/kg		150	150	150	150						
Mercurio	mg/kg		50	50	50	50						
Piombo	mg/kg		10000	10000	10000	10000						
Rame	mg/kg		6000	6000	6000	6000						
Selenio	mg/kg		150	150	150	150						
Vanadio	mg/kg		2500	2500	2500	2500					2500	
Zinco	mg/kg		15000	15000	15000	15000						
Benzene	mg/kg	100	500	500	500	100	100					
Etilbenzene	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000	5000					
Stirene	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000	5000					
Toluene	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000	500					
Xileni	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000	1500					
Idrocarburi leggeri C<12	mg/kg	10000	10000	10000	10000	10000	10000			10000		
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000		100000

**Tabella A3.5 - CSR CALCOLATE PER L'ACQUA SOTTERRANEA**

Parametro	U.M.	CSR
<b>Area F1</b>		
Arsenico	ug/L	441.000.000
Antimonio	ug/L	1.000.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	23.000.000
Benzene	ug/L	48.000
Toluene	ug/L	526.000
Etilbenzene	ug/L	169.000
Stirene	ug/L	95.000
Xileni	ug/L	5.500
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	11.000
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	52.000
<b>Area F2</b>		
Arsenico	ug/L	7.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	32
Benzene	ug/L	25
Toluene	ug/L	190.000
Etilbenzene	ug/L	470
Stirene	ug/L	230
Xileni	ug/L	51
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	580
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	780
<b>Area F3</b>		
Arsenico	ug/L	441.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	90.000
Benzene	ug/L	4.300
Toluene	ug/L	526.000
Etilbenzene	ug/L	29.000
Stirene	ug/L	15.000
Xileni	ug/L	1.500
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	11.000
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	11.000
<b>Area F4</b>		
Arsenico	ug/L	441.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	340.940.000
Benzene	ug/L	1.750.000
Toluene	ug/L	526.000
Etilbenzene	ug/L	169.000
Stirene	ug/L	310.000
Xileni	ug/L	185.000
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	11.000
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	899.000.000
<b>Area F5</b>		
Arsenico	ug/L	441.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	340.940.000
Benzene	ug/L	1.750.000
Toluene	ug/L	526.000
Etilbenzene	ug/L	169.000
Stirene	ug/L	310.000
Xileni	ug/L	185.000
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	11.000
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	899.000.000
IPA Indice	ug/L	135,000
<b>Area F6</b>		
Arsenico	ug/L	441.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	140.000
Benzene	ug/L	15.000
Toluene	ug/L	526.000
Etilbenzene	ug/L	77.000
Stirene	ug/L	38.000
Xileni	ug/L	3.400
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	11.000
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	12.000
<b>Area F7</b>		
Arsenico	ug/L	441.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	68
Benzene	ug/L	56
Toluene	ug/L	526.000
Etilbenzene	ug/L	970
Stirene	ug/L	490
Xileni	ug/L	100
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	1.100
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	1.400
<b>Area F8</b>		
Arsenico	ug/L	441.000.000
Piombo	ug/L	9.580.000
Selenio	ug/L	340.940.000
Benzene	ug/L	1.750.000
Toluene	ug/L	526.000
Etilbenzene	ug/L	169.000
Stirene	ug/L	310.000
Xileni	ug/L	66.000
Idrocarburi leggeri (C<12)	ug/L	11.000
Idrocarburi pesanti (C>12)	ug/L	200.000
Ammoniaca	ug/l	4.700.000
<b>Area F9</b>		
Selenio	ug/L	340.940.000
<b>Area F10</b>		
Piombo	ug/L	9.580.000

**Tabella A3.6 - CSR CALCOLATE PER IL TERRENO SUPERFICIALE  
IN ASSENZA DEL PERCORSO CONTATTO DERMICO E INGESTIONE**

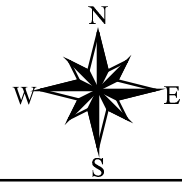
<i>Terreno superficiale ( ≤ 1 m)</i>						
<i>Lisciviazione in falda</i>						
Parametro	U.M.	CSR				
		Area T1	Area T2	Area T3	Area T4	Area T5
Antimonio	mg/kg		300	300	300	300
Arsenico	mg/kg		500	500	500	500
Berillio	mg/kg		100	100	100	100
Cadmio	mg/kg		150	150	150	150
Cromo totale	mg/kg		8000	8000	8000	8000
Cromo esavalente	mg/kg		150	150	150	150
Mercurio	mg/kg		50	50	50	50
Piombo	mg/kg		10000	10000	10000	10000
Rame	mg/kg		6000	6000	6000	6000
Selenio	mg/kg		150	150	150	150
Vanadio	mg/kg		2500	2500	2500	2500
Zinco	mg/kg		15000	15000	15000	15000
Benzene	mg/kg	100	500	500	500	500
Etilbenzene	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000
Stirene	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000
Toluene	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000
Xileni	mg/kg	5000	5000	5000	5000	5000
Idrocarburi leggeri C<9	mg/kg	10000	10000	10000	10000	10000
Idrocarburi pesanti C>9	mg/kg	100000	100000	100000	100000	100000

**Tabella A3.7 - RISCHIO ASSOCIATO ALLE CSR PER CIASCUNA  
SOSTANZA PER IL PERCORSO CONTATTO DERMICO E INGESTIONE DI SUOLO**

<i>Terreno superficiale ( ≤ 1 m)</i>				
<b>Contatto dermico e ingestione di suolo</b>				
Parametro	U.M.	CSR	Recettore: lavoratore	
		Aree T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8s, T9s	HI	R
Antimonio	mg/kg	88	3,6E-02	
Arsenico	mg/kg	75	4,1E-02	6,5E-06
Berillio	mg/kg	10	8,1E-04	2,5E-06
Cadmio	mg/kg	44	1,4E-02	
Cromo totale	mg/kg	2000	2,2E-04	
Cromo VI	mg/kg	44	2,4E-03	1,9E-08
Mercurio	mg/kg	22	1,2E-02	
Piombo	mg/kg	2400	1,1E-01	
Rame	mg/kg	800	6,5E-03	9,3E-07
Selenio	mg/kg	44	1,4E-03	
Vanadio	mg/kg	660	1,5E-02	
Zinco	mg/kg	3500	1,9E-03	
Benzene	mg/kg	88	3,6E-03	2,8E-07
Etilbenzene	mg/kg	1000	1,6E-03	
Stirene	mg/kg	220	8,2E-04	
Toluene	mg/kg	610	5,7E-03	
Xileni	mg/kg	2900	1,1E-02	
Idrocarburi leggeri C<12	mg/kg	9900	1,8E-01	
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg	79000	5,9E-01	
<b>Totale contatto dermico e ingestione</b>			<b>1,0E+00</b>	<b>1,0E-05</b>

UBICAZIONE DELLE SORGENTI DI CONTAMINAZIONE  
NELL'ACQUA SOTTERRANEA E DEI PUNTI DI CONFORMITA'

FIG. A3.1



100 0 100 200 300 400 m

Scala 1:8000

- Pozzi di monitoraggio dell'acqua sotterranea
- Sorgenti di contaminazione nell'acqua sotterranea
- Direzione di flusso della falda
- Punto di conformità



APPROVATO DA          RCH

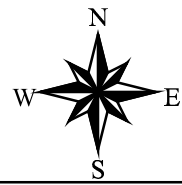
PREPARATO DA          LML

DATA 06/10/06

REV. 0

### UBICAZIONE DELLE SORGENTI DI CONTAMINAZIONE NEL TERRENO SUPERFICIALE E DEI PUNTI DI CONFORMITA'

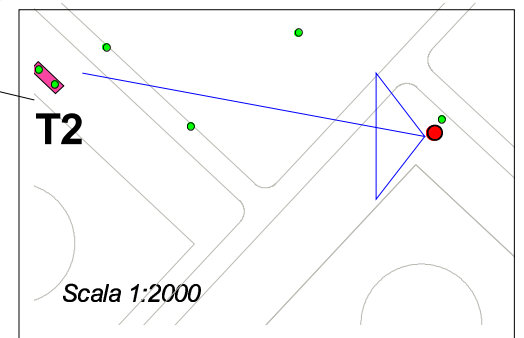
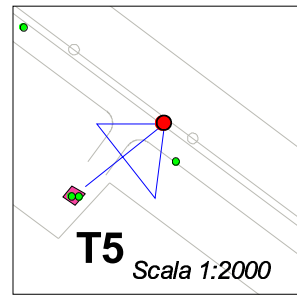
FIG. A3.2



100 0 100 200 300 400 m

Scala 1:8000

- Punti di campionamento del terreno superficiale
- Sorgenti di contaminazione nel terreno superficiale
- ↗ Direzione di flusso della falda
- Punto di conformità



APPROVATO DA RCH

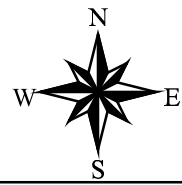
PREPARATO DA LML

DATA 06/10/06

REV. 0





UBICAZIONE DELLE SORGENTI DI CONTAMINAZIONE  
NEL TERRENO PROFONDO E DEI PUNTI DI CONFORMITA'

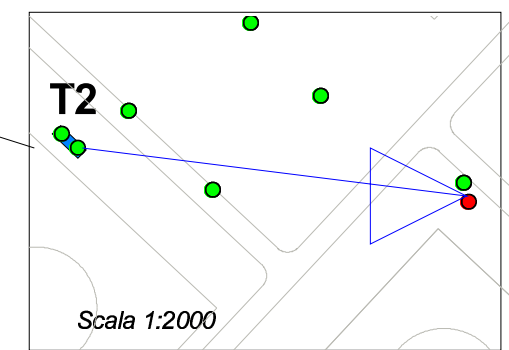
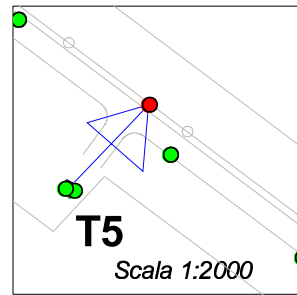
FIG. A3.3



100 0 100 200 300 400 m

Scala 1:8000

-  Punti di campionamento del terreno profondo
-  Sorgenti di contaminazione nel terreno profondo
-  Direzione di flusso della falda
-  Punto di conformità



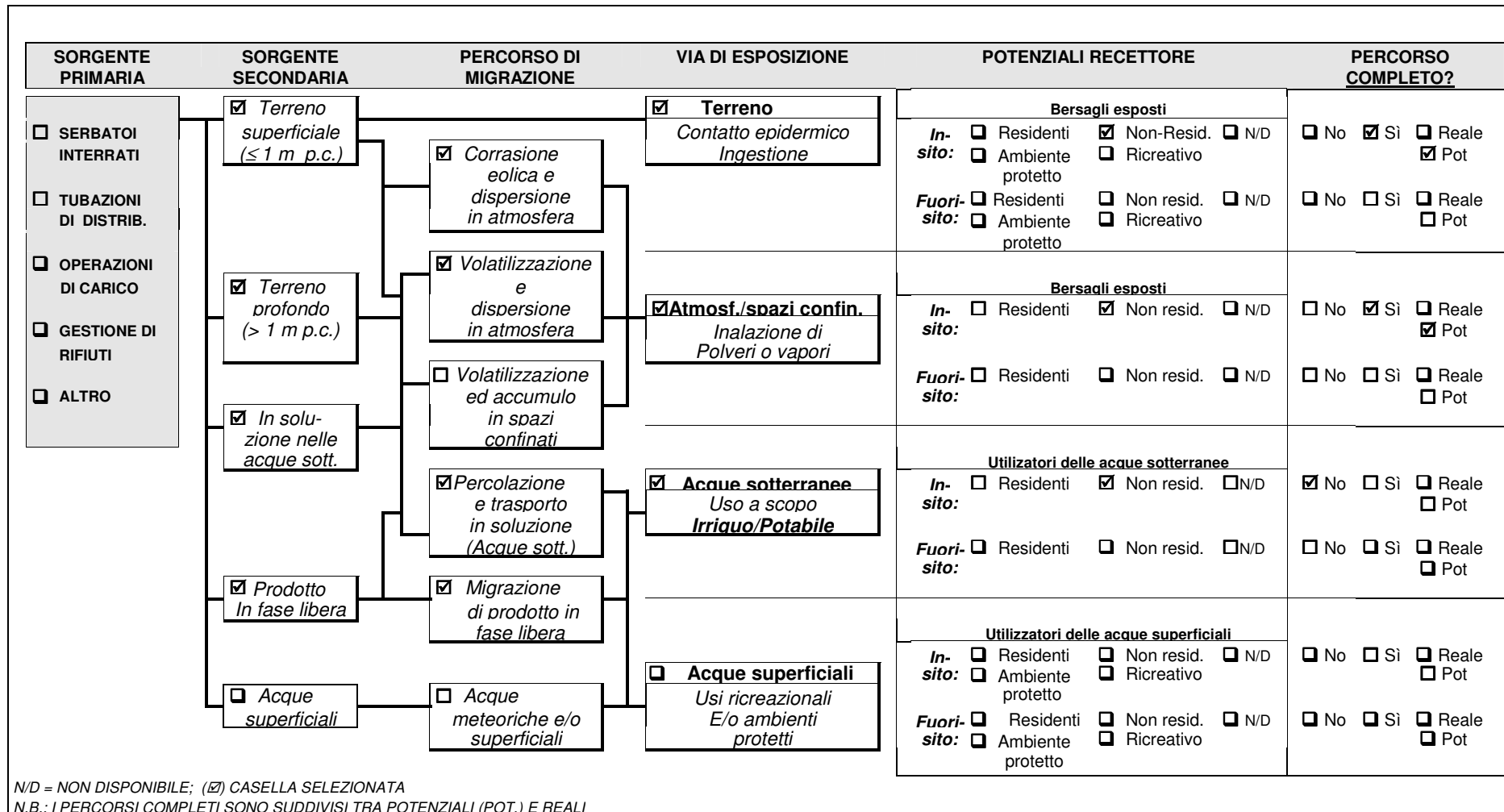
APPROVATO DA RCH

PREPARATO DA LML

DATA 06/10/06

REV. 0

**Figura A3.4**  
**MODELLO CONCETTUALE DELL'ANALISI DI RISCHIO**





## **APPENDICE 4**

Indagini integrative e prove di sito

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	1
1.1	Finalità e ambito dello studio.....	1
2.	PROVE DI ACQUIFERO .....	2
2.1	Prove di calibrazione.....	2
2.1.1	Prove di pompaggio brevi a gradini di portata .....	3
2.1.2	Prove di pompaggio brevi a portata costante (6h).....	3
2.1.3	Prove di risalita (recovery test).....	4
2.1.4	Modellazione analitica.....	4
2.2	Prove di acquifero .....	5
2.2.1	Prove di pompaggio di lunga durata.....	5
2.2.2	Prove di risalita (recovery test).....	6
2.2.3	Slug tests.....	6
2.3	Analisi delle prove di acquifero .....	6
2.3.1	Analisi tradizionale delle prove di lunga durata e degli slug test 6	
2.3.2	Analisi TNP delle prove di lunga durata .....	7
3	ATTREZZATURE .....	11

## **1. INTRODUZIONE**

La presente appendice descrive le prove di sito necessarie per procedere, per alcune tecnologie individuate, al corretto dimensionamento degli impianti di Messa in Sicurezza Operativa (MSO) previsti per il sito della Raffineria.

### **1.1 Finalità e ambito dello studio**

Il presente documento tecnico costituisce l'Appendice 4 della relazione T60021/7178 riguardante la progettazione degli impianti di MSO presso la ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A. - Raffineria ISAB Impianti Sud di Priolo Gargallo (SR), risultandone parte integrante.

Il presente documento tecnico, essendo parte integrante della relazione T60021/7178, non costituisce un elemento che possa essere valutato singolarmente e dal quale possano essere estratte le informazioni in esso contenute, anche in modo parziale, dal contesto generale in cui si collocano.

## 2. PROVE DI ACQUIFERO

### *Applicazione: sottogruppo di intervento Ia*

Vista la complessa natura dell'acquifero, si propone nel seguito di procedere ad una serie di prove di pompaggio volte a chiarire il più possibile gli impatti risultanti dalle azioni di MSO. Le prove descritte sono suddivise in 2 tipologie:

- prove di calibrazione, di breve durata, volte a studiare l'intorno del pozzo e a definire preliminarmente le caratteristiche idrogeologiche dei pozzi esistenti e a definire la migliore ubicazione per i nuovi pozzi di monitoraggio dedicati<sup>(1)</sup>; a questa fase seguirà una breve analisi dei dati ed una modellazione analitica;
- prove di acquifero, svolte successivamente all'installazione di dedicati pozzi di monitoraggio, volte a studiare l'acquifero ad una scala maggiore, a verificare la presenza, la localizzazione e l'estensione delle discontinuità (sistema di fessure, faglie, limiti di permeabilità).
- analisi tradizionale e della derivata semilogaritmica (TNP) delle prove di acquifero: tale metodo, utilizzato nel campo dell'industria petrolifera e nucleare, si rivela fondamentale per la valutazione dei comportamenti dell'acquifero in un mezzo roccioso fratturato.

I pozzi sui quali saranno effettuate le prove di pompaggio di lunga durata sono stati scelti in modo da essere rappresentativi delle diverse categorie descritte nell'analisi del comportamento del prodotto (con riferimento a quanto descritto nel Capitolo 6 del Progetto Definitivo).

### 2.1 Prove di calibrazione

Le prove di calibrazione prevederanno quanto segue:

1. prove di pompaggio a gradini (pozzi PM42, PM18, PM55, PM68 e PM56) ed analisi al fine di determinare la portata critica dei pozzi;
2. prove di pompaggio a portata costante di breve durata (6h) e prova di risalita (6h) (pozzi PM42, PM18, PM55, PM68 e PM56), al fine di fornire una prima stima della trasmissività nell'intorno del pozzo;

---

<sup>(1)</sup> Nel corso di queste prove sarà rilevato il livello piezometrico nei pozzi di monitoraggio esistenti e vicini al pozzo in pompaggio. La distanza di tali pozzi dal pozzo in emungimento (tra 20 e 100 m) può però essere troppo grande per permettere di osservare degli effetti del pompaggio stesso. Le misure nei pozzi vicini verranno rilevate soprattutto con lo scopo di individuare anticipatamente delle anisotropie, in modo da poter migliorare il sistema di monitoraggio delle prove di acquifero.

3. breve modellazione analitica al fine di determinare la migliore localizzazione dei pozzi di monitoraggio serie PMXXA, PMXXB e PMXXC.

### **2.1.1 Prove di pompaggio brevi a gradini di portata**

Tali prove, svolte per definire la portata con cui eseguire la successiva prova di emungimento di lunga durata, vengono condotte nel modo seguente:

1. misura di “zero”, sia nel pozzo dal quale avverrà l’emungimento sia nei pozzi di monitoraggio che si utilizzeranno durante la prova, del livello piezometrico; nel pozzo di emungimento verrà eseguito anche il test dello spazio di testa (TST);
2. emungimento di 3÷6 gradini crescenti di portata, per una durata di circa 20÷30 minuti per ciascun gradino, fino all’ottenimento di un regime pseudo-stabilizzato;
3. durante ciascun gradino, misurazione delle portate emunte e del livello piezometrico in tutti i pozzi interessati dalla prova e nei pozzi di controllo posti a diverse distanze dal pozzo in emungimento;
4. esecuzione, a stabilizzazione di ciascun gradino di portata emunta, del TST su un campione di acqua emunta, al fine di valutare la presenza di un eventuale richiamo di contaminanti conseguente all’emungimento.

L’interpretazione delle prove viene eseguita nel modo seguente:

1. tracciamento della curva di evoluzione nel tempo dei livelli piezometrici;
2. definizione della “formula di pozzo”, cioè della funzione generale  $s = f(Q)$  che è la legge di variazione degli abbassamenti in funzione delle portate di emungimento;
3. calcolo della portata critica con il metodo delle tangenti. La portata critica è definita come la portata oltre la quale si innescano fenomeni di flusso turbolento, che implicano un improvviso incremento degli abbassamenti ed eventuale trascinarsi di materiale fine nel pozzo. La portata ottimale di funzionamento di un sistema di emungimento da installare nel pozzo di prova deve essere inferiore alla portata critica.

### **2.1.2 Prove di pompaggio brevi a portata costante (6h)**

L’obiettivo principale delle prove di pompaggio a portata costante è quello di ottenere una prima stima della trasmissività  $T$  ( $m^2/s$ ): la trasmissività rappresenta la portata attraverso una superficie di larghezza unitaria e di altezza pari allo spessore dell’acquifero sotto un gradiente idraulico unitario.

La prova viene condotta nel modo seguente:

1. misura di “zero” del livello piezometrico, sia nel pozzo dal quale avverrà il pompaggio sia nei pozzi di monitoraggio già presenti nell’area, con lo scopo di anticipare possibili reazioni che si utilizzeranno durante la prova;
2. emungimento della portata costante di acqua sotterranea per 6 ore (il tempo di durata potrà comunque essere variato sulla base dei rilievi che saranno condotti in sito);
3. misurazione periodica della portata emunta e del livello piezometrico nel pozzo in prova e nei pozzi di controllo; a tal fine potranno essere utilizzati sistemi automatici di acquisizione dati.

L’interpretazione delle prove di pompaggio viene eseguita nel modo seguente:

1. tracciamento della curva di evoluzione nel tempo dei livelli piezometrici, sia per il pozzo in emungimento sia per i pozzi di monitoraggio e controllo;
2. sovrapposizione ai dati sperimentali di curve tipo e calcolo dei parametri T (e quindi K) ed S. Tra i metodi interpretativi che potranno essere usati si citano i seguenti: Theis, Cooper-Jacob, Walton, Hantush, Boulton, Neuman, Streltsova-Adams. Sulla base dei risultati delle prove di sito sarà valutato il metodo interpretativo più opportuno.

### **2.1.3 Prove di risalita (recovery test)**

L’obiettivo delle prove di risalita è di confrontare i risultati ottenuti con le prove di breve durata, al fine di valutare la trasmissività T dell’acquifero nell’intorno del pozzo di pompaggio.

Le prove vengono condotte al termine della prova a portata costante, interrompendo l’emungimento e misurando la risalita del livello piezometrico nel pozzo in prova e nei pozzi di controllo. L’interpretazione delle prove di pompaggio viene eseguita secondo quanto descritto nel precedente Paragrafo, utilizzando il metodo interpretativo di Theis o di Cooper-Jacobs.

### **2.1.4 Modellazione analitica**

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove di pompaggio speditive, si procederà alla modellazione del comportamento dell’acquifero nel solo intorno del pozzo in condizioni statiche e quindi dinamiche, mediante l’utilizzo del modello WinFlow, progettato da Doug Rumbaugh, della Environmental Simulations.

WinFlow è un modello analitico interattivo bidimensionale, che simula il flusso dell’acqua sotterranea in condizioni stazionarie o transitorie. Il modulo di flusso in condizioni stazionarie simula il flusso in un piano orizzontale,

utilizzando le funzioni analitiche sviluppate da Strack (1989). Il modulo di flusso in condizioni transitorie utilizza le equazioni sviluppate da Theis (1935) e da Hantush and Jacob (1955) rispettivamente per acquiferi confinati e semiconfinati.

L'obiettivo di questa prima modellazione speditiva è di permettere di verificare in prima approssimazione l'ampiezza del raggio di influenza di un pozzo con analoga trasmissività in mezzo saturo. In questa maniera sarà possibile verificare la bontà dell'ubicazione scelta per i pozzi di osservazione (serie PMXXA, PMXXB e PMXXC) e modificarla se necessario.

## **2.2 Prove di acquifero**

Le prove di acquifero comprenderanno quanto di seguito riportato:

1. in seguito all'installazione dei pozzi di monitoraggio, prove di pompaggio a portata costante di lunga durata (72h, nei pozzi PM42, PM18, PM55, PM68 e PM56) al fine di verificare l'influenza lungo diverse direzioni e permettere di studiare le anisotropie dell'acquifero. L'analisi delle prove di pompaggio verrà condotta sia con le metodiche analitiche tradizionali, sia attraverso lo studio della derivata prima;
2. *slug test* sui pozzi che saranno risultati interessati (anche se non dall'emungimento diretto) dalle prove di lunga durata, al fine di avere una stima della trasmissività nell'intorno dei medesimi.

### **2.2.1 Prove di pompaggio di lunga durata**

L'obiettivo principale delle prove di pompaggio di lunga durata ed a portata costante è quello di valutare i parametri dell'acquifero e, soprattutto, nel caso di roccia fratturata, valutare l'influenza del pompaggio in diverse direzioni, così come la presenza di eventuali frontiere di ricarica o di deflusso (presenza di faglie o, più in generale, di sistemi di discontinuità).

La prova viene condotta nel modo seguente:

1. misura di "zero" del livello piezometrico, sia nel pozzo dal quale avverrà il pompaggio sia nei pozzi di monitoraggio che si utilizzeranno durante la prova. Nel solo pozzo di emungimento sarà eseguito anche il TST;
2. emungimento della portata costante di acqua sotterranea per 72 ore (il tempo di durata potrà comunque essere variato sulla base dei rilievi che saranno condotti in sito);
3. misurazione periodica della portata emunta e del livello piezometrico nel pozzo in prova e nei pozzi di controllo; a tal fine potranno essere utilizzati sistemi automatici di acquisizione dati;

4. esecuzione, al termine della prova, del TST su un campione di acqua emunta, al fine di valutare la presenza di modificazioni della presenza di contaminanti conseguentemente all'emungimento.

L'interpretazione di questo tipo di prove è descritta al successivo Paragrafo 2.3.

### **2.2.2 Prove di risalita (*recovery test*)**

Una descrizione delle prove di risalita è già riportata al Paragrafo 2.1.3. Queste prove verranno realizzate dopo le prove di lunga durata per verificare la presenza di cambiamenti significativi nelle risalite dopo un pompaggio prolungato. L'analisi verrà effettuata con i metodi tradizionali.

### **2.2.3 Slug tests**

Le prove di *slug test* verranno eseguite sui pozzi di monitoraggio che hanno mostrato di essere influenzate nel corso della prova di pompaggio di lunga durata. In tale prova sono misurati, per un intervallo di tempo prestabilito, i livelli dell'acqua all'interno del pozzo, dopo una rapida variazione del livello statico al suo interno, realizzata mediante l'asportazione di un certo volume d'acqua. Le misure del livello durante la fase di risalita, opportunamente diagrammate e interpretate, consentono di valutare in via approssimativa la conducibilità idraulica nell'intorno del pozzo di monitoraggio.

Lo scopo di queste prove è di ottenere i dati necessari alla correzione dei valori di trasmissività e, più in generale, degli studi di comportamento dell'acquifero ottenuti con la metodologia descritta nel Paragrafo seguente. Le risposte ottenute tramite l'analisi dei test di pompaggio di lunga durata saranno infatti verificate e ricalibrate sulla base di questi test "locali".

## **2.3 Analisi delle prove di acquifero**

L'analisi delle prove verrà effettuata sia tramite i metodi tradizionali che attraverso il metodo della derivata semilogaritmica (TNP<sup>(2)</sup>).

### **2.3.1 Analisi tradizionale delle prove di lunga durata e degli slug test**

L'interpretazione delle prove di pompaggio viene eseguita nel modo seguente:

1. tracciamento della curva di evoluzione nel tempo dei livelli piezometrici, sia per il pozzo in emungimento sia per i pozzi di monitoraggio e controllo;

---

<sup>(2)</sup> Dall'acronimo in inglese di Transmissivity Normalized Plot. Si veda a tale proposito "A new visual synthesis tool for transient test data", Enachescu, Frieg, and Wozniwicz, 1999.



2. sovrapposizione ai dati sperimentali di curve tipo e calcolo dei parametri T (e quindi K) ed S. Tra i metodi interpretativi che potranno essere usati si citano i seguenti: Theis, Cooper-Jacob, Walton, Hantush, Boulton, Neuman, Streltsova-Adams. Sulla base dei risultati delle prove di sito sarà valutato il metodo interpretativo più opportuno.

I parametri dell'acquifero che è possibile determinare con tale prova sono i seguenti:

- permeabilità K (m/s): è definita come l'attitudine di un deposito a lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico ed esprime la resistenza del mezzo al deflusso dell'acqua che lo attraversa;
- trasmissività T ( $m^2/s$ ): rappresenta la portata attraverso una superficie di larghezza unitaria e di altezza pari allo spessore dell'acquifero sotto un gradiente idraulico unitario. Si ottiene moltiplicando la permeabilità K per lo spessore dell'acquifero;
- coefficiente di immagazzinamento S (adimensionale): è definito come il rapporto tra il volume di acqua liberato o immagazzinato (per  $m^2$  di superficie dell'acquifero) e la variazione del corrispondente carico idraulico.

### 2.3.2 *Analisi TNP delle prove di lunga durata*

Come anticipato, l'analisi delle prove di lunga durata verrà eseguita anche con il metodo della derivata semilogaritmica<sup>(3)</sup>. Lo studio della derivata semilogaritmica del carico idraulico è stata introdotta negli anni 80 da Boudet et al.: tale analisi ha ridotto in modo significativo la non univocità della selezione del modello di flusso, rappresentando un avanzamento nell'analisi dei dati dei test di acquifero in transitorio.

Golder utilizza un metodo di normalizzazione della derivata che integra ed approfondisce l'analisi tradizionale dei test di acquifero. In questo metodo, la derivata semilogaritmica è normalizzata rispetto al controllo delle condizioni di confini interni e diagrammata su scala bilogaritmica in unità di flusso radiale Vs trasmissività. Il risultato è il grafico della trasmissività normalizzata (TNP), riportato in un grafico trasmissività/tempo in scala bilogaritmica.

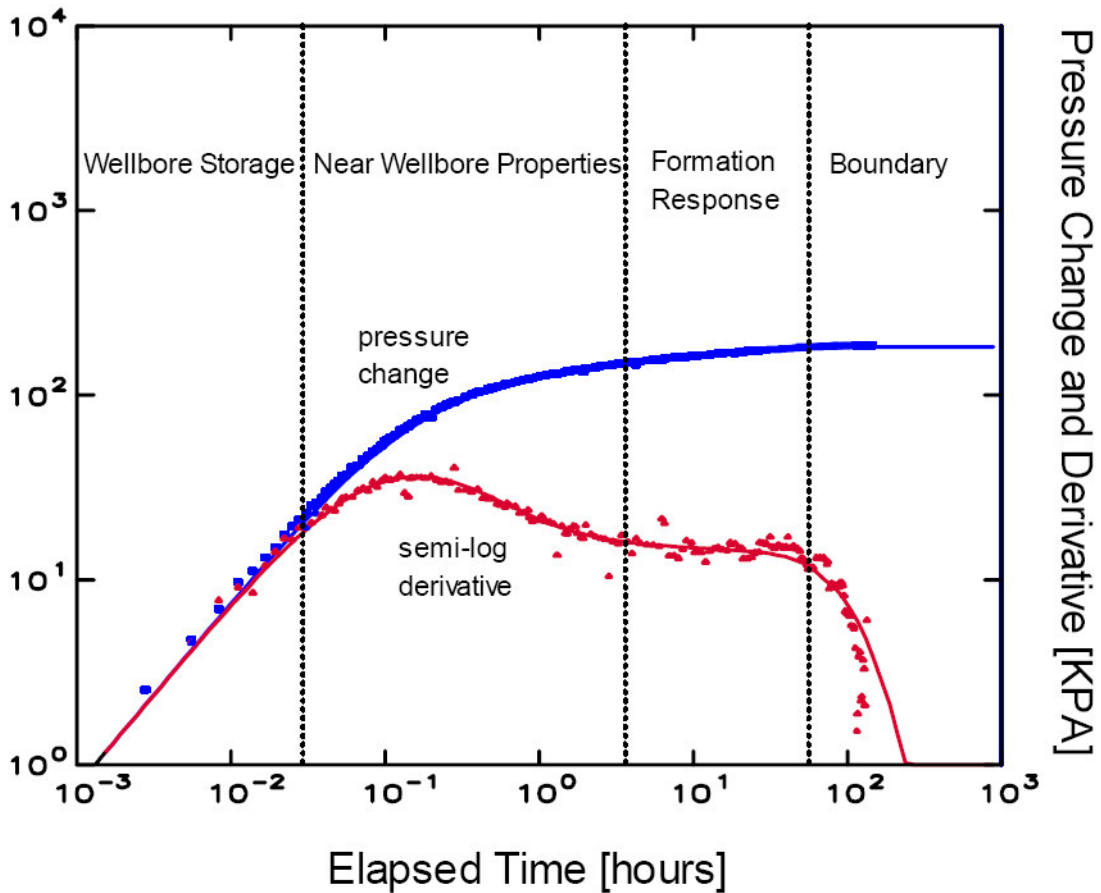
Il vantaggio della derivata semilogaritmica è dato dal fatto che permette di rappresentare diverse caratteristiche e quindi di identificare diversi regimi di flusso che governano la risposta della pressione in regime transitorio. I vantaggi dell'utilizzo della derivata semilogaritmica come strumento diagnostico sono i seguenti:

---

<sup>(3)</sup> Si veda a tale proposito "Modern Well Test Analysis – A computer aided approach – "2<sup>nd</sup> Edition" di N. Horne, 1995

- la pendenza della curva semilogaritmica viene utilizzata per identificare i regimi di flusso. Ad esempio un coefficiente angolare:
  - a. positivo di valore unitario indica un sistema chiuso (confine a flusso nullo);
  - b. positivo di valore 0,5 indica flusso lineare;
  - c. nullo (derivata piatta) indica flusso radiale;
  - d. negativo di valore 0,5 indica flusso sferico;
  - e. negativo di valore unitario indica un confine a carico costante;
- la posizione verticale della derivata semilogaritmica in condizioni di flusso radiale infinito è usato per la determinazione della trasmissività (Mattar, 1997);
- le flessioni nella derivata semilogaritmica sono utilizzati per identificare cambi nel coefficiente di stoccaggio lontano dal pozzo: a) flessioni verso il basso della derivata semilogaritmica indicano l'aumento del coefficiente di stoccaggio (ad esempio in caso di porosità duale) b) flessioni verso l'alto indicano la diminuzione del valore del coefficiente di stoccaggio.

Nella figura riportata nel seguito, la linea blu rappresenta una normale curva abbassamento/tempi normalizzata su diagramma bilogarithmico (ad es. Theis), mentre la curva rossa rappresenta la sua derivata prima.



Sulla base di quanto sopra descritto, la curva riportata nel seguito può essere analizzata come segue.

- Nel periodo iniziale ( $t < 2E-2$  ore) il coefficiente angolare positivo unitario ( $m = +1$ ) indica un comportamento da sistema chiuso: tale comportamento è dovuto alla fase di svuotamento del pozzo (*wellbore storage*).
- Il successivo periodo di transizione ( $2E-2$  ore  $< t < 3$  ore) riflette le proprietà dell'acquifero nell'intorno del pozzo e mostra un decremento della capacità di stoccaggio ed una zona a minore permeabilità nell'intorno del pozzo (conosciuto come *positive skin*);
- A tempo intermedio ( $3$  ore  $< t < 70$  ore) la derivata prima è piatta, indicando una geometria di flusso radiale; questo tratto della curva sarà utilizzato per studiare la trasmissività;
- Nell'ultimo periodo ( $t > 70$  ore) il coefficiente angolare unitario negativo ( $m = -1$ ) indica la presenza di un confine a carico costante, che può essere descritto come un aumento di trasmissività di un ordine di grandezza.

L'analisi TNP permette di rappresentare sia i cambi di carico idraulico sia la derivata prima in un diagramma bilogarithmico. L'analisi TNP permette di ottenere:

- una conferma visiva della presenza di flusso radiale infinito ai fini del calcolo della trasmissività (non comprensibile con chiarezza con le sole tecniche tradizionali);
- uno strumento di diagnosi sensibile in grado di verificare l'influenza di eventuali flussi turbolenti o di *clogging* nell'intorno del pozzo;
- uno strumento sintetico che permette di vedere in un singolo grafico tutti i dati di un test in transitorio, senza tenere conto dei condizioni interne al test (tipo di test, dati da pozzo in pompaggio o d'osservazione).

L'analisi TNP permette infine di paragonare le risposte di diversi pozzi installati nella stessa formazione rocciosa: il maggior numero di punti di analisi rende infatti possibile studiare il comportamento dei vari pozzi ed effettuare paragoni. Il fatto che i TNP di diverse prove in diversi pozzi alla fine dei test convergano, significa che i diversi test "vedono" la stessa trasmissività a larga scala e lo stesso modello di flusso.

Gli strumenti utilizzati per l'analisi TNP saranno sia Microsoft Excel che FlowDim, un programma usato ampiamente dalla Golder in Germania nel campo dello studio dei depositi sotterranei di scorie nucleari (NAGRA, 2001).

L'analisi TNP si rivela quindi essere uno strumento fondamentale per lo studio delle discontinuità ed una più corretta e completa interpretazione delle prove nel mezzo roccia fratturata.

### **3 ATTREZZATURE**

Per la conduzione delle prove di sito si intendono utilizzare perlopiù attrezzature mobili quali compressori diesel e gruppi elettrogeni da cantiere, pompe soffianti e pneumatiche, filtri a carboni attivi di piccole dimensioni (non superiori ai 50-100 kg di materiale filtrante), bulk per il deposito temporaneo del prodotto.

## **APPENDICE 5**

Intervento 1a: impianto di recupero prodotto Zona A

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	1
2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI .....	2
3	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI E REGOLAZIONI .....	3
3.1	Pozzi di recupero/monitoraggio .....	3
3.2	Dimensionamento preliminare .....	4
3.3	Generazione dell'aria compressa .....	4
3.4	Sistema di pompaggio e gestione degli effluenti .....	5

## FIGURE

**Figura A5.1** P&I Sistema recupero prodotto con pompe pneumatiche

## **1 INTRODUZIONE**

La presente appendice riporta una descrizione dell'impianto di recupero del prodotto surnatante le acque sotterranee, previsto per la MSO dell'area omogenea 1, comprendente la zona A-blending (intervento 1a).



## 2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il presente documento prevede, per il recupero del prodotto surnatante nell'area omogenea 1, l'infittimento dei punti di recupero diretto.

Il potenziamento del sistema, in termini di continuità temporale di funzionamento, si è già dimostrato efficace per il recupero del prodotto nell'ambito delle attività di MSE.

Attualmente, nell'area in oggetto, il recupero del prodotto viene eseguito nei pozzi di monitoraggio PM55, PM56, PM66, PM42, PM58, PM65 e PM113 con *skimmer attivi*; tali dispositivi sono in grado di recuperare con continuità esclusivamente il prodotto in fase libera e di depositarlo temporaneamente in contenitori idonei di significativa capacità (200-1.000 l). Sui restanti pozzi di monitoraggio dell'area il prodotto viene recuperato periodicamente con sistemi mobili.

Nell'area in oggetto il presente documento prevede l'uso degli *skimmer attivi* e l'adozione della tecnologia di recupero diretto con pompe pneumatiche *total fluid*, da installare in batterie di pozzi di monitoraggio/recupero. Le pompe *total fluid* recuperano sia il prodotto, sia l'acqua sotterranea e permettono di abbassare localmente ed in modo contenuto il livello piezometrico, creando un gradiente idraulico in grado di fare defluire verso il pozzo stesso maggiori quantitativi di prodotto surnatante, senza modificare in modo marcato l'idrodinamica dell'acquifero.

Qualora si evidenziasse la necessità di incrementare l'abbassamento della superficie piezometrica il sistema sopra descritto potrà essere convertito a sistema di *dual pumping*, integrando la pompa pneumatica con una pompa elettrosommersa. La tecnologia *dual pumping* prevede l'installazione di una pompa elettrosommersa ad una quota di circa 5 m al di sotto del livello minimo di oscillazione della falda, contestualmente al recupero del prodotto surnatante mediante pompa dedicata installata al livello dinamico della falda.

### 3 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI E REGOLAZIONI

#### 3.1 Pozzi di recupero/monitoraggio

L'impianto di bonifica prevede in via preliminare quanto segue:

- recupero del prodotto tramite *skimmer attivi* nei pozzi esistenti PM70 (strada Ovest 10 bis), PM113 (zona C300), PM74, PM66, PM58, PI137, PM48, PM57, PM71, PM81 (strada Ovest 9);
- realizzazione di una barriera di rimozione del prodotto lungo la strada Ovest 8. La realizzazione di tale barriera costituisce una intensificazione delle attività di recupero lungo la strada Ovest 8, sia in termini di numero di punti di recupero che di continuità temporale di intervento (Figura 3).

In Figura 3 si riporta inoltre l'ubicazione indicativa dei pozzi di estrazione da realizzare. La barriera, denominata "barriera Ovest 8" sarà quindi formata da un totale di 56 pozzi di recupero prodotto.

Il diametro di perforazione è pari a 200 mm; i tubi piezometrici dovranno avere diametro di 4" ed essere in polietilene o PVC.

La profondità di ciascun pozzo sarà tale da interessare il terreno saturo per almeno 5 m (equivalente a una profondità di circa 28 m – 30 m dal p.c.).

I pozzi di recupero saranno realizzati con tubo cieco fino alla profondità di 18 m dal p.c., e con tubo fenestrato nella parte sottostante. In corrispondenza del tratto di tubo fenestrato sarà posato, nell'intercapedine tra la parete del tubo e la parete del foro, del ghiaietto siliceo. In corrispondenza del tratto cieco, l'intercapedine sarà riempita con malta cementizia sigillante.

In particolare, il materiale drenante dovrà essere costituito da ghiaietto siliceo arrotondato ben lavato e non frantumato, con diametro compreso tra 2 e 5 mm. Il dreno dovrà essere posato nella corona attorno al *casing* dei pozzi, fino a 30 – 50 cm al di sopra dei tratti fenestrati. L'intercapedine del tratto cieco superficiale sarà sigillato negli strati successivi con sabbia non classata (circa 30-50 cm), bentonite (50-100 cm) e massetto di cemento (fino a p.c.).

Fino alla profondità di 20 m dal p.c. i sondaggi verranno realizzati a distruzione di nucleo; il tratto restante sarà perforato a carotaggio continuo per l'individuazione delle caratteristiche del sottosuolo roccioso, al fine di verificare la massività del substrato roccioso.

Tutti i pozzi saranno dotati alla loro sommità di un tappo con chiusura a tenuta idraulica e lucchetto per evitare l'eventuale ingresso di contaminanti dal piano campagna e manomissioni. La testa pozzo sarà generalmente protetta con chiusino carrabile.

L'interasse tra i pozzi di recupero sarà indicativamente pari a 10 m.

L'approccio che sarà adottato per la scelta dell'interasse tra i pozzi seguirà un processo di progressivo infittimento, in modo da poter definire l'interasse tra i pozzi sulla base delle condizioni idrogeologiche e della contaminazione presente.

Si procederà inizialmente con la perforazione di un sondaggio secondo le modalità precedentemente descritte e, sulla base dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso (in corrispondenza della frangia capillare e dei livelli superficiali dell'acquifero) e del livello di contaminazione presente all'interno delle fratture stesse, si procederà ad ubicare il pozzo adiacente.

Alla luce di quanto sopra descritto e in base agli esiti delle prove d'acquifero che saranno condotte (Appendice 4), il numero e l'ubicazione dei pozzi potrebbe essere modificato nel corso dell'esecuzione delle perforazioni, rispetto a quanto schematizzato in Figura 3.

### **3.2 Dimensionamento preliminare**

In linea generale le pompe pneumatiche saranno di tipo *total fluid* di diametro compatibile con le dimensioni dei pozzi ed in grado di garantire, con una prevalenza di 30 m, una portata di miscela emunta regolabile tra 0,5 e 8 l/min. In alternativa, dove si evidenziasse la necessità di incrementare l'abbassamento della superficie piezometrica saranno installate, in aggiunta alle pompe pneumatiche, pompe elettrosommerse in grado di emungere, con una prevalenza di 30 m, fino a 25 l/minuto.

L'abbassamento del livello piezometrico indotto varierà da pozzo a pozzo, a seconda delle condizioni di fratturazione della roccia, e il valore massimo sarà pari a 2 m rispetto al livello statico stagionale (corrispondente, in prima approssimazione, ad una portata estratta a regime compresa tra 3 e 15 l/min).

La portata totale estratta di miscela acqua/prodotto sarà compresa tra 168 e 840 l/min (56 pozzi di pompaggio), con una media pesata stimabile in 280 l/min (circa 400 m<sup>3</sup>/d). Tale stima si ritiene conservativa in quanto è probabile che la portata d'acqua estratta si riveli inferiore.

Una definizione più precisa del sistema di recupero del prodotto sarà calibrata sulla base di prove di pompaggio e sulla base dei risultati delle attività di indagine che verranno eseguite nell'area.

### **3.3 Generazione dell'aria compressa**

Il sistema di generazione di aria compressa sarà dislocato in 1 modulo, ubicato in prossimità del pozzo PM70. L'ubicazione indicativa del ricovero

attrezzature del modulo e delle linee di distribuzione dell'aria compressa è riportata nella Figura 3.

L'aria compressa prodotta nel modulo (pressione di 8 bar circa) alimenterà le pompe pneumatiche *total fluid*; un riduttore di pressione a valle del serbatoio permetterà la regolazione della pressione nelle linee di mandata ai pozzi. In prossimità di ogni pozzo di recupero (quindi di ogni pompa pneumatica), a valle dello stacco della linea di mandata, sarà installato un sistema di regolazione e controllo della pressione dell'aria in ingresso alle pompe. Le portate di aria saranno comprese tra 8 e 12 Nm<sup>3</sup>/h per ogni singolo modulo di compressione.

Il modulo sarà costituito da:

- gruppo di compressione dotato di serbatoio di accumulo. Il serbatoio di accumulo sarà dotato di valvola di sicurezza ed indicatore di pressione;
- sistema di filtrazione dell'aria e scarico automatico della condensa;
- sistema di regolazione e controllo dei flussi di aria da iniettare nelle linee di mandata.

Nel modulo di compressione avverranno i seguenti processi:

- l'aria generata dal compressore verrà filtrata in modo da eliminare eventuali tracce di condensa;
- l'aria filtrata passerà attraverso sistemi di regolazione della pressione e alimenterà le pompe pneumatiche;
- dal serbatoio e dal sistema di filtrazione, un sistema di valvole permetterà lo scarico periodico dell'acqua di condensa che verrà recapitata ad un apposito fusto di raccolta.

Il P&I del sistema sopra descritto è riportato nella Figura A5.1.

### **3.4 Sistema di pompaggio e gestione degli effluenti**

In ciascun pozzo, il sistema di pompaggio tipico sarà costituito da:

- una pompa pneumatica *total fluid*;
- una valvola di non ritorno;
- una valvola di regolazione/chiusura;
- una presa campione per il campionamento della miscela emunta.

La miscela acqua/prodotto emunta da ciascun pozzo verrà convogliata, mediante una linea dedicata, al Pozzetto S109 di Raffineria collegato all'impianto TAS.

In Figura 3 è rappresentato il percorso indicativo del collettore acqua/prodotto. La portata emunta da ciascun pozzo verrà misurata localmente attraverso un contalitri.

Il P&I di quanto descritto è riportato nella Figura A5.1.

Si ricorda che, nei pozzi dove se ne evidenziasse la necessità, sarà installata una pompa elettrosommersa addizionale. La pompa elettrosommersa sarà posizionata al fondo del pozzo, circa 5 m al di sotto del livello minimo di oscillazione della falda. Anche in tal caso saranno installati i sistemi di regolazione e misurazione sopra citati (valvola di non ritorno, contalitri, valvole di regolazione/chiusura, presa campione).

L'acqua emunta dalle pompe elettrosommerse sarà convogliata al pozzetto S109 mediante la stessa linea acqua/prodotto che serve le pompe pneumatiche.

Presso tali pozzi sarà prevista l'alimentazione elettrica mediante stacco dalla rete di Raffineria e posa di un quadro locale di comando/controllo.

La miscela emunta sarà trattata dall'impianto TAS di Raffineria. Qualora nel corso delle attività di bonifica ne emergesse la necessità, sarà valutata l'opportunità di realizzare uno specifico impianto di trattamento.

P&I  
SISTEMA RECUPERO PRODOTTO CON POMPE PNEUMATICHE

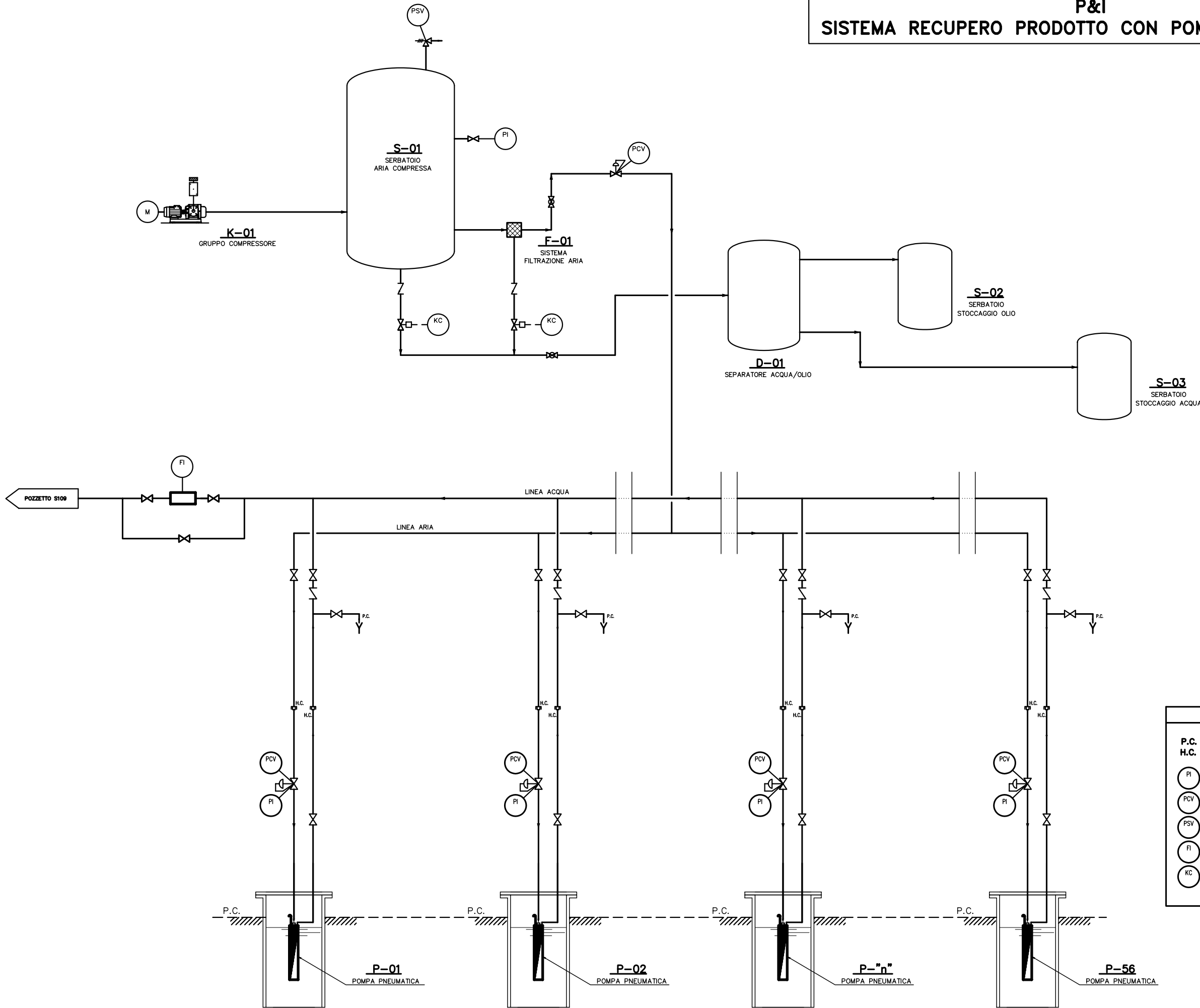
APPROVATO DA FDU

PREPARATO DA PGA

DATA Ottobre 2006

REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates



LEGENDA	
<b>P.C.</b>	PRESA CAMPIONE
<b>H.C.</b>	ATTACCO RAPIDO
	MANOMETRO
	PRESSURE CONTROL VALVE - RIDUTTORE DI PRESSIONE
	PRESSURE SAFETY VALVE - VALVOLE DI SICUREZZA
	MISURATORE DI PORTATA
	TEMPORIZZATORE

## **APPENDICE 6**

Intervento 2b: impianto di AS/BS-SVE Zona B

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	1
2.	BARRIERA ATTIVA DI AS/BS-SVE.....	2
2.1	Impianto di AS/BS .....	3
2.2	Impianto di SVE .....	3
2.3	Sistema di trattamento aria.....	4
2.4	Sistemi di gestione .....	5
3.	UBICAZIONE DEI MODULI E UTILITIES.....	6
3.1	Ubicazione ricovero attrezzature .....	6
3.2	Utilities necessarie .....	6
3.2.1	Energia elettrica .....	6
3.2.2	Combustibile ausiliario.....	6

## FIGURE

**Figura A6.1** P&I Tipico modulo di AS/BS

**Figura A6.2** P&I Tipico modulo di SVE (eventuale combustore)

**Figura A6.3** P&I Tipico modulo di SVE (eventuali filtri a carboni attivi)



## 1. INTRODUZIONE

La presente appendice descrive la barriera attiva di *Air Sparging/Bio Sparging* e *Soil Vapour Extraction* (AS/BS-SVE), la cui installazione è prevista in area valle impianti quale attività di MSO della contaminazione disciolta nelle acque sotterranee (intervento 2b).

La barriera sarà costituita indicativamente da n. 3 moduli di AS/BS-SVE, analoghi a quelli esistenti lungo la Strada Ovest 4, con la eventuale eccezione del sistema di trattamento degli effluenti gassosi, per il quale è previsto il possibile utilizzo di un combustore.

## **2. BARRIERA ATTIVA DI AS/BS-SVE**

La barriera attiva di AS/BS-SVE sarà costituita da n. 3 moduli impiantistici, denominati “modulo V1”, “modulo V2” e “modulo V3”, che inietteranno aria nell’acqua sotterranea (al di sotto del livello piezometrico, per mezzo di pozzi di iniezione) ed estrarranno aria e vapori organici dal sottosuolo insaturo (per mezzo di pozzi di aspirazione), analogamente ai moduli esistenti lungo la Strada Ovest 4. L’aria aspirata dai tre moduli sarà opportunamente trattata prima di essere scaricata in atmosfera. La tecnologia di trattamento dell’aria sarà definita a seguito della conduzione di prove di sito: al momento attuale è comunque possibile ipotizzare, per l’abbattimento delle concentrazioni di vapori organici, il ricorso alla filtrazione su letto a carboni attivi oppure ad un combustore. Il dimensionamento dei moduli impiantistici è stato effettuato sulla base degli esiti delle prove pilota condotte ed in relazione all’attuale esercizio della barriera di AS/BS-SVE lungo la strada Ovest 4.

I 3 moduli interesseranno complessivamente un tratto esteso circa 360 m di sviluppo lineare, articolato in due tratti: uno compreso tra i pozzi di monitoraggio PM84 e PM7, uno a monte del PM7 (Figura 5).

Il modulo V1 coprirà un tratto esteso circa 110 m, compreso tra i pozzi PM84 e PM40 (Figura 5) e sarà costituito da n. 8 pozzi di SVE (con interasse di 14-24 m), di cui n. 4 già esistenti (PM84, PM46, PM86 e PM52), n. 4 da eseguire, e da n. 7 pozzi di AS/BS (con interasse 16 m) da realizzare.

Il modulo V2 coprirà un tratto esteso circa 140 m, compreso tra i pozzi PM40 e PM7 (Figura 5) e sarà costituito da n. 7 pozzi di SVE (con interasse 14-24 m), di cui n. 4 già esistenti (PM40, PM53, PM47 e PM7), n. 3 da eseguire e da n. 8 pozzi di AS/BS (con interasse 16 m) da realizzare.

Il modulo V3 coprirà un tratto esteso circa 140 m, a monte del pozzo PM7 (Figura 5) e sarà costituito da n. 8 pozzi di SVE (con interasse 20 m), di cui n. 1 già esistente (PM88), n. 7 da eseguire e da n. 8 pozzi di AS/BS (con interasse 16 m) da realizzare.

In Figura 5 si riporta il percorso indicativo delle linee di collegamento degli impianti di AS/BS-SVE, dai ricoveri attrezzature ai pozzi di iniezione/aspirazione.

Tutti i pozzi di AS/BS avranno una profondità pari a 22-24 m circa e saranno realizzati con tubazioni in PVC del diametro di 1”; i pozzi di SVE avranno una profondità di circa 25 m e saranno realizzati con tubazioni in PVC del diametro di 4”. A protezione delle teste pozzo, in tutti i pozzi perforati saranno installati chiusini ispezionabili carrabili o chiusini ad alta visibilità.

I principali parametri di processo di ciascun modulo sono i seguenti:

- impianto di SVE:
  - portata complessiva di aria aspirata dalle linee compresa tra 200 m<sup>3</sup>/ora e 400 m<sup>3</sup>/ora;
  - depressione dell'aria misurata presso ciascuna linea di ispezione compresa tra 60 mbarg e 100 mbarg;
- impianto di AS/BS:
  - portata di aria iniettata in ciascuna linea compresa tra 3 Nm<sup>3</sup>/ora e 20 Nm<sup>3</sup>/ora;
  - pressione di mandata dell'aria compressa in ciascuna linea di iniezione compresa tra 400 mbarg e 2000 mbarg.

## **2.1 Impianto di AS/BS**

Il modulo tipico dell'impianto di AS/BS sarà costituito, oltre che dai pozzi già descritti, dalle seguenti attrezzature:

- compressore, in grado di erogare una portata di aria compressa pari a circa 160 Nm<sup>3</sup>/h;
- sistema di trattamento aria (filtrazione);
- quadro di regolazione e controllo dei flussi iniettati;
- tubazioni di iniezione dal quadro di regolazione ai singoli pozzi di iniezione, con relativa raccorderia.

Il modulo di AS/BS sarà inoltre dotato di dispositivo di blocco dell'iniezione nel caso di malfunzionamento del sistema di SVE, comandato da un vacuostato installato sul collettore dell'impianto di SVE, a monte del gruppo di filtrazione dell'aria aspirata.

Il P&I tipico dell'impianto di AS/BS è riportato nella Figura A6.1.

## **2.2 Impianto di SVE**

Il modulo tipico dell'impianto di SVE è costituito, oltre che dai pozzi già descritti, dalle seguenti attrezzature:

- pompa aspirante/soffiante (in esecuzione stagna e antideflagrante) con portata di aspirazione pari a 400 m<sup>3</sup>/h e depressioni pari a 300 mbar. La pompa sarà dotata, in ingresso ed in uscita, di idonei sistemi di sicurezza e di misurazione/regolazione dei flussi;
- gruppo di filtrazione, per l'eliminazione della condensa dai flussi aeriformi aspirati;

- pompa di scarico della condensa presente nei decantatori, comandata da un interruttore a galleggiante installato in uno dei decantatori stessi. L'acqua di condensa viene scaricata in un contenitore di adeguata capacità (bulk in plastica da 1 m<sup>3</sup>);
- linee di ispezione, dotate di valvole di regolazione e punti di misura dei flussi aspirati;
- tubazioni di collegamento tra ogni pozzo di SVE ed ogni linea di ispezione;
- sistema di valvole e tubazioni in grado di permettere l'inversione dei flussi, per attuare eventualmente l'insufflazione di aria nei pozzi di monitoraggio (questo accorgimento può essere talvolta utile per liberare le tubazioni interrate da eventuali ristagni di acqua di condensa);
- dispositivo di blocco della pompa soffiante per altissimo livello dell'acqua di condensa nei decantatori;
- sistema di trattamento degli effluenti gassosi.

Il P&I tipico dell'impianto di SVE è riportato nelle Figure A6.2 e A6.3. In particolare, la Figura A6.2 è relativa alla configurazione impiantistica dotata di combustore, la Figura A6.3 è relativa alla configurazione impiantistica dotata di filtrazione su letto a carboni attivi.

### **2.3 Sistema di trattamento aria**

L'aria estratta dal sottosuolo e contaminata da composti organici volatili sarà trattata in un sistema che sarà definito a seguito della conduzione di prove di sito. In linea generale, è possibile prevedere che il sistema di abbattimento sarà costituito da filtri a carboni attivi (in grado di adsorbire i composti idrocarburici) o da un combustore (che permette di trasformare i composti idrocarburici in anidride carbonica ed acqua attraverso una reazione di ossidazione).

In caso di utilizzo di combustore, i vapori estratti dai sistemi di SVE vengono introdotti tramite apposite soffianti in una camera di combustione dove uno o più bruciatori forniscono il calore ai contaminanti organici da ossidare. La camera di combustione dovrà essere dimensionata per garantire al gas di processo un tempo di permanenza tale da permetterne la completa ossidazione. Nel caso in cui la concentrazione dei vapori nel flusso aeriforme in ingresso sia bassa, i bruciatori saranno alimentati con combustibile ausiliario per mantenere la temperatura richiesta per assicurare la reazione chimica di trasformazione. La portata del combustibile ausiliario sarà regolata automaticamente tramite il controllo della temperatura all'interno della camera di combustione che agisce sulle valvole di adduzione dell'aria comburente. Il combustore sarà dotato di un sistema di diluizione con aria sulla condotta di aspirazione che esercita una

funzione di controllo, essendo la portata e la concentrazione dei vapori in ingresso variabili nel tempo.

In caso di utilizzo di carboni attivi, la sostituzione periodica del materiale filtrante sarà pianificata sulla base dei rilievi di sito, in modo tale da effettuare la sostituzione prima dell'esaurimento.

I fumi scaricati in atmosfera a valle dei sistemi di trattamento avranno caratteristiche conformi alle norme vigenti ed in particolare dovranno essere rispettati i seguenti limiti:

- concentrazione massima di benzene: 5 mg/Nmc
- concentrazione massima di NOx: 500 mg/Nmc.

Al momento attuale non è possibile scegliere la tipologia del sistema di trattamento ed effettuare il dimensionamento. L'attuale presenza del prodotto surnatante le acque sotterranee nell'area a valle degli impianti non permette l'esecuzione di prove di sito rappresentative delle future condizioni di esercizio dell'impianto. La progettazione del sistema di trattamento dell'aria estratta dal sottosuolo sarà pertanto inserita in ulteriori documenti progettuali.

## **2.4 Sistemi di gestione**

La barriera di AS/SVE avrà un funzionamento in continuo. Il funzionamento a regime dell'impianto sarà automatizzato e non comporterà operazioni manuali da parte degli operatori, se non l'eventuale sostituzione dei carboni attivi qualora questi siano previsti.

In caso invece di utilizzo di combustore, i segnali per il controllo del suo corretto funzionamento saranno remotati ad una sala quadro della Raffineria.

Alla stessa sala quadro potranno essere remotati i segnali relativi allo stato e al malfunzionamento delle soffianti e dei compressori e il segnale di allarme stop impianto di AS/BS a causa del malfunzionamento dei moduli SVE.

### **3. UBICAZIONE DEI MODULI E UTILITIES**

#### **3.1 Ubicazione ricovero attrezzature**

L'ubicazione indicativa dei moduli impiantistici (V1, V2 e V3) è riportata nelle Figura 5.

#### **3.2 Utilities necessarie**

##### ***3.2.1 Energia elettrica***

Le potenze elettriche necessarie per il normale funzionamento dei tre moduli di AS/BS-SVE sono pari complessivamente a 100 kW (33 kW per ogni modulo).

La potenza elettrica necessaria per il normale funzionamento dell'eventuale combustore è indicativamente pari a 20 kW.

##### ***3.2.2 Combustibile ausiliario***

In caso di utilizzo di combustore, nel caso in cui la concentrazione di VOC in ingresso sia bassa, sarà necessario alimentare il bruciatore con combustibile ausiliario per mantenere la temperatura richiesta.

Il combustibile ausiliario potrà essere alternativamente GPL, metano, o *Fuel Gas* di Raffineria. I quantitativi di combustibile ausiliario sono indicativamente i seguenti:

- GPL: 0÷6.5 kg/h
- Metano: 0÷9.3 kg/h
- *Fuel Gas*: 0÷7.3 kg/h

I consumi massimi sopra ipotizzati si riferiscono ad una portata di vapori in ingresso al combustore con contenuto di VOC nullo. Si stima che nelle prime fasi di intervento, quando le concentrazioni di VOC sono più elevate, il consumo di combustibile potrà essere minimo o nullo.

**P&I**  
**TIPICO MODULO DI AS/BS**

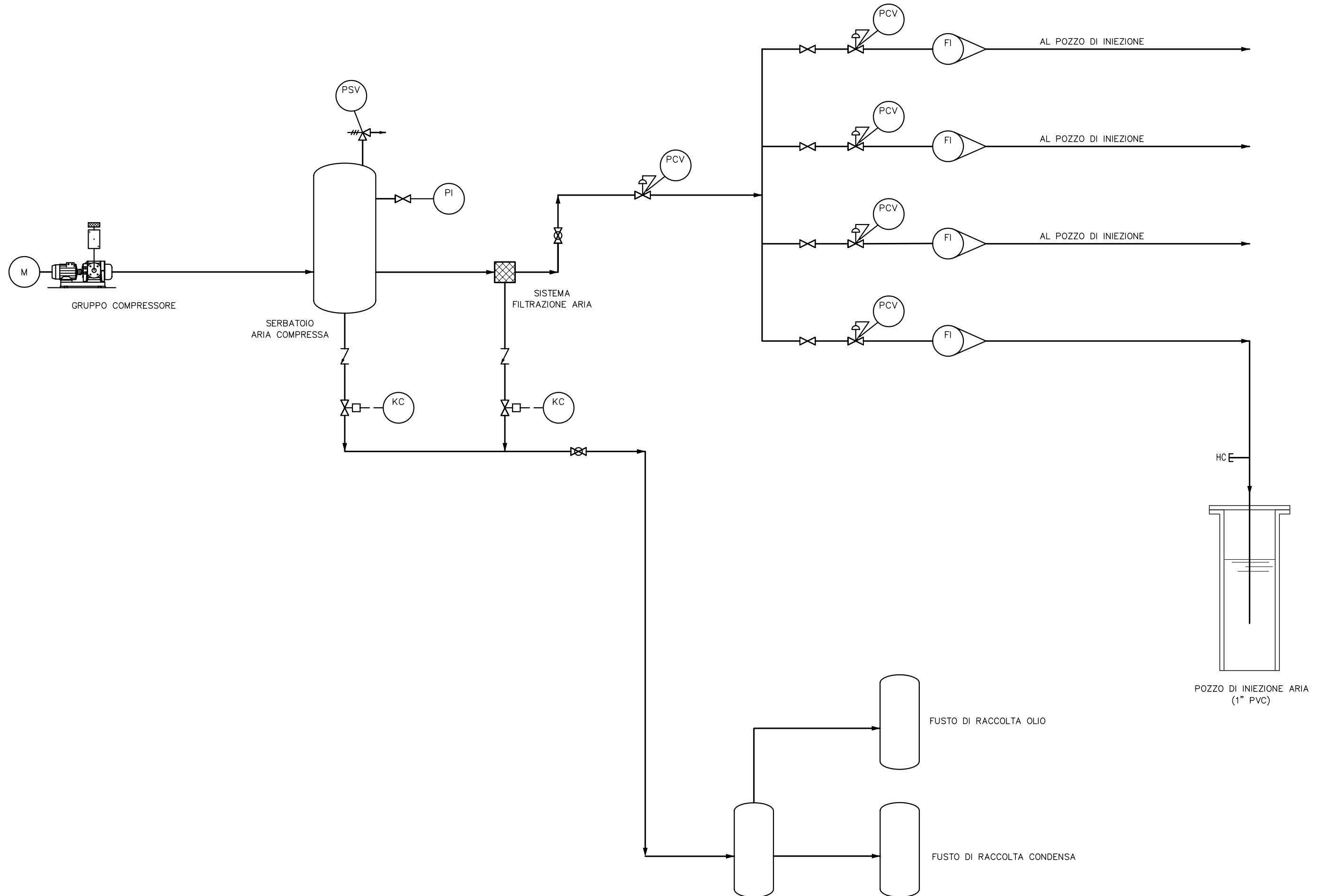
APPROVATO DA FDU

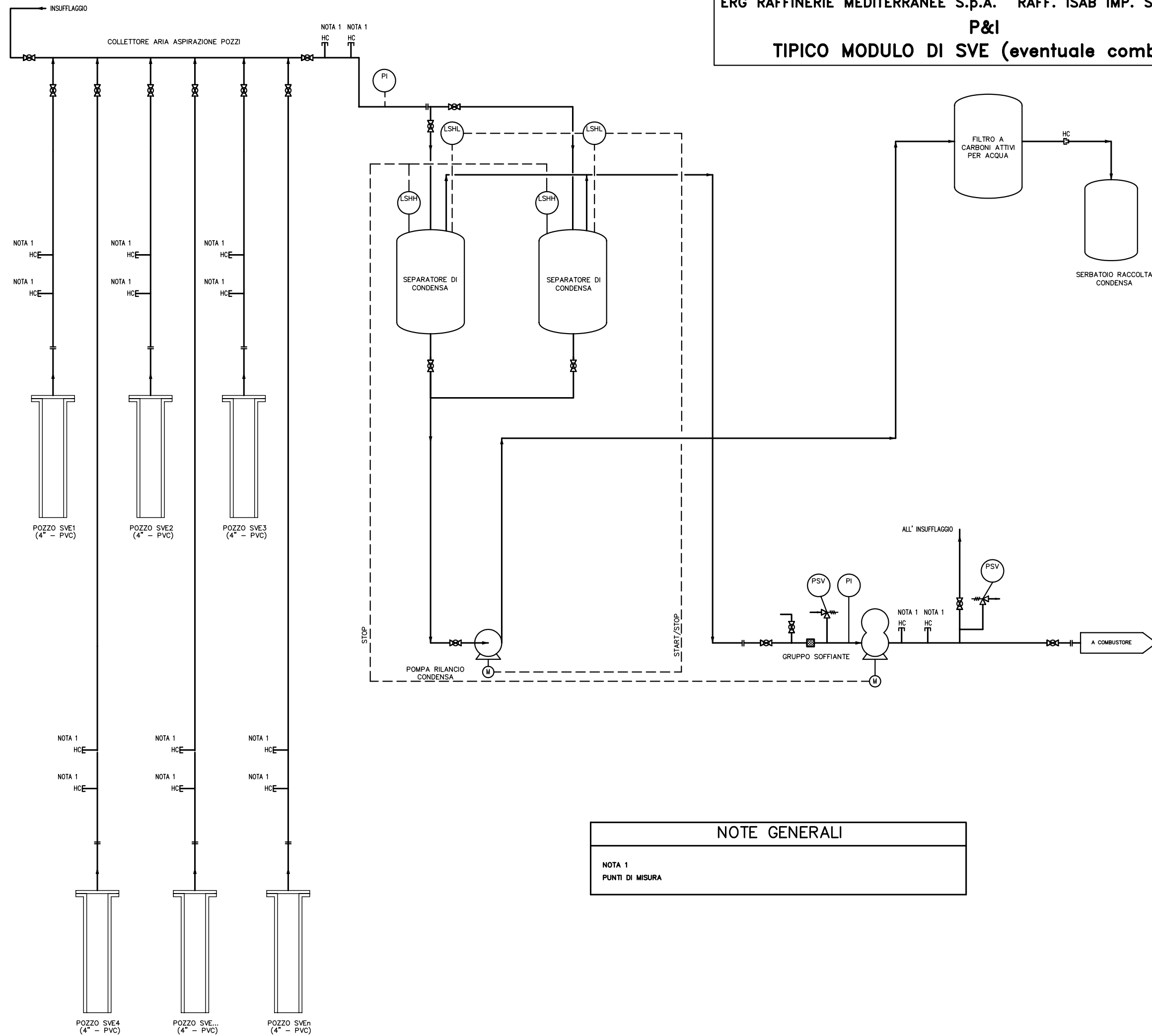
PREPARATO DA PGA

DATA Ottobre 2006

REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates





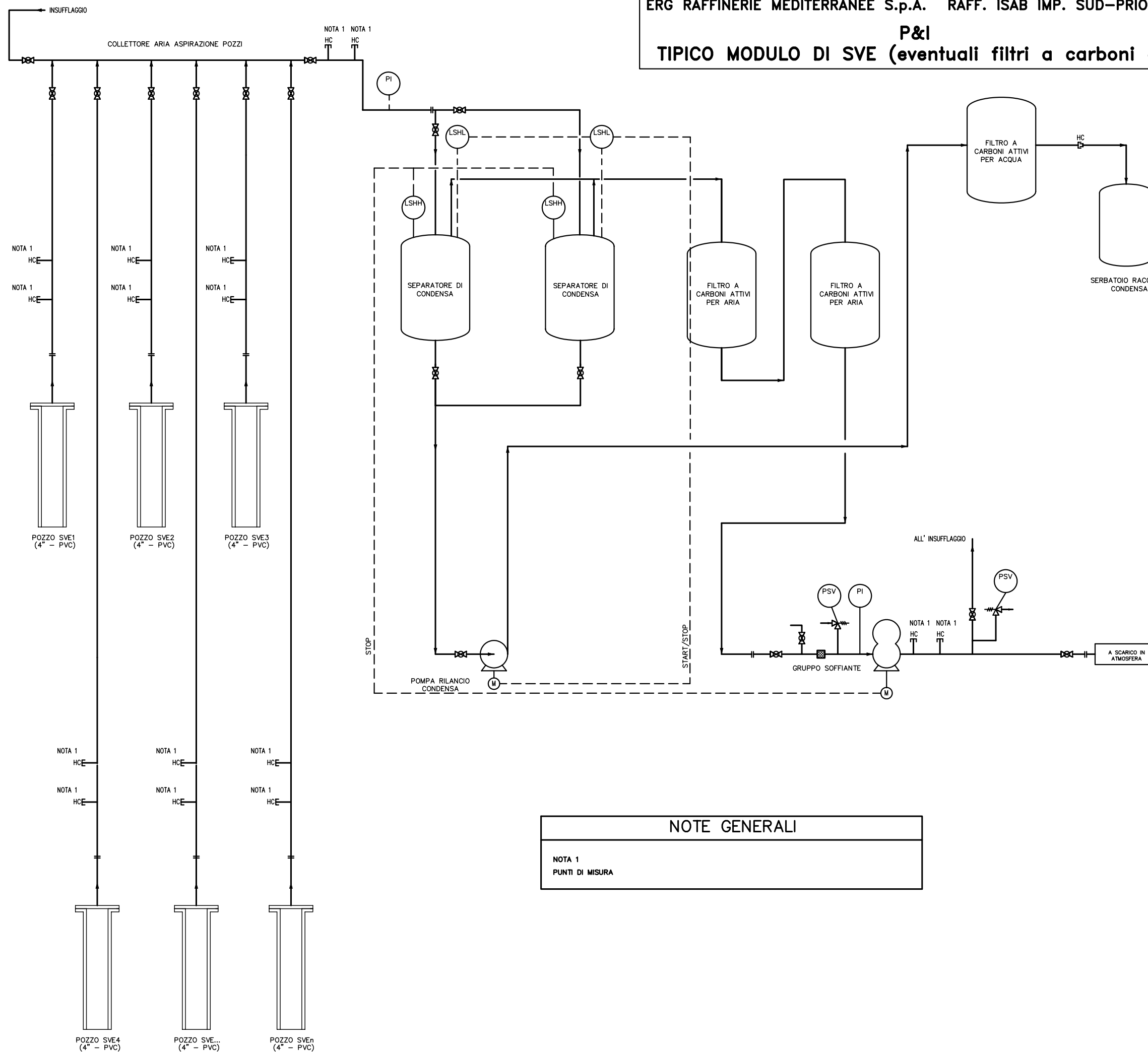
**NOTE GENERALI**

NOTA 1  
PUNTI DI MISURA



# P&I TIPICO MODULO DI SVE (eventuali filtri a carboni attivi)

FIG. A6.3



**NOTE GENERALI**

NOTA 1  
PUNTI DI MISURA

## **APPENDICE 7**

Interventi 2c, 2d: impianto di AS/BS-SVE  
a valle della Zona B

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	1
2	MODULI DI AS/BS-SVE ATTIVI LUNGO LA STRADA OVEST 4 .....	2
2.1	Impianto di AS/BS .....	3
2.2	Impianto di SVE .....	4
2.3	Caratteristiche apparecchiature .....	4
2.4	Utilities necessarie .....	5
3	SISTEMA DI TRATTAMENTO .....	6

## FIGURE

**Figura A7.1** P&I Tipico modulo di AS/BS

**Figura A7.2** P&I Tipico modulo di SVE

## ALLEGATI

**Allegato A7.1** Elenco apparecchiature

**Allegato A7.2** Fogli dati macchine e apparecchiature

**Allegato A7.3** Elenco utenze elettriche

## **1 INTRODUZIONE**

La presente appendice descrive la barriera attiva di *Air Sparging/Bio Sparging* e *Soil Vapour Extraction* (AS-BS/SVE) già in esercizio lungo la strada Ovest 4 (Figura 2).

In particolare, descrive le caratteristiche dei moduli di AS-BS/SVE, denominati “modulo 1”, “modulo 2”, “modulo pilota ampliato”, “modulo 4”, “modulo 5” e “modulo 6”, attivati ai fini della MSE.

Si ricorda che la barriera di AS/BS-SVE ubicata lungo la strada Ovest 4 costituisce gli interventi 2c e 2d descritti nel presente Progetto.

## **2 MODULI DI AS/BS-SVE ATTIVI LUNGO LA STRADA OVEST 4**

I moduli di AS/BS-SVE attivi lungo la strada Ovest 4 iniettano aria nell'acqua sotterranea (al di sotto del livello piezometrico, per mezzo di pozzi di iniezione) ed estraggono aria e vapori organici dal sottosuolo insaturo (per mezzo di pozzi di aspirazione).

Il modulo pilota ampliato copre un tratto esteso circa 80 m, compreso tra i pozzi PM115 e PM93 ed è costituito da n. 5 pozzi di SVE e da n. 8 pozzi di AS/BS (Figura 2).

Il modulo 1 copre un tratto esteso circa 95 m, compreso tra i pozzi PM94 e PM27 ed è costituito da n. 5 pozzi di SVE e da n. 6 pozzi di AS/BS (Figura 2).

Il modulo 2 copre un tratto esteso circa 75 m, compreso tra i pozzi PM98 e PM101 ed è costituito da n. 4 pozzi di SVE e da n. 5 pozzi di AS/BS (Figura 2).

Il modulo 4 copre un tratto esteso circa 140 m, compreso tra il pozzo PM128 e PM115 (Figura 2) ed è costituito da n. 7 pozzi di SVE e da n. 8 pozzi di AS/BS.

I moduli 5 e 6 coprono complessivamente un tratto, esteso circa 260 m, compreso tra i pozzi PM101 e PM124 (Figura 2). Il modulo 5 è costituito da n. 6 pozzi di SVE e da n. 8 pozzi di AS/BS. Il modulo 6 è costituito da n. 7 pozzi di SVE e da n. 8 pozzi di AS/BS.

Tutti i pozzi di AS/BS hanno una profondità pari a 18 m circa e sono realizzati con tubazioni in PVC del diametro di 1"; i pozzi di SVE hanno una profondità compresa tra 20 e 25 m e sono realizzati con tubazioni in PVC del diametro di 4". A protezione delle teste pozzo, in tutti i pozzi perforati sono installati chiusini ispezionabili carrabili.

Dall'impianto di SVE del modulo 1 viene aspirata dai pozzi una portata d'aria compresa tra 28 m<sup>3</sup>/ora e 162 m<sup>3</sup>/ora e la depressione indotta in ciascuna linea di iniezione/aspirazione è pari a 60 mbar. La portata di aria iniettata dall'impianto di AS/BS in ciascun pozzo è compresa tra 5 Nm<sup>3</sup>/ora e 13 Nm<sup>3</sup>/ora, ad una pressione compresa tra 500 e 2200 mbarg.

Dall'impianto di SVE del modulo 2 viene aspirata dai pozzi una portata d'aria compresa tra 60 m<sup>3</sup>/ora e 116 m<sup>3</sup>/ora e la depressione indotta in ciascuna linea di iniezione/aspirazione è pari a 60 mbar. La portata di aria iniettata dall'impianto di AS/BS in ciascun pozzo è compresa tra 5 Nm<sup>3</sup>/ora e 13 Nm<sup>3</sup>/ora, ad una pressione compresa tra 500 e 2200 mbarg.

Dall'impianto di SVE del modulo pilota ampliato viene aspirata dai pozzi una portata d'aria compresa tra 53 m<sup>3</sup>/ora e 122 m<sup>3</sup>/ora e la depressione indotta in

ciascun pozzo di iniezione/aspirazione è pari a 60 mbar. La portata di aria iniettata dall'impianto di AS/BS in ciascun pozzo è compresa tra 5 Nm<sup>3</sup>/ora e 13 Nm<sup>3</sup>/ora.

Dall'impianto di SVE del modulo 4 viene aspirata dai pozzi una portata d'aria compresa tra 51 m<sup>3</sup>/ora e 95 m<sup>3</sup>/ora e la depressione indotta in ciascuna linea di iniezione/aspirazione è pari a 70 mbar. La portata di aria iniettata dall'impianto di AS/BS in ciascun pozzo è compresa tra 4,5 Nm<sup>3</sup>/ora e 13 Nm<sup>3</sup>/ora, ad una pressione compresa tra 1800 e 2500 mbarg.

Dall'impianto di SVE del modulo 5 viene aspirata dai pozzi una portata d'aria compresa tra 50 m<sup>3</sup>/ora e 106 m<sup>3</sup>/ora e la depressione indotta in ciascuna linea di iniezione/aspirazione è pari a 70 mbar. La portata di aria iniettata dall'impianto di AS/BS in ciascun pozzo è compresa tra 7 Nm<sup>3</sup>/ora e 13 Nm<sup>3</sup>/ora, ad una pressione compresa tra 500 e 2500 mbarg.

Dall'impianto di SVE del modulo 6 viene aspirata dai pozzi una portata d'aria compresa tra 50 m<sup>3</sup>/ora e 101 m<sup>3</sup>/ora e la depressione indotta in ciascuna linea di iniezione/aspirazione è pari a 65 mbar. La portata di aria iniettata dall'impianto di AS/BS in ciascun pozzo è compresa tra 10 Nm<sup>3</sup>/ora e 13 Nm<sup>3</sup>/ora, ad una pressione compresa tra 300 e 1300mbarg.

## **2.1 Impianto di AS/BS**

L'impianto di AS/BS del modulo tipico è costituito, oltre che dai pozzi già descritti, dalle seguenti attrezzature:

- compressore rotativo a vite, in grado di erogare una portata di aria compressa pari a circa 100 Nm<sup>3</sup>/h;
- sistema di trattamento aria;
- sistema di scarico ed accumulo condense;
- separatore gravimetrico acqua-olio e fusti di raccolta dei due liquidi separati;
- quadro di regolazione e controllo dei flussi iniettati;
- linee di collegamento (in gran parte interrate) in tubazioni in poliammide 14x12 mm dal quadro di regolazione ai singoli pozzi di iniezione, con relativa raccorderia.

Il modulo di AS/BS è inoltre dotato di dispositivo di blocco dell'iniezione nel caso di malfunzionamento del sistema di SVE, comandato da un vacuostato installato sul collettore dell'impianto di SVE, a monte del gruppo di filtrazione dell'aria aspirata.

Nella Figura A7.1 è riportato il P&I tipico dell'impianto di AS/BS.

## **2.2 Impianto di SVE**

L'impianto di SVE del modulo tipico è costituito, oltre che dai pozzi già descritti, dalle seguenti attrezzature:

- pompa aspirante/soffiante con portata di aspirazione massima pari a circa 400 m<sup>3</sup>/h ad una depressione di 300 mbar. La pompa è dotata, in ingresso ed in uscita, di idonei sistemi di sicurezza e di misurazione/regolazione dei flussi;
- gruppo di filtrazione, per l'eliminazione della condensa dai flussi aeriformi aspirati e l'abbattimento delle concentrazioni di vapori organici. In particolare, l'aria aspirata dal sottosuolo, prima di essere scaricata in atmosfera, viene filtrata su letto a carboni attivi, in n. 1 o 3 filtri contenenti circa 800 kg ciascuno di materiale filtrante;
- pompa di scarico della condensa presente nei separatori di condensa, comandata da un interruttore a galleggiante installato in uno dei separatori stessi. L'acqua di condensa viene scaricata in un contenitore di adeguata capacità (bulk in plastica da 1 m<sup>3</sup>);
- linee di ispezione (una per ciascun pozzo di aspirazione del modulo), dotate di valvole di regolazione e punti di misura dei flussi aspirati;
- tubazioni di collegamento tra ogni pozzo di SVE ed ogni linea di ispezione, costituite da tubazioni flessibili in PVC del diametro di 2"-3", in larga parte interrate;
- sistema di valvole e tubazioni in grado di permettere l'inversione dei flussi, per attuare eventualmente l'insufflazione di aria nei pozzi di monitoraggio (questo accorgimento può essere talvolta utile per liberare le tubazioni interrate da eventuali ristagni di acqua di condensa).

L'impianto di SVE è dotato di un dispositivo di blocco della pompa soffiante per altissimo livello dell'acqua di condensa nei separatori di condensa.

Nella Figura A7.2 è riportato il P&I tipico dell'impianto di SVE.

## **2.3 Caratteristiche apparecchiature**

L'elenco e i fogli dati relativi alle apparecchiature installate sono riportati negli Allegati A7.1 e A7.2.

Si precisa che le apparecchiature installate sono in esecuzione normale, non in esecuzione antideflagrante.

#### **2.4 Utilities necessarie**

Le potenze elettriche installate per il normale funzionamento dei sei moduli di AS/BS-SVE sono pari complessivamente a 180 kW (30 kW per ogni modulo).

L'elenco delle utenze elettriche è riportato in Allegato A7.3.



### **3 SISTEMA DI TRATTAMENTO**

Il trattamento degli effluenti gassosi dai n. 6 moduli dell'impianto di AS-BS/SVE esistenti lungo la strada Ovest 4 è eseguito con sistemi di filtrazione a carboni attivi: per ciascuno dei n. 6 moduli è installato un sistema di filtrazione ed un camino per lo scarico in atmosfera. La sostituzione periodica dei carboni attivi viene pianificata sulla base dei rilievi di sito, in modo tale da effettuare la sostituzione prima del loro esaurimento. Il dimensionamento dei sistemi prevede, in linea generale, una quantità di materiale filtrante pari a 1600 kg di carboni per ciascun modulo (sulla base dell'esperienza finora condotta nell'ambito delle attività di MSE, nel modulo 2 è sufficiente una quantità di 800 kg di carboni attivi).

Tali quantità possono essere variate nel corso dell'esercizio degli impianti, sulla base degli esiti dei monitoraggi che vengono condotti, in modo tale da ottimizzare le attività di sostituzione dei carboni attivi.

P&I  
TIPICO MODULO DI AS /BS

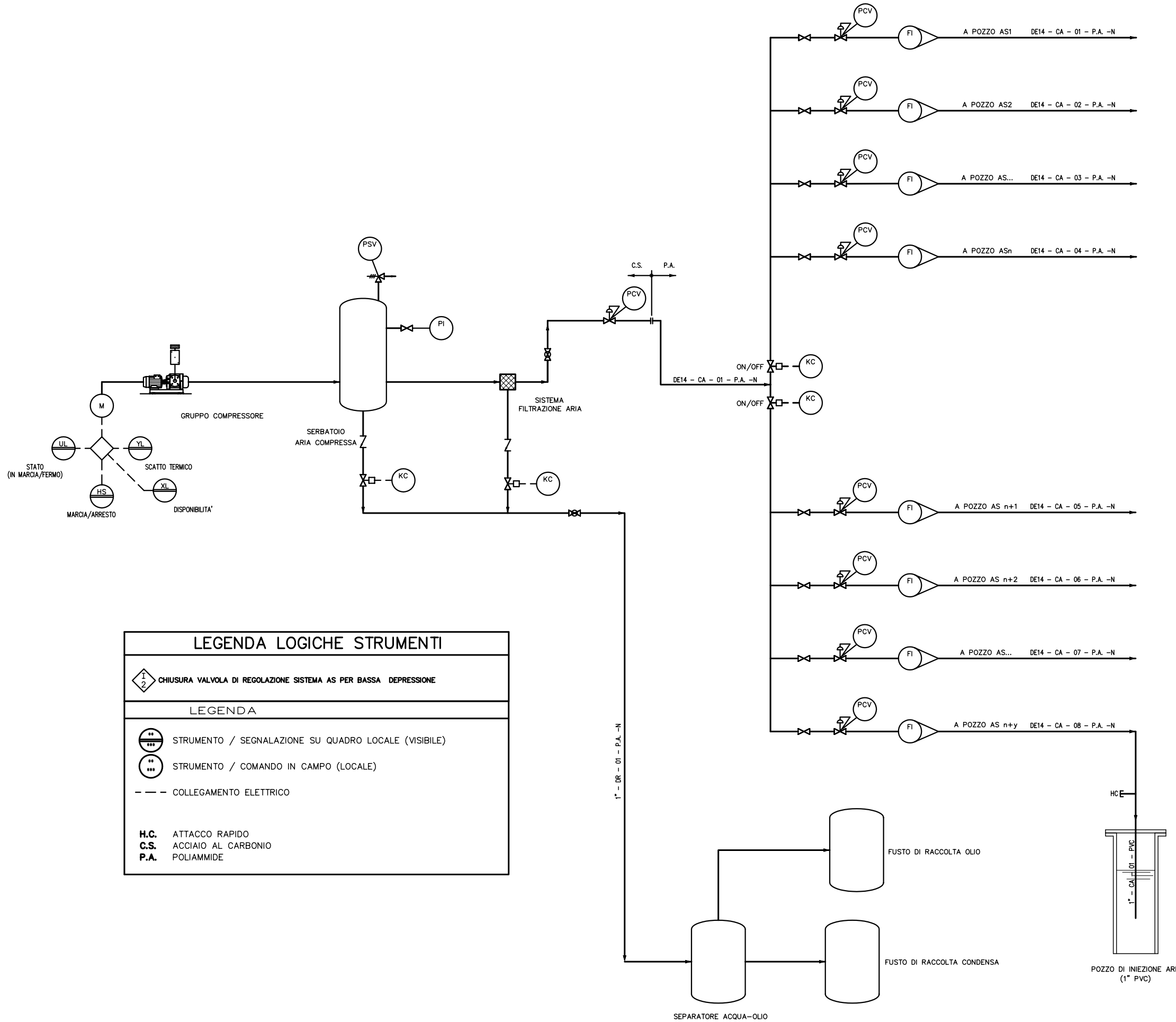
APPROVATO DA FDU

PREPARATO DA PGA

DATA Ottobre 2006

REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates



LEGENDA LOGICHE STRUMENTI	
	CHIUSURA VALVOLA DI REGOLAZIONE SISTEMA AS PER BASSA DEPRESSIONE
LEGENDA	
	STRUMENTO / SEGNALAZIONE SU QUADRO LOCALE (VISIBILE)
	STRUMENTO / COMANDO IN CAMPO (LOCALE)
---	COLLEGAMENTO ELETTRICO
<b>H.C.</b>	ATTACCO RAPIDO
<b>C.S.</b>	ACCIAIO AL CARBONIO
<b>P.A.</b>	POLIAMMIDE

**P&I**  
**TIPICO MODULO DI SVE**

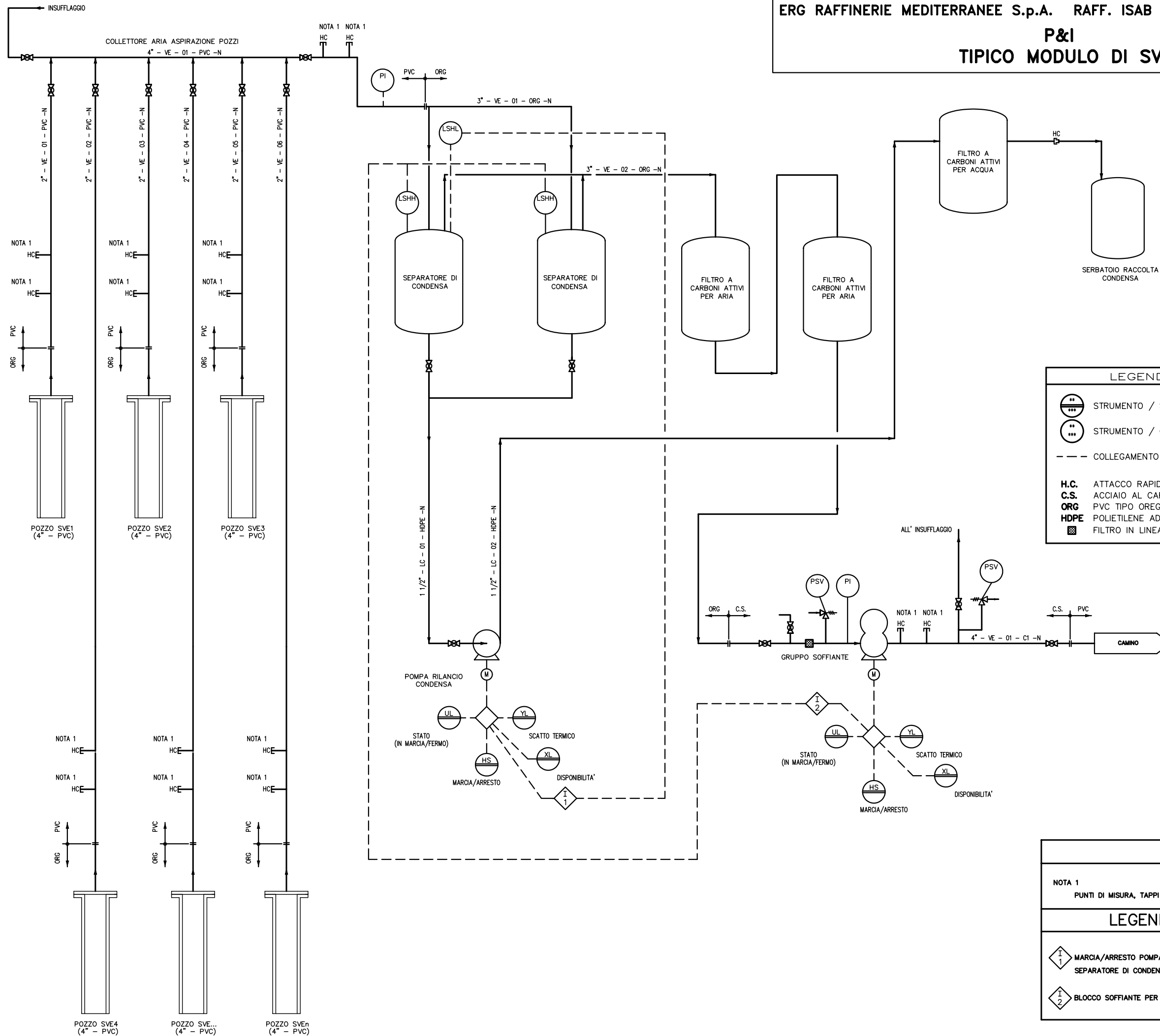
APPROVATO DA FDU

PREPARATO DA PGA

DATA Ottobre 2006

REV. 0

E' vietata la riproduzione di questo documento senza preventiva autorizzazione della Golder Associates / The reproduction of this document is prohibited without written permission by Golder Associates



LEGENDA	
	STRUMENTO / SEGNALAZIONE SU QUADRO LOCALE (VISIBILE)
	STRUMENTO / COMANDO IN CAMPO (LOCALE)
	COLLEGAMENTO ELETTRICO
<b>H.C.</b>	ATTACCO RAPIDO
<b>C.S.</b>	ACCIAIO AL CARBONIO
<b>ORG</b>	PVC TIPO OREGON
<b>HDPE</b>	POLIETILENE AD ALTA DENSITA'
	FILTRO IN LINEA

NOTE GENERALI	
NOTA 1	PUNTI DI MISURA, TAPPI FILETTATI
LEGENDA LOGICHE STRUMENTI	
	MARCIA/ARRESTO POMPA RILANCIO CONDENSA PER LIVELLO ALTO/BASSO SEPARATORE DI CONDENSA
	BLOCCO SOFFIANTE PER ALTISSIMO LIVELLO SEPARATORE DI CONDENSA

**COMMESSA:** T60021/7178 Allegato A7.1  
**DESCRIZIONE:** Moduli AS/SVE

**Rev.** 0  
**del**

**ELENCO APPARECCHIATURE**

0		Emesso per commenti	LCA	AGA	FDU
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Controllato</b>	<b>Approvato</b>

**COMMESSA:** T60021/7178 Allegato A7.1

**Rev. 0**

Descrizione: Moduli AS/SVE

**del**

Servizio	Q.tà	Tipo compressore/soffiante	DATI CARATTERISTICI			CONNESSIONI		Specifica Tecnica n.	Tavola
			Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	Pressione(*) (bar)	Potenza installata (kW)	Aspirazione	Mandata		
Compressore aria sistema AS	6	rotativo a vite	100	8,5	11	/	3/4 "	1	1
Soffiante sistema SVE	6	a canale laterale	400	0,45	11	3"	3"	2	2

(\*) Pressione di compressione per i compressori, pressione differenziale per le soffianti

**COMMESSA:** T60021/7178 Allegato A7.2  
**DESCRIZIONE:** Moduli AS/SVE

**Rev.** 0  
**del**

**FOGLI DATI MACCHINE E APPARECCHIATURE**

0			LCA	AGA	FDU
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Controllato</b>	<b>Approvato</b>

Commissa T60021/7178		Specifica tecnica n. 1	
Descrizione: Moduli AS/SVE		Allegato A7.2	
<b>FOGLIO DATI PER COMPRESSORE ARIA</b>			
SIGLA:	QUANTITA':	6	SERVIZIO: <b>Produzione aria compressa</b>
<b>DATI COSTRUTTIVI</b>			
COMPRESSORE:		MOTORE COMPRESSORE:	
Tipo	<b>Rotativo a vite</b>	Costruttore	
Stadi		Modello	
Velocità	G/1'	Alimentazione	
Potenza assorbita	kW	tensione	<b>400 V</b>
Capacità	<b>100 Nm<sup>3</sup>/h</b>	fasi	<b>3</b>
Pressione operativa	<b>8,5 bar</b>	frequenza	<b>50 Hz</b>
Materiale	<b>Acciaio verniciato</b>	Potenza	<b>kW</b>
Cuscinetti:		Velocità	G/1'
radiale		Grandezza	
reggispinta		Classe isolamento	<b>F</b>
Tenute		Classe sovratemperatura	<b>B</b>
		Protezione	<b>IP55</b>
		Raffreddamento	<b>aria (1)</b>
INSTALLAZIONE	ESTERNO <input type="checkbox"/>	INTERNO <input checked="" type="checkbox"/>	
ACCESSORI		DIMENSIONI E PESI	
	SI NO	Massa in esercizio	Kg
Pompa olio di lubrificazione	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Lunghezza massima	mm
Primo riempimento lubrificante	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Altezza massima	mm
Filtro di aspirazione	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Larghezza massima	mm
Separatore aria/olio	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Sistema di raffreddamento e di filtraggio dell'olio	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Essicatore del refrigerante integrato	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Pressostato differenziale	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Dispositivi di allarme e blocco per:			
Sovraccarico motori	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Sovratemperatura aria/olio	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Valvola di sicurezza	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Valvola di ritegno	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Manometri	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Cappottatura insonorizzante (rumorosità massima < 76 dBA)	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Quadro di comando e potenza	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Comando locale	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Esecuzione tropicalizzata	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>RUMOROSITA'</b>			
Pressione sonora media a 1m in tutte le direzioni in campo libero senza insonorizzazioni			
- a pieno carico	dBA	64 ± 3	
- al minimo carico	dBA	61 ± 3	
Note:			
(1) Con ventilazione forzata e scarico di condensa temporizzato			
(2) I dati mancanti saranno compilati dal fornitore			
<b>0</b>		<b>Emissione per commenti</b>	<b>LCA</b>
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>ELABOR.</b>
			<b>AGA</b>
			<b>CONTR.</b>
			<b>FDU</b>
			<b>APPR.</b>

<b>Golder Associates</b>	Cliente:		Commissa Documento		Foglio 1 di 1
	<b>ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A. - Raffineria ISAB Imp. Sud</b>		<b>T60021/7178</b> Allegato A7.2		<b>Specifica tecnica n.2</b>
<b>PROGETTO: MODULI AS/SVE</b>					
<b>FOGLIO DATI PER SOFFIANTE</b>					
Tipo	<b>CANALE LATERALE</b>		Costruttore	Modello/Classe	
Portata m <sup>3</sup> /h	<b>400</b>	Portata max	Nm <sup>3</sup> /h	<b>650</b>	
P <sub>in</sub> mbar		P <sub>out</sub> mbar	DELTA P <sub>totale</sub> mbar	<b>NORM=250</b>	
Rendimento %	<b>&gt; 70</b>	Potenza assorbita kW	<b>MAX=450</b>		
Installazione	<b>INTERNA</b>	Temperatura ambiente (°C)	<b>5-35</b>		
Aspirazione:	semplice <input type="checkbox"/>	doppia <input type="checkbox"/>	Tipo girante		
Materiale girante	Materiale albero		Materiale pulegge		
Diam.girante mm	Diam.aspirazione mm		Diam. mandata mm		
Diam.puleggia soffiante mm	Diam.puleggia motore mm				
Numero gole	Tipo cinghie		Materiale basamento		
Protezione cinghie:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Materiale carter		
Protezione antinfortun. bocche aspiraz.:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Protezione antinfortun. fuori albero:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Cuscinetti:	Tipo		Lubrificazione		
Ingrassatori accessibili da esterno protezioni:		Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
<b>Motore Elettrico :</b>					
Costruttore	Modello		Forma costruttiva		
Potenza kW	Alimentazione V/f/Hz	<b>380/3/50</b>	Velocità giri/l'	<b>2.900</b>	Poli <b>4</b>
Grado di protezione	Classe isolamento		Classe sovratemperatura		
Cuscinetti	Lubrificazione				
<b>Accessori richiesti:</b>					
Filtro aria	<input checked="" type="checkbox"/>	Valvola di sicurezza	<input checked="" type="checkbox"/>		
Silenziatore aspiratore/mandata	<input checked="" type="checkbox"/>	Valvola di ritegno			
Supporti silenziatore	Carter di protezione				
Raccordo elastico	Supporti antivibrazione				
Valvola rompivuoto	<input checked="" type="checkbox"/>	Basamento			
Cabina di insonorizzazione e access.					
Note:					
0		Emesso per commenti	LCA	AGA	FDU
Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato



**COMMESSA:** T60021/7178 Allegato A7.3

**Rev.** 0

**DESCRIZIONE:** Moduli AS/SVE

**del**

### ELENCO UTENZE ELETTRICHE

0		Emesso per commenti	LCA	AGA	FDU
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Controllato</b>	<b>Approvato</b>

**Progetto:** T60021/7178 Allegato A7.3

**Rev. 0**

**Descrizione:** Moduli AS/SVE

**del**

**ELENCO UTENZE ELETTRICHE**

QUANTITA'	DESCRIZIONE	TIPO (1)	POTENZ A INST. (kW)	TENS. (V)	FUNZIONAMENT O	NOTE
3	Compressore aria	QE	11	400	<input checked="" type="checkbox"/> cont. <input type="checkbox"/> disc. <input checked="" type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> riserva	
3	Soffiante aria	M	11	400	<input checked="" type="checkbox"/> cont. <input type="checkbox"/> disc. <input checked="" type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> riserva	
3	Pompa di rilancio	M	1,0	400	<input type="checkbox"/> cont. <input checked="" type="checkbox"/> disc. <input checked="" type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> riserva	

(1) M=Motore elettrico QE=Quadro elettrico V=Vario,alimentazione diretta