

# **Risultati monitoraggio delle acque sotterranee**

## **Risultati monitoraggio delle acque sotterranee**

Il Piano di Monitoraggio e Controllo dell'A.I.A. riporta alcune indicazioni relative al monitoraggio delle acque sotterranee che specificano i parametri da ricercare, la frequenza del monitoraggio, i metodi di analisi, le modalità di registrazione dei controlli ed il reporting dei risultati per i piezometri ubicati internamente al perimetro di Raffineria a ridosso del parco serbatoi.

La Raffineria allo stato attuale effettua tutte le attività di monitoraggio delle acque sotterranee secondo quanto previsto dal "Protocollo di monitoraggio idrochimico e piezometrico" ("Protocollo") siglato nel Marzo 2007 ed aggiornato a Maggio 2014 (approvato da ARPA Dipartimento Territoriale di Siracusa).

Le modalità di registrazione e reporting sono anch'esse coerenti con quanto concordato all'interno del suddetto Protocollo. Si evidenzia che il monitoraggio conoscitivo delle acque di falda di tutti i piezometri presenti all'interno della Raffineria è già previsto nell'ambito degli interventi sui sistemi di Messa In Sicurezza di Emergenza (MISE) di cui al Protocollo sopra citato secondo le modalità e le frequenze di monitoraggio e registrazione ivi previste. Si ritengono pertanto ottemperate le indicazioni di ISPRA relative al monitoraggio delle acque sotterranee riportate all'interno dell'A.I.A. della Raffineria, considerando le modalità e le frequenze di monitoraggio e registrazione previste dal Protocollo suddetto.

Si riportano di seguito i risultati dei monitoraggi effettuati nel corso dell'anno 2014 (aggiornamento Dicembre 2014), già comunicati ad ARPA mediante i rapporti di aggiornamento semestrale.

Si evidenzia che la documentazione allegata contiene la sintesi dei risultati, per semplicità di lettura, in formato testo. Il resto della documentazione (tavole, tabelle, appendici), già inviata in forma completa ad ARPA, è comunque disponibile nel caso fosse richiesta.



NOVEMBRE 2014

**ESSO ITALIANA S.R.L. - RAFFINERIA DI  
AUGUSTA (SR)**

## **Aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo Giugno 2014**

**Destinatario:**

Esso Italiana S.r.l. - Raffineria di Augusta (SR)

**RELAZIONE**



**Numero Relazione** 1350840696/EM4693

**Distribuzione:**

Esso Italiana S.r.l. - Raffineria di Augusta (SR) 9  
copie

Golder Associates S.r.l. Torino 3 copie





## Indice

<b>1.0</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
1.1	Contenuti e struttura del documento.....	1
1.2	Documentazione di riferimento .....	2
<b>2.0</b>	<b>SISTEMI DI MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA IN ESERCIZIO .....</b>	<b>4</b>
2.1	Installazioni fisse.....	4
2.2	Installazioni puntuali ed eventuali nuove installazioni .....	5
2.3	Sistemi di regolazione e controllo .....	5
<b>3.0</b>	<b>RETE DI MONITORAGGIO DELLA RAFFINERIA.....</b>	<b>7</b>
3.1	Pozzi di monitoraggio afferenti ai sistemi di contenimento idraulico .....	7
3.1.1	Area contrattori/candele e area impianti.....	7
3.1.2	Area esterna stoccaggio nord .....	7
3.1.3	Area Marcellino .....	8
3.1.4	Area pontile.....	9
3.1.5	Area stoccaggio est.....	10
3.1.6	Area stoccaggio ovest.....	11
<b>4.0</b>	<b>ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>13</b>
4.1	Verifiche impiantistiche e manutenzione.....	13
4.2	Verifiche idrauliche .....	13
4.2.1	Rilievo piezometrico quindicinale .....	13
4.2.2	Rilievo piezometrico semestrale .....	14
4.2.3	Sezioni idrogeologiche.....	15
4.3	Verifiche degli impianti di recupero prodotto .....	17
4.3.1	Aree con presenza di prodotto e quantità recuperata .....	18
4.4	Verifiche chimiche.....	19
4.4.1	Analisi chimiche di laboratorio.....	20
4.4.2	Verifiche chimiche sui sistemi di contenimento idraulico.....	21
4.4.3	Elaborazione statistica dei dati di concentrazione dei parametri di interesse.....	22
4.4.4	Andamento nel tempo delle concentrazioni .....	24
4.4.4.1	Osservazioni .....	28
4.4.5	Grafici di frequenza cumulata .....	29



<b>5.0 AGGIORNAMENTO MODELLO NUMERICO .....</b>	<b>30</b>
<b>6.0 CONCLUSIONI.....</b>	<b>30</b>

**TABELLE**

<b>Tabella 1</b>	Sintesi dei sistemi di MISE
<b>Tabella 2</b>	Barriera idraulica Cantera – nel corpo del testo
<b>Tabella 3</b>	Pozzi e trincee drenanti Punta Cugno nord – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 4</b>	Sistema di trincee drenanti Punta Cugno sud A e sud B – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 5</b>	Barriera idraulica Marcellino – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 6</b>	Barriera idraulica Furlanis – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 7</b>	Pozzo barriera RW54 e sistema di trincee drenanti pontile 1a e 1b – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 8</b>	Trincea drenante RW02 – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 9</b>	Trincea drenante SO pontile 2a – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 10</b>	Trincea drenante SO pontile 2b e 2c – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 11</b>	Trincea drenante L2 e barriera idraulica area metano – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 12</b>	Barriera idraulica TK212 – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 13</b>	Sintesi delle attività di monitoraggio
<b>Tabella 14</b>	Rilievo piezometrico mensile (gennaio 2014)
<b>Tabella 15</b>	Rilievo piezometrico mensile (febbraio 2014)
<b>Tabella 16</b>	Rilievo piezometrico mensile (marzo 2014)
<b>Tabella 17</b>	Rilievo piezometrico mensile (aprile 2014)
<b>Tabella 18</b>	Rilievo piezometrico mensile (maggio 2014)
<b>Tabella 19</b>	Rilievo piezometrico mensile (giugno 2014)
<b>Tabella 20</b>	Rilievo piezometrico generale (maggio 2014)
<b>Tabella 21</b>	Rilievo dello spessore di prodotto nei pozzi SK
<b>Tabella 22</b>	Installazioni puntuali di recupero prodotto - volumi recuperati
<b>Tabella 23</b>	Risultati delle analisi chimiche sui campioni di acqua sotterranea (giugno 2014)
<b>Tabella 24</b>	Risultati delle analisi chimiche sui campioni di acqua sotterranea (marzo 2014)
<b>Tabella 25</b>	Parametri chimici di interesse – nel corpo del testo

**GRAFICI**

<b>Grafico 1</b>	Superamenti dei parametri di interesse 2007 – 2014 in percentuale – <i>nel corpo del testo</i>
------------------	--

**TAVOLE**

<b>Tavola 1</b>	Planimetria generale ed ubicazione dei pozzi di monitoraggio
<b>Tavola 2</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 30 giugno 2014)



<b>Tavola 2a</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 30 giugno 2014) – Area esterna stoccaggio nord
<b>Tavola 2b</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 30 giugno 2014) – Area pontile e area stoccaggio est
<b>Tavola 2c</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 30 giugno 2014) – Area contrattori/candele
<b>Tavola 3</b>	Piezometria generale
<b>Tavola 4</b>	Planimetria con indicazione dello spessore ed estensione presunta del prodotto surnatante (maggio 2014)
<b>Tavola 5</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per arsenico nelle acque sotterranee (campionamento giugno 2014)
<b>Tavola 6</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti dei valori di fondo per ferro nelle acque sotterranee (campionamento giugno 2014)
<b>Tavola 7</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti dei valori di fondo per manganese nelle acque sotterranee (campionamento giugno 2014)
<b>Tavola 8</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per benzene nelle acque sotterranee (campionamento giugno 2014)
<b>Tavola 9</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per benzo[a]pirene nelle acque sotterranee (campionamento giugno 2014)
<b>Tavola 10</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per benzo[g,h,i]perilene nelle acque sotterranee (campionamento giugno 2014)
<b>Tavola 11</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per idrocarburi totali (come n-esano) nelle acque sotterranee (campionamento giugno 2014)
<b>Tavola 12</b>	Concentrazione dei parametri di interesse a monte, in interasse e a valle dei sistemi di confinamento idraulico

### APPENDICI

<b>Appendice 1</b>	Verifiche impiantistiche sui pozzi di emungimento
<b>Appendice 2</b>	Piezometrie mensili
<b>Appendice 3</b>	Sezioni idrogeologiche
<b>Appendice 4</b>	Elaborazioni statistiche
<b>Appendice 5</b>	Grafici di concentrazione nel tempo
<b>Appendice 6</b>	Grafici di frequenza cumulata delle concentrazioni
<b>Appendice 7</b>	Aggiornamento del modello numerico del flusso della falda



## **1.0 INTRODUZIONE**

Il presente documento rappresenta l'aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo e delle acque sotterranee della Raffineria di Augusta (SR) ("Raffineria") della Esso Italiana S.r.l., sulla base dei dati provenienti dalle attività periodiche di monitoraggio e dalla verifica delle prestazioni dei sistemi di Messa in Sicurezza di Emergenza ("MISE") in esercizio. Tale documento si basa su dati raccolti fino al 30 giugno 2014.

Le attività di monitoraggio e di verifica sono state eseguite in accordo a quanto previsto nel documento "Protocollo di monitoraggio idrochimico e piezometrico" del maggio 2014 ("Protocollo").

Il Protocollo è stato presentato e discusso con il Libero Consorzio Comunale (ente che ha sostituito la Provincia Regionale di Siracusa) e l'ARPA di Siracusa nel corso della riunione tecnica svoltasi il 5 maggio 2014 presso la Struttura Territoriale ARPA di Siracusa.

Il Protocollo costituisce un aggiornamento dei criteri per l'esecuzione delle attività di monitoraggio che si svolgono in Raffineria e che sino a maggio 2014 sono state condotte secondo le modalità del protocollo di monitoraggio concordato con le Autorità nel gennaio del 2012<sup>1</sup>.

Il Protocollo prevede due campionamenti all'anno: uno a giugno (include tutti i pozzi di Raffineria) e uno a dicembre (include i pozzi in corrispondenza dei sistemi); il presente documento riporta e illustra i risultati del campionamento effettuato tra giugno e luglio 2014 e delle attività di monitoraggio svolte nel corso del primo semestre dell'anno. In aggiunta, poiché alla data di presentazione del Protocollo erano già stati effettuati i campionamenti e le analisi chimiche previste dal precedente protocollo, nel documento sono riportati anche i risultati delle analisi relative al campionamento trimestrale di marzo 2014.

### **1.1 Contenuti e struttura del documento**

Il Protocollo prevede attività e analisi che riguardano:

- verifiche impiantistiche e attività di manutenzione;
- verifiche idrauliche;
- verifiche degli impianti di recupero prodotto;
- verifiche chimiche;
- aggiornamento della modellazione numerica del flusso di falda.

Il presente documento descrive tali attività ed è articolato nelle seguenti parti:

- descrizione dei sistemi MISE presenti in Raffineria (Capitolo 2);
- descrizione della rete di monitoraggio e definizione dei pozzi di monitoraggio afferenti ai sistemi di contenimento idraulico (barriere idrauliche e trincee) (Capitolo 3);
- descrizione delle verifiche eseguite e illustrazione dei risultati (Capitolo 4);
- aggiornamento della modellazione numerica dell'acquifero (Capitolo 5);
- conclusioni (Capitolo 6).

Il presente documento è stato redatto recependo le osservazioni e le prescrizioni formulate dalle Autorità locali (ARPA Siracusa e Libero Consorzio Comunale) nell'incontro del maggio del 2014 e in particolare:

<sup>1</sup> Rel. Golder n. 10508461310/EM3827 rev.0 "Protocollo operativo di monitoraggio idrochimico e piezometrico", Gennaio 2012.



- il piano di monitoraggio è stato integrato con le sezioni idrogeologiche longitudinali e trasversali alle barriere idrauliche con indicazione delle unità idrogeologiche e del livello medio della falda nel periodo di riferimento;
- le analisi chimiche del campionamento annuale hanno ricercato i parametri inclusi nella lista del "Protocollo generale per l'esecuzione delle indagini di caratterizzazione e di collaudo degli interventi di bonifica dei siti contaminati da parte dei soggetti obbligati ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dell'Accordo di Programma per il Sito di Interesse Nazionale (SIN) Priolo", settembre 2009 ("Protocollo generale per il SIN Priolo");
- per ciascun sistema sono stati considerati tutti i pozzi di monitoraggio come discusso con ARPA SR e Libero Consorzio Comunale nel corso della riunione tecnica del 5 maggio 2014;
- con riferimento al paragrafo 5.3 del "Protocollo Crotone" l'analisi dei dati del monitoraggio è stata integrata con:
  - elaborazioni statistiche dei risultati delle analisi chimiche (media, mediana, percentili, deviazione standard);
  - elaborazioni delle curve di frequenza cumulata delle concentrazioni di ciascun contaminante rilevante per aree di Raffineria;
  - elaborazione di grafici dell'andamento nel tempo delle concentrazioni dei contaminanti di interesse;
  - elaborazione di mappe di concentrazione;
- con riferimento al paragrafo 6 del "Protocollo Crotone", oltre a quanto sopra, sono state elaborate le tabelle con riportati i seguenti dati di funzionamento dei pozzi di emungimento:
  - portata di progetto e portata media del periodo di riferimento;
  - tempo di funzionamento e tempo di inattività del pozzo (in percentuale rispetto al periodo);
  - volume di acqua emunto nel periodo.

## **1.2 Documentazione di riferimento**

Il presente rapporto tecnico si basa sulle indicazioni contenute nel documento Rel. Golder n. 1050840695/EM4541 "*Protocollo di monitoraggio idrochimico e piezometrico*" del maggio 2014.

Le informazioni riguardanti i sistemi di MISE presenti in Raffineria sono contenute nella seguente documentazione già fornita alle Autorità:

- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., "*Piano della Caratterizzazione*", Novembre 1999 e Giugno 2000;
- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., "*Interventi di Caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99*", Maggio 2002;
- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., "*Descrizione delle opere di messa in sicurezza*", Febbraio 2004;
- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., "*Attività integrative di caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99*", Maggio 2004;
- Golder Associates S.r.l. Rel. T40417/EM1713 "*Completamento del confinamento idraulico fronte mare: dimensionamento dei sistemi*", Giugno 2006;





- Golder Associates S.r.l. Rel. 08508460104/EM2820 “*Interventi integrativi di MISE nei pressi del Fiume Marcellino – Giugno 2009*”, Giugno 2009;
- Golder Associates S.r.l. Rel. 08508460104/EM2797\_rev.1 “*Progetto di messa in sicurezza operativa ai sensi del DLgs 152/06 e DLgs 04/08 Revisione 1*”, Aprile 2012;
- report periodici di aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo della Raffineria, trasmessi agli Enti da partire dal settembre 2006.



## **2.0 SISTEMI DI MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA IN ESERCIZIO**

I sistemi di MISE sono costituiti da pozzi di emungimento, barriere idrauliche, trincee drenanti e sistemi di recupero dell'eventuale fase idrocarburica libera ("prodotto") (*skimmer* e *total fluid*); questi sono stati realizzati a più riprese a partire dal 1993:

- 1993: realizzazione del pozzo RW01 attrezzato con sistema di emungimento;
- 1995: realizzazione del pozzo RW02 attrezzato con sistema di emungimento;
- dicembre 2003: installazione di due pozzi di emungimento in area Cantera;
- agosto 2005: completamento del progetto Augusta *Site Containment - Step I* (ASC *step I*) con 13 nuovi pozzi di emungimento, 7 trincee drenanti e 26 sistemi attivi di recupero prodotto;
- settembre 2009: completamento del progetto Augusta *Site Containment - Step II* (ASC *step II*) con l'installazione di 30 nuovi pozzi di emungimento e di 2 sistemi attivi di recupero prodotto.

Nel corso del tempo, in base ai risultati delle campagne di monitoraggio, i sistemi di recupero prodotto, *skimmer* attivi e passivi e *total fluid*, sono eventualmente integrati con installazioni aggiuntive.

In **Tavola 1** è riportata la planimetria con i pozzi presenti in Raffineria, i sistemi di MISE attualmente operanti sono riportati in **Tabella 1** e illustrati in **Tavola 2** (planimetria generale di tutti i sistemi), **Tavola 2a** (planimetria con dettaglio dell'area esterna stoccaggio nord), **Tavola 2b** (planimetria con dettaglio dell'area pontile e dell'area stoccaggio est) e **Tavola 2c** (planimetria con dettaglio dell'area contrattori/candele).

Nei paragrafi seguenti è fornita una sintesi dei sistemi operanti all'interno della Raffineria.

### **2.1 Installazioni fisse**

I seguenti interventi di MISE sono stati realizzati nel periodo 2003 - 2005.

**Area contrattori/candele:** barriera idraulica costituita dai pozzi di emungimento RW01 (già attivo dal 1993) e RW03÷06; i pozzi RW01, RW03, RW05 e RW06 sono attrezzati con un sistema *dual pump* per il recupero contemporaneo del prodotto e della contaminazione disciolta; un sistema *total fluid* è installato in AB124PZ.

**Area stoccaggio est:** sistema di contenimento idraulico costituito dalla Trincea L2 (attrezzata con i pozzi di emungimento RW21÷26) e dai pozzi di emungimento RW07÷RW11.

**Area pontile:**

- sistema di contenimento idraulico costituito da una trincea drenante e da un pozzo di emungimento (RW02), accoppiato a un sistema di recupero prodotto idrocarburico surnatante (sistema *dual pump*);
- sistema di recupero prodotto costituito da due trincee, attrezzate con sistemi di recupero prodotto (SK21÷23 in area Pontile 1 e SK101÷115 in area Furlanis).

**Area esterna stoccaggio nord:** sistema di recupero prodotto surnatante costituito da quattro trincee attrezzate con 8 sistemi di recupero prodotto (SK31÷38).

Nel marzo 2007 è stata inoltre installata, in area TK212 (compresa in **area stoccaggio ovest**), una barriera di emungimento costituita da 4 pozzi attrezzati con pompe pneumatiche *total fluid* (GAPZ30÷33).

Gli interventi di MISE del progetto ASC *step II*, attivi da settembre 2009, comprendono:

**Area pontile:**

- sistema per il contenimento idraulico nei pressi dell'area a sud-ovest del Pontile 2, costituito da 6 pozzi di emungimento (RW31÷36). I pozzi RW34÷36 sono attrezzati con un sistema *dual pump* per il recupero contemporaneo del prodotto e della contaminazione disciolta;



- sistema per il contenimento idraulico nei pressi della batteria di pozzi esistente in area Furlanis, realizzato attrezzando con sistemi *dual pump* i pozzi esistenti SK101 (RW41), SK104 (RW42), SK107 (RW43), SK110 (RW44), SK112 (RW45) e SK115 (RW46);
- sistema per il contenimento idraulico installato nei pressi delle due trincee presenti in Radice Pontile 1 costituito da 3 pozzi di emungimento (RW51÷53);
- pozzo di emungimento (RW54) installato nei pressi del serbatoio *Thickner* e del piezometro di monitoraggio denominato AB009PZ;

**Area esterna stoccaggio nord:**

- porzione sud: sistema per il contenimento idraulico costituito da 2 trincee attrezzate con 5 pozzi di emungimento (RW61÷65);
- porzione nord: sistema per il contenimento idraulico, ad integrazione dei sistemi di recupero prodotto già esistenti, costituito da 8 pozzi di emungimento (RW71÷78).

**Area Marcellino** (zona compresa tra i serbatoi TK505 e TK739): sistema per il contenimento idraulico costituito da un pozzo di emungimento (RW81) e dai pozzi GAPZ47 e AB185PZ, attrezzati con pompe *total fluid*.

**Area stoccaggio ovest** (include l'area del serbatoio TK212): adeguamento agli standard di Raffineria delle tubazioni a servizio dell'esistente barriera idraulica costituita dai sistemi GAPZ30÷GAPZ33.

## **2.2 Installazioni puntuali ed eventuali nuove installazioni**

A partire da marzo 2004, sulla base dei rilievi dello spessore di prodotto surnatante nei pozzi di monitoraggio, sono stati installati sistemi attivi (*skimmer* attivi gravimetrici e pompe pneumatiche *total fluid*) e passivi (*skimmer* oleofilici e gravimetrici passivi) per il recupero del prodotto, dislocati nelle diverse aree della Raffineria.

Periodicamente, sulla base delle condizioni rilevate nel corso delle campagne di monitoraggio ed in particolar modo della variazione stagionale della quota della falda, i sistemi possono essere integrati o sostituiti con sistemi più efficienti in funzione del *trend* di recupero o delle necessità riscontrate.

Nel periodo tra gennaio e giugno del 2014 non sono state fatte nuove installazioni o rimosse installazioni esistenti.

## **2.3 Sistemi di regolazione e controllo**

Tutti i sistemi di MISE sono corredati da apposite strumentazioni che consentono di monitorare e di trasferire alla Sala Controllo di Raffineria (DCS) lo stato di funzionamento e tutti i parametri di processo e di controllo necessari per il rilevamento di eventuali malfunzionamenti. Il rilevamento di eventuali malfunzionamenti è dunque gestito in simultaneo mediante le strumentazioni di controllo presenti in campo e attraverso le segnalazioni di anomalia trasferite alla Sala Controllo di Raffineria. Il funzionamento continuo dei sistemi di MISE è monitorato 24 ore su 24 ore ed è gestito dalle funzioni di Raffineria preposte a tal proposito.

Le strumentazioni a supporto dei sistemi di pompaggio sono di seguito riportate:

- trasduttori idrostatici di pressione;
- indicatori locali di portata;
- trasmettitori di portata;
- indicatori locali di livello.

Il segnale di livello nei pozzi e l'allarme di "bassissimo" livello sono remotati in sala controllo al sistema DCS di Raffineria. In corrispondenza dei due livelli di *set* nei pozzi sono eseguiti i seguenti comandi/allarmi:



- basso livello pozzo: fermata pompa;
- bassissimo livello pozzo: allarme e blocco pompa.

Al DCS vengono, inoltre, trasferiti i seguenti comandi/segnalazioni:

- indicazione parziale/totale di portata;
- status pompa (in marcia/ferma/malfunzionamento).

A bordo pozzo viene riportata l'indicazione dei livelli dei singoli pozzi.

La trasmissione dei segnali tra campo e sala controllo avviene mediante sistema di trasmissione dati Dupline®.

Il controllo per l'emungimento dal pozzo viene effettuato automaticamente tramite un sistema che, rilevando il livello di acqua nel pozzo, aziona un inverter per regolare la velocità della pompa e mantenere il livello della falda entro limiti definiti in fase di progetto.

Per i sistemi installati nell'ambito del progetto ASC *step I* e per le pompe dei pozzi SK101, SK104, SK107, SK110, SK112, SK115, il funzionamento avviene mediante controllo del livello delle acque sotterranee tramite un trasduttore idrostatico di pressione che regola lo start/stop della pompa per alto e basso livello della falda. La protezione contro la marcia a secco è assicurata dal segnale di bassissimo livello generato dallo stesso trasduttore idrostatico di pressione. Il contatto di soglia di bassissimo livello è inviato al quadro elettrico, che arresta la pompa. Il segnale di livello è inviato in sala controllo tramite il sistema Dupline® e acquisito dal sistema DCS per l'indicazione del livello della falda.

Le strumentazioni a supporto dei sistemi di recupero prodotto SK sono costituiti da pressostati linea aria e sonde di livello installate sui serbatoi di raccolta prodotto.



### 3.0 RETE DI MONITORAGGIO DELLA RAFFINERIA

All'interno della Raffineria la rete di monitoraggio è costituita da 293 pozzi; si tratta di pozzi di monitoraggio (o piezometri), pozzi di emungimento delle acque sotterranee, pozzi per il recupero di idrocarburi in fase libera, pozzi di monitoraggio di tipo *cluster-well* e pozzi di controllo di livello dell'acqua all'interno delle trincee.

I pozzi sono distribuiti in tutte le aree della Raffineria e sono stati realizzati a più riprese a partire dagli anni Novanta ad oggi:

- 1991, 1992 e 1993 pozzi denominati C#, G#, L#, P# e TC#;
- 1993 pozzi denominati T# e RW01;
- 1995: pozzo denominato RW02;
- 2001 pozzi denominati AB#PZ;
- 2003 e 2004 (in parte) pozzi denominati S#;
- 2000 ÷ 2012 pozzi denominati RW#, GAPZ#, GACW#, GATW# e SK#.

In **Tavola 1** è illustrata l'ubicazione dei pozzi presenti in Raffineria.

### 3.1 Pozzi di monitoraggio afferenti ai sistemi di contenimento idraulico

Il Protocollo, per ciascun sistema di contenimento idraulico della falda, individua una serie di pozzi di monitoraggio finalizzati alla valutazione della efficienza idraulica e chimica dei sistemi.

I punti di controllo e i piezometri previsti ad integrazione della rete di monitoraggio, specificati nelle tabelle seguenti, sono stati selezionati di comune accordo con le Autorità locali nel corso dell'incontro del 5 maggio 2014.

#### 3.1.1 Area contrattori/candele e area impianti

Il sistema di MISE è costituito da una barriera idraulica formata da cinque pozzi di emungimento disposti in prossimità del confine fiscale della Raffineria trasversalmente rispetto all'andamento del corso del torrente Cantera.

**Tabella 2: Barriera idraulica Cantera**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW01 RW03÷06	AB117PZ TC19	AB118PZ AB119PZ AB126PZ GAPZ01 L09	GAPZ02 GAPZ03 GAPZ04 S15PZ	AB117PZ TC19	AB118PZ GAPZ01	GAPZ02 GAPZ03 GAPZ04 S15PZ

#### 3.1.2 Area esterna stoccaggio nord

Il sistema di MISE insiste nell'area denominata Punta Cugno ed è costituito da una serie di trincee drenanti (quattro) ubicate nella parte settentrionale dell'area (trincee Punta Cugno nord) e dotate ciascuna di una coppia di pozzi di emungimento della falda (RW71÷72, RW73÷74, RW75÷76 e RW77÷78) associati ad altrettanti pozzi di recupero della fase libera e da una serie di trincee drenanti (due) ubicate nella parte



meridionale dell'area (trincee Punta Cugno sud) e dotate di due coppie di pozzi di emungimento della falda (RW61÷62 e RW63÷65).

Inoltre, nella parte settentrionale dell'areale, a metà circa dello sviluppo delle trincee, sono presenti ulteriori due pozzi di emungimento attrezzati con sistemi di tipo *total fluid* (AB187PZ e GACW8A).

In generale tutte le trincee sono disposte in adiacenza al confine di proprietà della Raffineria. Le trincee sono approfondite per 2 m al di sotto del piano campagna ("p.c.") raggiungendo la quota assoluta pari a circa -1 m s.l.m..

**Tabella 3: Pozzi e trincee drenanti Punta Cugno nord**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW71÷72	AB142PZ	GAPZ41	Eventuale installazione di nuovi piezometri	AB142PZ	GAPZ41	Eventuale installazione di nuovi piezometri
RW73÷74		GAPZ42			GAPZ42	
RW75÷76		GAPZ43			GAPZ43	
RW77÷78	AB140PZ	GAPZ44		AB140PZ	GAPZ44	
AB187PZ GACW8A		GAPZ28				

**Tabella 4: Sistema di trincee drenanti Punta Cugno sud A e sud B**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW61÷62 RW63÷65	AB186PZ S43PZ	GAPZ27 GAPZ37 GAPZ38 GAPZ39 GAPZ40 GATW05÷07	Eventuale installazione di nuovi piezometri	AB186PZ GACW7A÷C S43PZ	GAPZ27 GAPZ37 GAPZ38 GAPZ39 GAPZ40	Eventuale installazione di nuovi piezometri

La disposizione dei sistemi rispetto ai confini di Raffineria non permette l'individuazione di punti di monitoraggio di valle; per questo motivo, in accordo con le Autorità locali, è prevista la realizzazione di un piezometro di monitoraggio di valle per ciascuna trincea; tali piezometri saranno eseguiti in aree esterne alla Raffineria dopo il ricevimento di un riscontro positivo da parte delle Autorità locali che ne verificheranno la fattibilità.

### 3.1.3 Area Marcellino

Il sistema di MISE è costituito da una barriera idraulica formata da sei pozzi di emungimento (inclusendo anche pozzi attrezzati con sistemi tipo *total fluid*).



La barriera è disposta in adiacenza al confine della Raffineria lungo la sponda sinistra del fiume Marcellino.

**Tabella 5: Barriera idraulica Marcellino**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW81 AB185PZ GAPZ13 GAPZ15 GAPZ47÷48	GAPZ49	AB185BISPZ GAPZ14	Nota sotto	AB136PZ GAPZ49	AB185BISPZ GAPZ14	Nota sotto

Nota: la disposizione dei sistemi rispetto al confine di Raffineria e all'alveo del fiume Marcellino impedisce la presenza di punti di monitoraggio di valle.

### 3.1.4 Area pontile

Il sistema di MISE è costituito da due barriere idrauliche e sei trincee drenanti dotate ciascuna di uno o più pozzi di emungimento (RW41÷46). In aggiunta, nelle vicinanze delle stesse trincee, sono presenti tre ulteriori pozzi di emungimento attrezzati con pompe di tipo *total fluid* (AB180PZ, AB182PZ e P12PZ).

Una delle due barriere idrauliche è costituita dal pozzo di emungimento RW54 ed è posta in adiacenza del confine di Raffineria che si affaccia nella foce del fiume Marcellino.

La seconda barriera idraulica è formata da pozzi di tipo *dual pump* (RW41÷46) ed è afferente ad un più ampio sistema di recupero dell'eventuale fase libera surnatante (SK101÷115), posto in adiacenza alla vasca di raccolta acque denominata Furlanis (che è parte dell'impianto API *separator* di cui è munita la Raffineria).

**Tabella 6: Barriera idraulica Furlanis**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW41÷46	GAPZ20 P22PZ	SK101÷115	AB180PZ AB181PZ Nuovo piezometro	GAPZ20 P22PZ	GACW5A÷B	AB180PZ AB181PZ Nuovo piezometro

In accordo con le Autorità locali, è prevista la realizzazione di un piezometro di monitoraggio di valle in posizione intermedia tra AB180PZ e AB181PZ.

A nord della barriera idraulica Furlanis, sono presenti tre trincee drenanti: trincee pontile 1a e 1b e trincea RW02.

Le trincee pontile 1a e 1b, approfondite per 2 m al di sotto del p.c., sono disposte fronte mare in adiacenza al confine di proprietà.

**Tabella 7: Pozzo barriera RW54 e sistema di trincee drenanti pontile 1a e 1b**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW51÷54	AB008PZ P08PZ S32PZ	AB178PZ SK021÷023	Nuovi piezometri	AB008PZ S32PZ	AB009PZ AB178PZ SK021÷023	Nuovi piezometri



In accordo con le Autorità locali, è prevista la realizzazione di due piezometri di monitoraggio di valle per la verifica chimica.

La trincea drenante RW02, di più antica realizzazione rispetto alle precedenti, è approfondita per 3 m circa al di sotto del p.c. ed è disposta fronte mare in adiacenza al confine di proprietà.

**Tabella 8: Trincea drenante RW02**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW02	AB050PZ AB183PZ	T3 T6	Nuovo piezometro	AB050PZ P21PZ	AB179PZ	Nuovo piezometro

Nota: i piezometri T sono pozzi per la verifica del livello idrico in trincea

In accordo con le Autorità locali, è prevista la realizzazione di un piezometro di monitoraggio di valle.

A sudovest della barriera idraulica Furlanis sono presenti tre trincee dotate di pozzi di emungimento (trincee SO pontile 2a, 2b e 2c).

**Tabella 9: Trincea drenante SO pontile 2a**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW31÷33	AB188PZ	GAPZ16 GATW01 GATW02	GAPZ34	AB188PZ	GAPZ16	AB111PZ GAPZ35

**Tabella 10: Trincea drenante SO pontile 2b e 2c**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW34÷36	P31PZ	GACW3A÷C GAPZ19 GATW03 GATW04	GAPZ36 S33PZ	GACW3 P31PZ	GAPZ19	GACW4A÷D P12PZ

### 3.1.5 Area stoccaggio est

Il sistema di MISE è costituito da una trincea drenante dotata di sei pozzi di emungimento (RW21÷26) (trincea L2) e una barriera idraulica costituita da ulteriori 5 pozzi di emungimento (RW07÷11) (barriera area metano).

La trincea denominata L2 intercetta le acque di infiltrazione provenienti dalla parte centrale e più rilevata della Raffineria e non intercetta l'acquifero che si sviluppa più a est.

La barriera area metano intercetta l'acquifero ed è posizionata in vicinanza del suo limite occidentale.

In questa porzione dell'area, la geometria dell'acquifero, peraltro confinato lateralmente anche dalla barriera fisica posta nell'adiacente area Enel, il campo di moto della falda è tale per cui il piezometro AB106PZ risulta essere posto a valle idrogeologica di entrambi i sistemi di MISE.





**Tabella 11: Trincea drenante L2 e barriera idraulica area metano**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW21÷26 RW07÷11			AB091PZ AB106PZ GAPZ45 L05BISPZ Nuovo piezometro	L02BIS		GAPZ45 AB091PZ AB106PZ L05BISPZ Nuovo piezometro

In accordo con le Autorità locali, è prevista la realizzazione di un piezometro di monitoraggio di valle.

### **3.1.6 Area stoccaggio ovest**

Il sistema di MISE è costituito da una barriera idraulica da quattro pozzi, ubicati a valle del serbatoio TK212, attrezzati con sistemi tipo *total fluid* e disposti in adiacenza del limite di proprietà lungo la sponda sinistra del torrente Cantera.

**Tabella 12: Barriera idraulica TK212**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
GAPZ30÷33	AB079PZ		AB112PZ	AB079PZ		AB112PZ AB122PZ

Su indicazione delle Autorità locali (incontro tecnico del 5 maggio 2014), il pozzo di monitoraggio AB122PZ è stato individuato sia come punto di verifica idraulica che di verifica chimica della qualità delle acque sotterranee rispetto alla barriera TK212.

Si ritiene tuttavia che, per la sua ubicazione rispetto ai pozzi di emungimento GAPZ30÷33 e al flusso di falda a monte di questa, il pozzo AB122PZ non rappresenti la zona di valle idrogeologica ascrivibile in modo diretto e univoco alla barriera idraulica TK212. Il flusso sotterraneo che drena attraverso la barriera ha, infatti, direzione prevalente da nord verso sud; questo flusso diretto verso sud alimenta lateralmente l'acquifero impostato al di sotto della valle del torrente Cantera; in pianta la fascia lungo cui avviene l'alimentazione è posta in corrispondenza dell'alveo del torrente Cantera (perlomeno per quanto riguarda la zona della barriera). L'acquifero impostato al di sotto della valle del torrente Cantera ha direzione di flusso prevalente da ovest verso est ed è intercettato dal pozzo di monitoraggio AB122PZ. Il pozzo si trova pertanto in posizione di valle idrogeologica rispetto alla zona in cui avviene l'alimentazione laterale dall'area stoccaggio ovest (posta a nord del torrente).

Ne consegue che il livello della falda misurato nel pozzo AB122PZ è a tutti gli effetti rappresentativo del livello dell'acquifero della valle del Cantera e risulta esterno all'area di influenza esercitata dalla barriera idraulica.

In modo analogo, la qualità chimica dell'acqua intercettata dal pozzo di monitoraggio AB122PZ risente dell'apporto del flusso della falda che proviene da ovest lungo l'acquifero della valle del Cantera e che non è ascrivibile in modo diretto al flusso laterale proveniente dall'area stoccaggio ovest.

Si ritiene pertanto più opportuno non includere in futuro tale pozzo nella **Tabella 12** in quanto non riferibile in modo univoco alla barriera TK212 sia per la verifica idraulica che per la verifica chimica delle acque sotterranee.



Inoltre il pozzo AB122PZ è stato incluso tra gli interventi di Messa in Sicurezza Operativa ("MISO"). Nel dettaglio il progetto di MISO<sup>2</sup> prevede che questo pozzo sia parte di un sistema di iniezione di acqua sovrassatura di ossigeno (*Pressured Aeration Tower* "PAT") finalizzato all'accelerazione dei processi di biodegradazione aerobica naturali della contaminazione disciolta all'interno dell'acquifero.

---

<sup>2</sup> Relazione Golder 08508460104/2797 Rev.1 "Progetto di Messa in Sicurezza Operativa (MISO) ai sensi del D.Lgs. 152/06 e 4/08 Revisione 1 - *Risposte alle osservazioni della Conferenza dei Servizi Decisoria del 22.12.2010 - Attività di pre-istruttoria con Provincia di Siracusa e ARPA Siracusa (settembre 2011 – aprile 2012)*", aprile 2012; trasmesso alle Autorità l'11 maggio 2012.



## **4.0 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO**

Il monitoraggio si articola in una serie di attività di verifica svolte prevalentemente in campo, secondo una frequenza definita o in funzione dei riscontri delle attività di controllo sui sistemi di MISE e sui pozzi di monitoraggio.

In **Tabella 13** è riportata la sintesi dei controlli e delle verifiche svolte e la loro frequenza.

### **4.1 Verifiche impiantistiche e manutenzione**

L'attività di verifica impiantistica dei pozzi di emungimento e dei pozzi di recupero prodotto è svolta attraverso il controllo dei seguenti parametri:

- stato di funzionamento delle pompe di emungimento;
- configurazione dei livelli di start-stop;
- frequenza degli inverter di comando delle pompe;
- pressione della tubazione di adduzione;
- portata dei pozzi di emungimento;
- stato di usura delle valvole e di funzionamento dei sensori di livello, dei misuratori e dei trasmettitori di portata;
- livello piezometrico;
- misura periodica del fondo-foro dei pozzi e dei piezometri di monitoraggio associati.

Gli esiti delle verifiche in campo sui pozzi di emungimento sono riportati nelle tabelle in **Appendice 1**. Le tabelle riportano, oltre alla tabella delle caratteristiche costruttive dei pozzi in emungimento, i seguenti dati per il periodo gennaio – giugno 2014:

- portata di progetto del pozzo;
- eventuale tempo di inattività del pozzo dovuto a scarso battente di acqua al suo interno (in percentuale rispetto al periodo);
- eventuale tempo in fuori servizio (in percentuale rispetto al periodo);
- tempo di funzionamento del pozzo (in percentuale rispetto al periodo);
- portata media nel periodo;
- volume di acqua emunto nel periodo.

Una tabella conclusiva illustra i dati cumulati per l'intero semestre.

### **4.2 Verifiche idrauliche**

Le attività di verifica idraulica prevedono rilievi della soggiacenza del livello della falda e dell'eventuale prodotto idrocarburico surnatante con cadenza quindicinale, per quanto riguarda i pozzi ubicati in corrispondenza dei sistemi di MISE e con cadenza semestrale per quanto riguarda tutti i pozzi presenti in Raffineria.

#### **4.2.1 Rilievo piezometrico quindicinale**

I rilievi piezometrici a cadenza quindicinale sono stati svolti nelle seguenti settimane (viene indicata la data del primo giorno della campagna): 7 e 20/01, 3 e 18/02, 3 e 21/03, 31/03 e 14/04, 5 e 19/05, 3 e 16/06.



Per ciascun mese sono forniti i dati di un rilievo con cui sono elaborate le mappe piezometriche che illustrano l'andamento della superficie di falda nelle aree dove sono ubicati i sistemi di MISE.

I dati dei rilievi utilizzati sono riportati da **Tabella 14** a **Tabella 19**.

Le mappe piezometriche sono riportate nelle figure in **Appendice 2**.

Le oscillazioni maggiori del livello di falda sono state riscontrate nelle aree contrattori/candele e stoccaggio ovest dove la quota della falda si è innalzata nel periodo tra gennaio e febbraio di circa 1 m e quindi si è progressivamente abbassata nei mesi successivi.

In area Marcellino nello stesso periodo l'innalzamento e il successivo abbassamento sono stati di circa 0,1 m.

In area stoccaggio est (trincea L2 e barriera metano) il livello della falda ha avuto due periodi di progressivo abbassamento (tra gennaio e febbraio e aprile) a cui sono seguiti due periodi di innalzamento (marzo e tra maggio e giugno).

Nelle aree dove l'acquifero è in diretta connessione con il mare e dove è assente o ridotta l'alimentazione laterale da acquiferi adiacenti (area esterna stoccaggio nord e area pontile), l'oscillazione della falda è stata ridotta o assente.

### 4.2.2 Rilievo piezometrico semestrale

Il rilievo piezometrico a cadenza semestrale è stato svolto nel periodo dal 19 al 23 maggio; nel rilievo sono stati inclusi i dati per i pozzi AB213PZ e AB215PZ (misurati il 24 aprile).

I dati del rilievo piezometrico semestrale, presentati in **Tabella 20**, sono stati utilizzati per ricostruire il campo di moto della falda per l'acquifero superficiale, così come illustrato nella mappa piezometrica riportata in **Tavola 3**.

Nel settore della valle del fiume Marcellino l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni e in misura minore dal flusso sotterraneo proveniente da monte idrogeologico (ovest) che è verosimilmente indotto dagli apporti del corso d'acqua quando non in secca. La quota della falda superficiale di tipo libero è attestata mediamente tra il livello marino e circa 1 m s.l.m. di quota anche se a determinare tale livello è in parte l'andamento della base dell'acquifero in corrispondenza del margine meridionale del settore (pozzo di monitoraggio AB136PZ) che tende ad innalzarsi progressivamente in direzione del fianco destro della valle. L'analisi della serie storica di misure di soggiacenza evidenzia come non vi siano sostanziali oscillazioni del livello della superficie della falda nell'area della Raffineria (posta in destra del corso d'acqua) in quanto in questo tratto l'alveo fluviale è perennemente invaso dall'acqua marina che determina un vincolo all'oscillazione della falda a monte. Il campo di moto della falda ha orientazione est-ovest in direzione est ed è localmente influenzato dalla depressione indotta dai sistemi di contenimento idraulico che sono disposti lungo il confine di Raffineria sulla sponda del corso d'acqua.

Nel settore della valle del torrente Cantera l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni e dal flusso sotterraneo proveniente da monte idrogeologico (ovest).

I dati di soggiacenza disponibili per la zona di monte della valle del Cantera (area stoccaggio ovest) indicano una componente di deflusso orientata da nordovest verso sud-sudest. Il flusso è poi influenzato localmente dalla presenza dei sistemi di emungimento ubicati a valle idrogeologica del serbatoio TK212. Il gradiente della falda per la porzione di acquifero posta in corrispondenza dell'area stoccaggio ovest è pari a circa 0,003.

I dati di soggiacenza per l'area posta a sud e sudest dell'impianto LUBE 2 indicano la presenza di una componente di flusso formato da acque di infiltrazione superficiale orientata da nord verso sud in direzione del torrente Cantera. La direzione del flusso in quest'area è controllata dall'andamento del substrato impermeabile dell'acquifero: questo risulta immergente verso sud-sudest sviluppandosi tra circa 11 m s.l.m. (S16) e -4 m s.l.m. (AB119PZ). La presenza dei pozzi di emungimento presenti in sinistra idrografica del torrente Cantera determina l'abbassamento della superficie di falda e il suo conseguente richiamo. Inoltre, il



diaframma di confinamento fisico, ubicato nell'adiacente proprietà ENEL lungo il confine verso la Raffineria, crea l'effetto di un limite impermeabile con conseguente rotazione del flusso di falda parallelamente al medesimo limite e orientato nord - sud.

Nell'area a sud del torrente Cantera (area contrattori e area candele poste in destra idrografica del torrente) il flusso della falda ha direzione generale da ovest verso est (verso la linea di costa, distante dal confine della Raffineria circa 900 m). In questo tratto il gradiente della falda diminuisce da monte (ovest) verso valle (est): a monte tra il confine occidentale della Raffineria e la parte centrale della valle del torrente è pari a circa 0,015, mentre a valle è pari circa 0,003.

Nel settore lungo la fascia costiera che corrisponde alle aree pontile e di Punta Cugno l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni, ricevendo deboli o nulli apporti sotterranei dai complessi adiacenti. Il livello di falda in corrispondenza della fascia litoranea è attestato intorno al livello medio marino. La direzione di flusso della falda è est - ovest verso la linea di costa. Il gradiente idraulico della falda è pari a circa 0,005 ed è localmente nullo a ridosso della linea di costa.

### **4.2.3 Sezioni idrogeologiche**

I dati del rilievo piezometrico semestrale sono stati utilizzati per illustrare il livello della superficie di falda nelle sezioni idrogeologiche riportate nelle tavole di **Appendice 3**.

Le sezioni illustrano l'assetto idrogeologico del sottosuolo e l'andamento della quota del livello di falda in funzione della presenza dei sistemi di confinamento idraulico. Le sezioni sono disposte in senso longitudinale rispetto allo sviluppo planimetrico dei sistemi e, dove presenti pozzi di monte e di valle idrogeologico, anche in senso trasversale.

Nelle sezioni idrogeologiche, le formazioni sedimentarie del sottosuolo sono state suddivise in quattro unità idrogeologiche di riferimento:

- Unità a prevalente sabbia e ghiaia con ciottoli con basso tenore della matrice limosa. Questa unità caratterizza i depositi fluviali. La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  m/s;
- Unità a prevalente sabbia (da fine a grossa) con un tenore variabile in limo. Questa unità caratterizza in prevalenza i depositi litorali, dall'area di Punta Cugno a nord all'area pontile a sud, ed è in parte inclusa nei depositi fluviali (ad es. sezione barriera Cantera). La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m/s;
- Unità a prevalente limo sabbioso e/o limo argilloso. Questa unità comprende i depositi intercalati in livelli e o lenti all'interno dei depositi fluviali (ad es. sezione barriera Cantera e barriera Marcellino) e in parte all'interno dei depositi litorali (ad es. sezione trincee e pozzi in pontile 2); l'unità è inoltre presente come formazione di passaggio ai sottostanti depositi dell'unità argillosa (ad es. sezione barriera Metano e trincea L2). La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  m/s;
- Unità a prevalente argilla limosa e/o argilla sabbiosa. Questa unità costituisce la base dell'acquifero superficiale ed è illustrata in tutte le sezioni idrogeologiche. Localmente questa unità è presente in lenti all'interno dell'unità a prevalente limo sabbioso. La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-6}$  e  $10^{-8}$  m/s.

Le unità sopra descritte sono diffusamente coperte da un livello di terreno di riporto che spesso è costituito da terreno naturale rimaneggiato.

Per quanto riguarda la falda, le sezioni idrogeologiche riportano:

- il livello medio della falda (in m s.l.m.) per i pozzi dove sono state eseguite periodiche misure di soggiacenza nel periodo tra gennaio e giugno 2014;
- il livello della falda (in m s.l.m.) a maggio 2014 per quei pozzi dove è stato eseguito la misura di soggiacenza della falda solo nel corso del rilievo piezometrico generale effettuato a maggio.



Per quanto riguarda i pozzi, le sezioni illustrano i tratti di tubazione cieca e quelli di tubazione fessurata.

Ulteriori informazioni riportate nelle sezioni riguardano la profondità in m rispetto al piano campagna dei limiti stratigrafici tra le diverse unità idrogeologiche.

### *Barriera idraulica Cantera*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est). Il livello medio della falda in condizioni dinamiche risente dell'influsso dei pozzi di emungimento e in particolare risulta più alto a nord del pozzo RW05 rispetto alla porzione meridionale.

In sinistra idrografica del torrente Cantera, i pozzi di emungimento RW01, RW03 e RW05 inducono l'abbassamento del livello di falda di circa 1 m sino alla quota, stimata intorno a 2,5 m s.l.m., che la falda assume in destra idrografica per effetto dell'interferenza tra i pozzi RW05 e RW06.

In destra idrografica, l'abbassamento della falda indotto dai pozzi RW04 e RW06 è in media di circa 0,3 m rispetto al livello in condizioni indisturbate che si rileva nei piezometri S15PZ e GAPZ05.

### *Trincee drenanti e pozzi Punta Cugno nord*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dalle quattro trincee drenanti e dall'azione dei pozzi di emungimento. L'azione congiunta dei sistemi induce un abbassamento medio compreso tra circa 0,3 m e 0,5 m che si estende lungo tutta la porzione di acquifero su cui si sviluppano i sistemi e che è favorito dal ridotto gradiente idraulico della falda.

### *Trincee drenanti e pozzi Punta Cugno sud*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dalle due trincee drenanti e all'azione dei pozzi di emungimento. L'azione congiunta dei sistemi induce un abbassamento medio compreso tra circa 0,3 m e 0,5 m che anche in questo caso si estende lungo tutta la porzione di acquifero su cui si sviluppano i sistemi e che è favorito dal ridotto gradiente idraulico della falda.

### *Barriera idraulica Marcellino*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione media del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda approssima il livello del pelo libero dell'acqua ospitata nell'alveo del fiume Marcellino e che è intorno a 0 m s.l.m.. L'abbassamento medio esercitato dai sistemi sulla superficie della falda è dell'ordine di qualche decimetro, sufficiente a indurre gradienti idraulici in direzione della barriera.

### *Barriera idraulica Furlanis*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione media del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dall'azione dei pozzi di emungimento che induce un abbassamento medio di circa 0,8 m se si considera il livello medio nel piezometro S34 esterno all'influenza della barriera.

### *Trincee drenanti e pozzi pontile 1*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est) e include le trincee drenanti pontile 1 a, 1b ed RW02.



Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dalle tre trincee drenanti e all'azione dei pozzi di emungimento. L'azione congiunta dei sistemi induce un abbassamento medio compreso tra circa 0,3 m e 0,5 m rispetto al piezometro S34 a sud e al livello medio marino.

L'influenza esercitata dai sistemi si estende lungo tutta la porzione di acquifero ed è favorita dal ridotto gradiente idraulico della falda.

#### *Trincee drenanti e pozzi pontile 2*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est) e include le trincee drenanti pontile SO 2a, 2b, e 2c.

Per quanto riguarda le trincee 2b e 2c, il livello medio della falda è soggetto alla loro influenza e all'azione dei pozzi di emungimento. L'azione congiunta dei sistemi induce un abbassamento medio compreso 0,8 m e 1,2 m rispetto al piezometro S33 e al livello medio marino.

Per quanto riguarda la trincea 2a, il livello medio rappresentato in sezione all'interno della trincea (GATW01 e GATW02) risulta superiore al livello riscontrato nei piezometri esterni. Questa differenza, osservata solo in parte dei rilievi effettuati, è dovuta al fatto che i piezometri esterni attraversano, oltre ai depositi fini superficiali su cui è posta la trincea, anche i sottostanti depositi permeabili dell'acquifero, mentre il livello in trincea è misurato su piezometri fenestrati solo all'interno di questa.

La marcata differenza di conducibilità idraulica tra l'interno della trincea e i depositi a lato permette alla trincea di drenare la porzione superficiale della falda ospitata nei depositi fini, mentre il contenimento idraulico della falda ospitata nei sottostanti depositi sabbiosi è operato dai due pozzi di emungimento RW31 e RW33 (mentre RW32 è un pozzo di *dewatering* interno alla trincea).

#### *Trincea drenante L2*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di filtrazione delle acque sotterranee (da ovest verso est). L'azione della trincea e dei pozzi è quella di drenare le acque che filtrano attraverso la copertura superficiale lungo il versante su cui è stata realizzata la trincea (*dewatering*). Come si evince dalle caratteristiche del sottosuolo (in sezione è riportata una schematizzazione derivante dal profilo stratigrafico realizzato lungo un solo sondaggio geognostico disponibile), la trincea non interessa l'acquifero litorale che si sviluppa lateralmente più a est.

#### *Barriera idraulica*

La sezione è orientata circa est – ovest ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di filtrazione delle acque sotterranee (da nordovest verso sudest). L'azione della barriera (in particolare dei pozzi RW07, RW08 e RW09) è quella di drenare le acque che filtrano attraverso la copertura superficiale del versante posto a monte della barriera (*dewatering*) e (con i pozzi RW09 e RW10) intercettare il flusso della falda ospitata nella porzione marginale dell'acquifero litorale.

#### *Barriera idraulica TK212*

La sezione è orientata ovest – est ed è ortogonale alla direzione del flusso di falda (da nord a sud).

La barriera produce l'abbassamento della superficie di falda sino alla base dell'acquifero. L'abbassamento medio esercitato dalla barriera sulla superficie della falda varia tra qualche decimetro a circa 2 m.

### **4.3 Verifiche degli impianti di recupero prodotto**

Le attività di verifica prevedono la misura degli spessori e delle quantità recuperate di idrocarburi in fase libera (prodotto).

Le misure di spessore di prodotto sono riportate unitamente ai dati di soggiacenza del livello di falda (vedi paragrafo 4.2).





#### **4.3.1 Aree con presenza di prodotto e quantità recuperata**

La distribuzione dei pozzi in cui è stata rilevata la presenza di prodotto nel corso del rilievo piezometrico di tutti i pozzi di Raffineria (maggio 2014) è illustrata in **Tavola 4**.

Dall'esame delle misure aggiornate al rilievo dello presenza di prodotto di maggio 2014 e dalle misure dei rilievi effettuati nello stesso mese nei pozzi di recupero denominati SK (dati riportati in **Tabella 21**) è stata evidenziata la presenza di prodotto idrocarburico surnatante la falda nei pozzi indicati nel seguito.

- Area contrattori/candele e area impianti: presenza di velo o tracce nei piezometri, AB119PZ, AB124PZ, AB125PZ, AB126PZ, GAPZ11 e L09 e nei pozzi di emungimento RW01, RW03 e RW06;
- area Marcellino: presenza di velo o tracce in AB185PZ e nel pozzo di emungimento GAPZ47; presenza di prodotto con spessore centimetrico nel pozzo di emungimento RW81;
- area pontile (costiera e Furlanis): presenza di velo o tracce in AB183PZ, GAPZ20, P06PZ, S33PZ, S34PZ, GATW03, nei pozzi di recupero prodotto SK102, SK103, SK106, SK108, SK111, SK113 e SK114, nei pozzi di emungimento RW34, RW35, RW36, RW41, RW42, RW43, RW44, RW45, RW46 e RW54; presenza di prodotto con spessore centimetrico in SK105 e nel pozzo di emungimento RW51;
- area esterna stoccaggio nord (Punta Cugno): presenza di velo o tracce nei pozzi di monitoraggio AB142PZ, AB187PZ, GAPZ28, GAPZ29, GAPZ42, GAPZ43, nei pozzi di recupero prodotto SK33, SK34, SK35, SK36 e nei pozzi di emungimento RW61, RW73, RW74, RW76 e RW77; presenza di prodotto con spessore centimetrico nei pozzi di emungimento RW72 e RW75;
- area stoccaggio est: presenza di velo o tracce nei piezometri AB013PZ, AB063PZ, AB087PZ, AB089PZ, L5, S26PZ e P29PZ e nei pozzi di emungimento RW10 e RW11; presenza di prodotto con spessore centimetrico in GAPZ46;
- area stoccaggio ovest (TK212): presenza di velo o tracce nei piezometri AB096PZ, AB097PZ, AB098PZ, GAPZ06, GAPZ07, GAPZ33, S12PZ, C5 e C7.

Le aree dove è stata riscontrata la presenza di prodotto surnatante con spessore centimetrico sono attualmente in sicurezza mediante i sistemi di MISE di Raffineria, in particolare i pozzi GAPZ46, RW51, RW72 e RW75 sono attrezzati con sistemi di pompaggio e recupero.

Da un confronto tra i dati storici, con riferimento al rilievo generale precedente (dicembre 2013), è possibile notare che:

- non è più stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB064PZ, RW05, RW71, GAPZ36, GACW8A, SK32, SK109 e G5;
- lo spessore di prodotto surnatante si è ridotto a velo o tracce nei pozzi RW45, RW46 e SK108;
- è stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB087PZ, GAPZ43, SK35 e C7;
- è stato riscontrato prodotto con spessore centimetrico nel pozzo attrezzato con skimmer attivo SK105 e nei pozzi in cui sono installati sistemi di recupero del prodotto GAPZ46, RW51, RW72 e RW75.

Per quanto riguarda il recupero del prodotto surnatante, i volumi di prodotto estratti fino a giugno 2014 mediante le diverse tipologie di installazioni presenti in Raffineria sono i seguenti:

- volume di prodotto recuperato a partire da febbraio 2006 mediante i sistemi fissi installati nell'ambito dell'ASC – Step I (*skimmer* attivi denominati SK): 1669,7 m<sup>3</sup>;
- volume di prodotto recuperato a partire da aprile 2004 mediante i sistemi puntuali di recupero prodotto (*skimmer* attivi, *total fluid*, *skimmer* passivi): 168,7 m<sup>3</sup>;





- volume di prodotto recuperato a partire da marzo 2010 mediante eiettore: 5,1 m<sup>3</sup>;
- totale prodotto recuperato a partire da aprile 2004: 1843,5 m<sup>3</sup>

I dati relativi ai volumi di prodotto recuperato dai sistemi puntuali (*skimmer* attivi e passivi e *total fluid*) sono riportati in **Tabella 22**.

Dal mese di marzo 2010 è attivo un sistema integrativo di recupero prodotto mediante eiettore che consente di recuperare localmente il prodotto accumulato nel pozzo di emungimento attraverso l'induzione di una depressione su di un tubo di aspirazione.

Nel periodo marzo 2010 – giugno 2014 l'attività di recupero prodotto mediante eiettore ha interessato i seguenti pozzi di emungimento: RW51, RW53, RW54, RW72, RW73, RW74, RW75, RW76, RW81.

Si precisa che gli interventi di recupero prodotto vengono attivati in funzione degli spessori di prodotto rilevati nel corso delle attività di monitoraggio e sulla base delle valutazioni sito specifiche condotte in campo.

A partire dal 13 aprile 2011, come richiesto dalla Provincia Regionale di Siracusa con ordinanza n. 18/2011, il prodotto idrocarburico recuperato e separato dall'acqua, che prima veniva riutilizzato nel ciclo produttivo di Raffineria, è stato smaltito come rifiuto ai sensi della normativa vigente, con codice CER 050105\*.

#### **4.4 Verifiche chimiche**

La verifica chimica in accordo al Protocollo è fatta attraverso il campionamento dell'acqua sotterranea dei pozzi presenti in Raffineria.

L'attività di campionamento è stata condotta nei seguenti periodi:

- 9 e 10 giugno;
- 20 giugno – 24 luglio.

Le attività hanno riguardato lo spurgo e il campionamento dei pozzi di Raffineria in condizione di essere campionati.

Le attività sono state eseguite secondo quanto indicato nel "Protocollo di monitoraggio idrochimico e piezometrico" del maggio 2014 e in accordo con le indicazioni contenute nel Protocollo generale per il SIN Priolo.

Il campionamento delle acque è stato eseguito secondo le modalità di seguito riportate:

- rilievo con sonda ad interfaccia per la misura della soggiacenza dell'acqua sotterranea o, in caso di presenza di prodotto surnatante nel pozzo, per la misura della soggiacenza del prodotto e dell'interfaccia tra acqua e prodotto;
- spurgo dell'acqua presente nel pozzo di monitoraggio (solo nei pozzi non interessati dalla presenza di prodotto surnatante);
- determinazione dei parametri chimico-fisici delle acque sotterranee (conducibilità elettrica, temperatura, potenziale redox, pH, ossigeno disciolto, Fe<sup>++</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mn<sup>++</sup>, composti organici volatili – VOC a testa pozzo, TST<sup>3</sup>), nel corso delle attività di spurgo;
- campionamento dinamico eseguito con metodologia *low-flow* (portata minore di 0,5 l/min). Laddove non è stato possibile effettuare il campionamento in modalità dinamica a causa della limitata produttività del

<sup>3</sup> Il Test dello Spazio di Testa (TST) permette di rilevare in modo speditivo alcune informazioni preliminari circa l'eventuale livello di contaminazione da composti organici volatili (COV) di un campione di acqua o di terreno.



pozzo è stato eseguito il campionamento in modalità statica mediante campionatori manuali monouso (*bailer*), ad eccezione dei pozzi con battente idraulico insufficiente;

Nel corso del campionamento sono stati prelevati n° 192 campioni di acqua sotterranea. Tra questi sono stati campionati in contraddittorio con ARPA SR i campioni: AB002PZ, AB106PZ, AB141PZ, GACW2C, GAPZ15, GAPZ45, GAPZ49, RW62 e S37PZ.

Non è stato possibile campionare o analizzare n° 99 pozzi a causa della scarsa ricarica dell'acquifero, della presenza di prodotto idrocarburico surnatante o per la temporanea inaccessibilità ad alcuni pozzi.

### 4.4.1 Analisi chimiche di laboratorio

I campioni di acqua sotterranea prelevati sono stati analizzati dal laboratorio Chelab S.r.l. di Resana (TV).

I parametri chimici oggetto di analisi chimiche di laboratorio rispecchiano la "short list" riportata nella Tabella 7.2 del Protocollo generale per il SIN Priolo, integrata con cianuri liberi e PCB non inclusi nella medesima "short list".

I risultati delle analisi chimiche di laboratorio sono riportati in **Tabella 23**.

Le concentrazioni rilevate dalle analisi chimiche sono state confrontate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione ("CSC") riportate nella Tabella 2 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del Decreto Legislativo n.152 del 3 aprile 2006 ("D.Lgs. 152/06").

Per quanto ai parametri ferro e manganese i valori di concentrazione sono confrontati con i valori di fondo naturale scaturiti dallo studio effettuato dall'Ufficio del Commissario Delegato per l'Emergenza Rifiuti e la Tutela delle Acque in Sicilia (dicembre 2005), per l'area dei Monti Iblei compresa tra Targia e le Coste di Gigia della Piana Augusta-Priolo, nella quale rientra il sito in esame.

Per quanto riguarda il parametro Metiliterbutilene ("MtBE") i valori di concentrazione sono confrontati con il range 20 - 40 µg/l indicato nel parere tecnico dall'ISS n°45848 del 12/09/2006 (qui utilizzato senza acquiescenza).

Dal confronto sono stati individuati superamenti dei valori di concentrazione limite per i seguenti parametri (tra parentesi il numero di superamenti totali su 192 analisi):

- metalli: arsenico (37), cromo tot (1), ferro (113), manganese (141), nichel (2), piombo (1) e zinco (2);
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA): benzo(a)antracene (3), benzo(a)pirene (17), benzo(b)fluorantene (1), benzo(g,h,i)perilene (21), dibenzo(a,h)antracene (3) e sommatoria IPA (3);
- idrocarburi aromatici (BTEX): benzene (16) e p-xilene (2);
- idrocarburi alifatici clorurati cancerogeni: triclorometano (1), cloruro di vinile (4), tricloroetilene (1), tetracloroetilene (6) ed esaclorobutadiene (2);
- idrocarburi totali (espressi come n-esano) (56);
- MtBE (1 considerando il limite maggiore pari a 40 µg/l).

Per i parametri arsenico, ferro, manganese, benzene, benzo(a)pirene, benzo(g,h,i)perilene e idrocarburi totali (espressi come n-esano) sono state elaborate mappe in cui sono riportati pozzi con concentrazioni superiori ai valori limite (da **Tavola 5** a **Tavola 11**). La scelta è ricaduta su quei parametri che hanno avuto un numero di superamenti pari ad almeno il 10% sul totale delle analisi svolte a partire dal 2001.

Rispetto ai risultati della campagna annuale precedente (187 campioni analizzati a giugno 2013) si evidenziano le seguenti differenze:



- è diminuito il numero di superamenti rispetto al numero di campioni analizzati per i parametri benzene (3 in meno), benzo(a)pirene (6), benzo(g,h,i)perilene (4), cloruro di vinile (1), idrocarburi tot (n-esano) (10) e p-xilene (1);
- è aumentato il numero di superamenti per i parametri arsenico (8 in più), benzo(b)fluorantene (1), dibenzo(a,h)antracene (2), sommatoria IPA (3) e tricloroetilene (1).

Il superamento dell'MtBE è stato riscontrato nel pozzo AB060PZ (ubicato in area stoccaggio est). Per questo parametro non è possibile un raffronto con la precedente campagna annuale. Tuttavia la serie storica di dati disponibile 2002 – 2008 indica un netto decremento della concentrazione che è progressivamente passata da 21371 µg/l nel 2002 a 1100 µg/l nel 2008 sino all'attuale valore di 182 µg/l a conferma di una situazione di impatto pregresso, antecedente alla dismissione dell'utilizzo di questa sostanza in Raffineria a partire dal 1990.

In aggiunta ai risultati della campagna di giugno che ha coinvolto tutti i pozzi di Raffineria, in **Tabella 24** sono presentati i risultati delle analisi relativi al campionamento trimestrale di marzo 2014. Il campionamento e l'esecuzione delle analisi, previsti dal precedente protocollo, erano infatti già stati realizzati o erano in via di ultimazione nel momento in cui è stato presentato il Protocollo del 2014.

#### 4.4.2 Verifiche chimiche sui sistemi di contenimento idraulico

La verifica chimica sui sistemi di contenimento idraulico della falda è stata fatta tenendo conto dei seguenti parametri di interesse:

- metalli: antimonio, arsenico, ferro, manganese, nichel e piombo;
- BTEX: benzene, etilbenzene, stirene, toluene e p-xilene;
- IPA: benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene benzo(g,h,i)perilene e dibenzo(a,h)antracene;
- idrocarburi totali (n-esano);
- MtBE;
- PCB totali.

I parametri di interesse sono stati selezionati tra quelli che a partire dalle prime analisi disponibili del 2001 (riferite al Piano della Caratterizzazione) e sino alle analisi del giugno 2014 hanno avuto una percentuale di superamenti delle CSC superiore all'uno per cento, includendo anche l'MtBE (**Tabella 25**).

**Tabella 25: Parametri chimici di interesse**

Parametro	Numero Superamenti	Numero Analisi	Percentuale superamento
Manganese	305	353	86,40%
Ferro	242	353	68,56%
Idrocarburi totali (come n-esano)	1199	2953	40,60%
Arsenico	567	2953	19,20%
Benzene	454	2953	15,37%
Benzo[a]pirene	367	2879	12,75%
Benzo[g,h,i]perilene	332	2879	11,53%
Antimonio	54	646	8,36%
Benzo[a]antracene	151	2735	5,52%
p-Xilene	158	2862	5,52%



Parametro	Numero Superamenti	Numero Analisi	Percentuale superamento
Nichel	28	646	4,33%
Piombo	117	2883	4,06%
Toluene	118	2953	4,00%
Benzo[b]fluorantene	84	2879	2,92%
Etilbenzene	78	2953	2,64%
Dibenzo[a,h]antracene	62	2879	2,15%
Stirene	40	2953	1,35%
PCB totali	20	1568	1,28%
MtBE	-	-	-

In **Tavola 12** per ogni sistema di confinamento idraulico sono riportate le tabelle riassuntive delle concentrazioni dei parametri di interesse (quando superiori al limite di rilevabilità).

Le tabelle riassuntive mostrano la variazione delle concentrazioni in funzione della posizione del pozzo rispetto al sistema: monte, interasse e valle (si faccia riferimento alle tabelle del capitolo 3).

#### **4.4.3 Elaborazione statistica dei dati di concentrazione dei parametri di interesse**

Per i contaminanti per i quali, a partire dal 2001 fino al mese di giugno 2014, sono stati riscontrati superamenti dei valori limite di riferimento per percentuali maggiori dell'uno per cento (**Tabella 25**) e, in aggiunta, per l'MtBE si riportano in **Appendice 4** le elaborazioni statistiche di base dei valori di concentrazione.

Le elaborazioni sono state fatte per media aritmetica, mediana, deviazione standard e percentili e i dati sono stati suddivisi in funzione delle differenti aree di Raffineria (inclusa l'area denominata esterna che comprende i pozzi di monitoraggio AB215PZ e AB216PZ posti al di fuori del limite di Raffineria).

Le elaborazioni statistiche sono state predisposte considerando i seguenti periodi di riferimento:

- dal 2001 al 2008;
- dal 2009 alla campagna di giugno 2014 inclusa;
- giugno 2014.

L'anno 2009 è stato selezionato come limite temporale in quanto nel corso di quell'anno sono stati via via completati i pozzi che sono parte del progetto *Augusta Site Containment Step II*.

Analizzando i risultati ottenuti si osserva come nel periodo di riferimento 2009-2014 (inclusa la campagna di monitoraggio di giugno) ci sia stato un miglioramento dei trend di concentrazione per buona parte dei contaminanti nelle differenti aree di Raffineria. In particolare si osserva quanto segue.

##### **Area contrattori/candele**

- Le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli, ad eccezione di ferro e manganese, registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014); peraltro si puntualizza che il ferro e il manganese non sono stati più ricercati nelle acque di tutte le aree di Raffineria a partire dal 2007 fino al mese di giugno 2014 escluso;
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), dell'MtBE e di tutti gli IPA (benzo (a) antracene, benzo (a) pirene, benzo (b) fluorantene (a), benzo (ghi) perilene e dibenzo (a,h) antracene) risultano inferiori nel periodo più recente.



Si osserva infine che nella campagna annuale di giugno 2014 si registrano miglioramenti sostanziali delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi 2001-2008 e 2009-2014, per la maggior parte degli analiti e nel dettaglio per:

- gli idrocarburi totali (media aritmetica pari a 155,5 µg/l vs. 965,746 µg/l del periodo 2001-2008 e 604 µg/l del periodo 2009-2014);
- tutti i BTEX (es. media aritmetica benzene pari a 0,053 µg/l vs. 0,123 µg/l del periodo 2001-2008 e 5,02 µg/l del periodo 2009-2014);
- tutti gli IPA (es. media aritmetica benzo [a] antracene pari a 0,011 µg/l vs. 0,0322 µg/l del periodo 2001-2008 e 0,0142 µg/l del periodo 2009-2014);
- i metalli quali antimonio (media aritmetica 0,5 µg/l), nichel (media aritmetica 4,71 µg/l) e piombo (media aritmetica 1,01 µg/l).

### **Area esterna stoccaggio nord**

- Le medie aritmetiche dei valori di concentrazione dei metalli, quali antimonio e arsenico, registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), in misura maggiore (quasi un ordine di grandezza), dell'MtBE, di tutti i BTEX (con la sola eccezione del benzene), dei PCB totali e di tutti gli IPA (benzo (a) antracene, benzo (a) pirene, benzo (b) fluorantene (a), benzo (ghi) perilene e dibenzo (a,h) antracene) risultano inferiori nel periodo più recente.

Si osserva infine che nella campagna annuale di giugno 2014 si registra un miglioramento generale, a volte sostanziale, delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, per buona parte degli analiti, quali in particolare BTEX, MtBE e idrocarburi totali.

### **Area esterna (comprende i pozzi di monitoraggio AB215PZ e AB216PZ posti al di fuori del limite di Raffineria)**

- Le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), dell'MtBE e di tutti i BTEX risultano inferiori nel periodo più recente.

Si osserva inoltre nella campagna annuale di giugno 2014 un miglioramento generale delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, in particolare per i BTEX, l'MtBE e gli idrocarburi totali.

### **Area impianti**

- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli, con la sola eccezione del manganese, registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), dell'MtBE, di tutti i BTEX (con la sola eccezione del toluene) e gli IPA risultano inferiori nel periodo più recente.

Si osserva che nella campagna annuale di giugno 2014 si registra un miglioramento generale delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, per la maggior parte dei BTEX, l'MtBE e gli IPA.

### **Area Marcellino**

- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli, ad eccezione di ferro e manganese, registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);



- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), dell'MtBE, di tutti i BTEX e gli IPA risultano inferiori nel periodo più recente.

Si osserva che nella campagna annuale di giugno 2014 si registra un miglioramento generale delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, per i BTEX, l'MtBE, gli IPA e per gli idrocarburi totali.

### **Area Pontile**

- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli, con la sola eccezione del manganese, registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), dell'MtBE, di tutti i BTEX e gli IPA risultano inferiori nel periodo più recente.

Si osserva infine che nella campagna annuale di giugno 2014 si registra un miglioramento generale delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, per i BTEX, l'MtBE, gli IPA e per gli idrocarburi totali.

### **Area stoccaggio est**

- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione dell'MtBE, di tutti i BTEX e gli IPA risultano inferiori nel periodo più recente.

Si osserva infine che nella campagna annuale di giugno 2014 si registra un miglioramento delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, per i BTEX, gli IPA e per gli idrocarburi totali (in misura sostanziale).

### **Area stoccaggio nord**

- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli, ad eccezione dell'arsenico, del manganese e del nichel, registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), dell'MtBE, di tutti i BTEX e gli IPA risultano inferiori nel periodo più recente.

Si osserva infine che nella campagna annuale di giugno 2014 si registra un miglioramento delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, in particolare per gli idrocarburi totali, per l'MtBE e per i BTEX.

### **Area stoccaggio ovest**

- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione di tutti i metalli registrano valori inferiori nel periodo più recente (2009-2014);
- le medie aritmetiche dei valori di concentrazione degli idrocarburi totali (come n-esano), dell'MtBE, di tutti i BTEX, gli IPA e i PCB totali risultano inferiori, peraltro in modo sostanziale, nel periodo più recente.

Si osserva infine che nella campagna annuale di giugno 2014 si registra un miglioramento delle concentrazioni con diretto riferimento ad entrambi i periodi, per i BTEX, gli IPA, per l'MtBE e per gli idrocarburi totali (in misura sostanziale).

#### **4.4.4 Andamento nel tempo delle concentrazioni**

Per i contaminanti di interesse, si riportano in **Appendice 5** i diagrammi di concentrazione/tempo per i sistemi di contenimento localizzati all'interno della Raffineria (Barriera Cantera, Trincee Punta Cugno nord,



Trincee Punta Cugno sud A e B, Barriera Furlanis, Barriera Marcellino, Barriera Metano, Trincea Pontile 1, 2a, 2b-2c, Barriera TK212 e Trincea RW02) e per i quali sono stati individuati i piezometri di monte, di interasse e di valle al precedente Paragrafo 3.1 (Verifica chimica). In particolare, per ciascun contaminante e con diretto riferimento ai differenti sistemi di contenimento di Raffineria, si osserva quanto segue.

### **Antimonio**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei differenti sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento sostanzialmente in diminuzione delle concentrazioni nel tempo.

### **Arsenico**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 si registrano superamenti delle CSC:

- per il solo pozzo AB117PZ (pozzo di monte) della Barriera Cantera (40 µg/l);
- per i pozzi RW76 (pozzo di pompaggio), GAPZ41 (pozzo di interasse) e AB140PZ (pozzo di monte) del sistema di Trincee Punta Cugno Nord (rispettivamente 12,3, 15,6 e 20,1 µg/l);
- per il solo pozzo AB186PZ (pozzo di monte) del sistema di Trincee Punta Cugno sud B (50,2 µg/l);
- per una serie di pozzi della Barriera Metano, quali in particolare RW08 (pozzo di barriera), RW10 (pozzo di barriera), RW11 (pozzo di barriera), RW23 (pozzo di barriera), GAPZ45 (pozzo di valle) e L02bis (pozzo di monte) (nel range 33÷109 µg/l);
- per il solo pozzo S32PZ (pozzo di monte) del sistema di Trincee Pontile 1 (15,7 µg/l);
- per il solo pozzo P31PZ (pozzo di monte) del sistema di Trincee Pontile 2b e 2c (17,9 µg/l);
- per il solo pozzo RW02 (pozzo di pompaggio) della Trincea drenante RW02 (15,1 µg/l);

Si osserva, inoltre, un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo per questo parametro.

### **Benzene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 si registrano superamenti delle CSC:

- per i pozzi RW43, RW44 e RW45 (pozzi di pompaggio) della Barriera Furlanis (rispettivamente 1,8, 1,94 e 21,8 µg/l);
- per i pozzi L02bis (pozzo di monte) e GAPZ45 (pozzo di valle) della Barriera Metano (rispettivamente 1,29 e 19 µg/l);
- per il solo pozzo SK021 (pozzo di interasse) del sistema di Trincee Pontile 1 (2,07 µg/l);

Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un decremento delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### **Benzo[a]antracene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei differenti sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo, con alcune oscillazioni contenute al di sotto della CSC.

### **Benzo[a]pirene**





I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 si registrano superamenti puntuali e poco rilevanti delle CSC:

- per il solo pozzo GAPZ04 (pozzo di valle) della Barriera Cantera (0,012 µg/l);
- per i pozzi RW44 (pozzo di pompaggio), GACW5A (pozzo di interasse) e AB180PZ (pozzo di valle) della Barriera Furlanis (nel range 0,014÷0,021 µg/l);
- per i pozzi SK021 e SK023 (pozzi di interasse) del sistema di Trincee Pontile 1 (rispettivamente 0,017 e 0,015 µg/l);
- per i pozzi GAPZ30 (pozzo di pompaggio) della Barriera TK212 (0,02 µg/l).

Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un decremento delle concentrazioni (peraltro di discreta entità) nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### **Benzo[b]fluorantene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei differenti sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo, con alcune oscillazioni contenute al di sotto della CSC.

### **Benzo[ghi]perilene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 si registrano superamenti puntuali e poco rilevanti delle CSC:

- per il solo pozzo GAPZ04 (pozzo di valle) della Barriera Cantera (0,015 µg/l);
- per i pozzi GACW5A (pozzo di interasse) e AB180PZ (pozzo di valle) della Barriera Furlanis (rispettivamente 0,018 e 0,015 µg/l);
- per i pozzi SK022 e SK023 (pozzi di interasse) del sistema di Trincee Pontile 1 (rispettivamente 0,013 e 0,026 µg/l);
- per il solo pozzo GAPZ30 (pozzo di pompaggio) della Barriera TK212 (0,018 µg/l);
- per il solo pozzo AB179PZ (pozzo di interasse) della Trincea drenante RW02 (0,013 µg/l).

Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo.

### **Dibenzo[ah]antracene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo, con alcune oscillazioni contenute al di sotto della CSC.

### **Etilbenzene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un trend in diminuzione delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### **Ferro**

Questo parametro non è stato analizzato successivamente al 2007 e sino alla campagna di giugno 2014. Ne risulta quindi un andamento costante delle concentrazioni nel tempo.





I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 sono stati riscontrati superamenti per tutti i sistemi di contenimento di Raffineria, tra cui:

- per i pozzi RW76 (pozzo di pompaggio), AB140PZ (pozzo di monte) e GAPZ41 (pozzo di interasse) del sistema di Trincee Punta Cugno nord (rispettivamente 7800, 9400 e 18900 µg/l);
- per il pozzo S43PZ (pozzo di monte) del sistema di Trincea Punta Cugno Sud A (12500 µg/l);
- per i pozzi RW63 e RW64 (pozzi di pompaggio) del sistema di Trincea Punta Cugno Sud B (rispettivamente 7500 e 8200 µg/l);
- per il pozzo GAPZ14 (pozzo di interasse) della Barriera Marcellino (9300 µg/l);
- per i pozzi RW08 (pozzo di pompaggio) e GAPZ45 (pozzo di valle) della Barriera Metano (rispettivamente 7800 e 34300 µg/l);
- per i pozzi RW51 e RW52 (pozzi di pompaggio) del sistema di Trincee Pontile 1 (rispettivamente 10300 e 11400 µg/l);

### Idrocarburi totali

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 si registrano superamenti delle CSC:

- per i pozzi RW01, RW03, RW05 e RW06 (pozzi di pompaggio), AB117PZ (pozzo di monte) e GAPZ03 (pozzo di valle) della Barriera Cantera (rispettivamente 12635, 874, 446, 440, 765 e 470 µg/l);
- per i pozzi RW74, RW75, RW76 e RW77 (pozzi di pompaggio) e AB140PZ (pozzo di monte) del sistema di Trincee Punta Cugno nord (rispettivamente 520, 12755, 574, 356,7 e 1541,4 µg/l);
- per il solo pozzo GAPZ14 (pozzo di interasse) della Barriera Marcellino (366,1 µg/l);
- per i pozzi RW44 e RW45 (pozzi di pompaggio), GACW5A (pozzo di interasse), AB180PZ (pozzo di valle) della barriera Furlanis (rispettivamente 2790, 1420, 1872 e 426 µg/l);
- per i pozzi AB009PZ, SK021, SK022 e SK023 (pozzi di interasse) del sistema di Trincee Pontile 1 (rispettivamente 678, 2280, 872 e 842 µg/l);
- per i pozzi RW02 (pozzo di pompaggio), AB050PZ (pozzo di monte) e AB179PZ (pozzo di interasse) della Trincea RW02 (rispettivamente 867, 414 e 1250 µg/l);
- per il solo pozzo GACW3A (pozzo di monte) del sistema di Trincee Pontile 2b e 2c (398 µg/l);
- per i pozzi RW08, RW09, RW10 e RW11 (pozzi di pompaggio), L02bis (pozzo di monte) e GAPZ45 (pozzo di valle) della Barriera Metano (rispettivamente 984, 15920, 4210, 7840, 372 e 393,4 µg/l);
- per i pozzi GAPZ30 (pozzo di pompaggio) e AB122PZ (pozzo di valle) della Barriera TK212 (rispettivamente 3135,2 e 540,2 µg/l).

D'altra parte si osserva un marcato miglioramento del trend di concentrazione nelle campagne di monitoraggio più recenti ed in particolare nell'ultima campagna di giugno 2014.

### Manganese

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 sono stati riscontrati superamenti per tutti i sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva generalmente un andamento costante delle concentrazioni nel tempo anche se dal 2007 all'ultima campagna annuale dell'anno 2014 (esclusa) il manganese non è stato analizzato.

### MtBE



I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti del limite proposto dall'ISS pari a 40 µg/l.

Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un leggero decremento delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### **Nichel**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 vi è un superamento puntuale delle CSC:

- per il pozzo AB180PZ (pozzo ci valle) della Barriera Furlanis (48,7 µg/l).

Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo, con alcune oscillazioni contenute al di sotto della CSC.

### **PCB**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo.

### **Piombo**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con alcune oscillazioni contenute al di sotto della CSC.

### **p-xilene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che, nella campagna di giugno 2014, non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un trend in diminuzione delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### **Stirene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo anche se vi è un trend in diminuzione delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### **Toluene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di giugno 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un trend in diminuzione delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

#### **4.4.4.1 Osservazioni**

Per quanto riguarda i superamenti rilevati nei campioni prelevati nei pozzi ubicati a valle dei sistemi si specifica che:

- il pozzo AB180PZ (pozzo di valle della barriera idraulica Furlanis) è comunque attrezzato con una pompa di emungimento e opera a sua volta un contenimento idraulico della falda;
- il pozzo GAPZ03 (pozzo di valle della barriera idraulica Cantera), oltre ad essere attrezzato con uno skimmer per il recupero del prodotto surnatante, è ubicato entro il cono di richiamo esercitato dalla barriera idraulica;



- il campione prelevato nel pozzo GAPZ04 (pozzo di valle della barriera idraulica Cantera) ha superamenti di manganese (158 µg/l rispetto al valore di fondo di 139 µg/l), di benzo(a)pirene (0,012 µg/l rispetto alla CSC di 0,01 µg/l) e di benzo(ghi)perilene (0,015 µg/l rispetto alla CSC di 0,01 µg/l); l'entità di questi superamenti è prossima alla CSC; inoltre per gli IPA sono stati osservati solo due ulteriori superamenti nel periodo 2001 – marzo 2014 e per il manganese nessuno (vi è in questo caso una sola precedente analisi del 2006);
- il pozzo GAPZ45 pur essendo di valle rispetto alla barriera idraulica in area Metano, è comunque protetto più a est dai sistemi ubicati in area pontile.

#### **4.4.5 Grafici di frequenza cumulata**

Per ogni area di Raffineria (inclusa l'area denominata esterna che comprende i pozzi di monitoraggio AB215PZ e AB216PZ posti al di fuori del limite di Raffineria) e per ogni parametro chimico di interesse sono stati elaborati i grafici di concentrazione cumulata (in percentuale) (**Appendice 6**).

I dati esaminati riguardano le campagne di monitoraggio annuali durante cui sono stati analizzati tutti i pozzi presenti in Raffineria per il periodo dal 2007 al 2014, ovvero da quando è stato adottato un piano di monitoraggio ha previsto singole campagne di campionamento estese a tutti i pozzi di Raffineria.

I dati sono stati raggruppati per classi di concentrazione in modo da individuare la ricorrenza numerica di una determinata classe di valori. Le classi sono state selezionate con il seguente criterio:

- tra il limite di rilevabilità e metà del valore limite di concentrazione;
- inferiore o uguale al valore limite di concentrazione;
- inferiore a 2, 4, 6, 8 e 10 volte il valore limite di concentrazione;
- superiore a 10 volte il valore limite di concentrazione.



## **5.0 AGGIORNAMENTO MODELLO NUMERICO**

Il modello numerico è stato aggiornato e verificato in seguito all'acquisizione dei dati di monitoraggio sul funzionamento dei sistemi di contenimento installati in Raffineria (ASC Step I e ASC Step II).

In base ai risultati della simulazione matematica si può concludere che per tutti i sistemi funzionanti (ASC Step I e ASC Step II), le portate emunte dai pozzi sono adeguate per catturare i pennacchi di contaminazione.

I dettagli dell'aggiornamento sono riportati in **Appendice 7**.

## **6.0 CONCLUSIONI**

Nel documento sono stati presentati i risultati delle attività di monitoraggio e della verifica delle prestazioni dei sistemi di MISE di Raffineria, svolte nel periodo tra gennaio e giugno 2014.

Gli esiti dei rilievi piezometrici mensili hanno evidenziato che il livello di falda non ha avuto sensibili variazioni durante il semestre nelle aree dove l'estensione a monte dell'acquifero è limitata e che risentono della vicinanza del mare (area pontile e area esterna stoccaggio nord) o della presenza di corpi idrici superficiali (area Marcellino), mentre le oscillazioni maggiori del livello di falda sono state osservate nelle aree dove l'acquifero ha maggiore estensione verso monte (area contrattori/candele, area stoccaggio ovest) o lateralmente verso aree esterne ai confini della Raffineria (area stoccaggio est).

Le sezioni idrogeologiche su cui è stato riportato il livello medio della falda per il periodo gennaio – giugno 2014 mostrano come i sistemi (barriere idrauliche e trincee) esercitino l'abbassamento della superficie di falda e il richiamo del flusso sotterraneo.

La verifica sulla presenza del prodotto surnatante ha evidenziato che, rispetto al precedente monitoraggio del giugno 2013:

- non è più stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB064PZ, RW05, RW71, GAPZ36, GACW8A, SK32, SK109 e G5;
- lo spessore di prodotto surnatante si è ridotto a velo o tracce nei pozzi RW45, RW46 e SK108;
- è stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB087PZ, GAPZ43, SK35 e C7;
- è stato riscontrato prodotto con spessore centimetrico nel pozzo attrezzato con *skimmer* attivo SK105 e nei pozzi in cui sono installati sistemi di recupero del prodotto GAPZ46, RW51, RW72 e RW75.

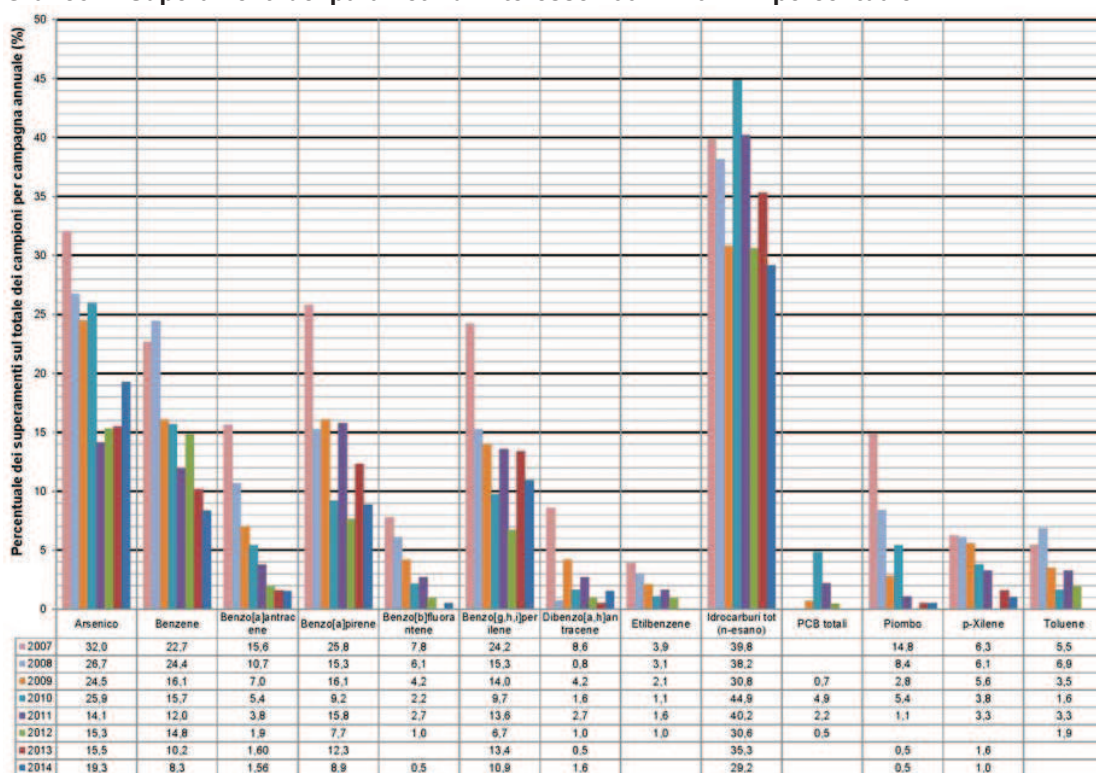
Gli esiti delle verifiche chimiche (su 192 campioni analizzati) hanno evidenziato che, rispetto ai risultati della campagna annuale precedente (187 campioni analizzati a giugno 2013):

- è diminuito il numero di superamenti rispetto al numero di campioni analizzati per i parametri benzene (3 in meno), benzo(a)pirene (6), benzo(g,h,i)perilene (4), cloruro di vinile (1), idrocarburi tot (n-esano) (10) e p-xilene (1);
- è aumentato il numero di superamenti per i parametri arsenico (8 in più), benzo(b)fluorantene (1), dibenzo(a,h)antracene (2), sommatoria IPA (3) e tricloroetilene (1).

In **Grafico 1** è riportata la percentuale di superamenti delle CSC nei campionamenti annuali dal 2007 al 2014. Il grafico include i parametri di interesse ad esclusione di quelli privi della serie storica di dati (Sb, Fe, Mn e MtBE) e dello stirene che nei campionamenti annuali non ha avuto superamenti dal 2007. Dal grafico si nota che salvo l'arsenico, la percentuale di superamenti per campagna ha un trend generale in diminuzione.



Grafico 1: Superamenti dei parametri di interesse 2007 – 2014 in percentuale



Infine è stato aggiornato il modello numerico del flusso di falda in corrispondenza dei sistemi di contenimento installati in Raffineria. In base ai risultati della simulazione matematica si può concludere che per tutti i sistemi funzionanti, le portate emunte dai pozzi sono adeguate per catturare i pennacchi di contaminazione.



## **Firme della Relazione**

**GOLDER ASSOCIATES S.R.L.**

Ing. Angela Giudice  
Project Manager

Ing. Michael Pupeza  
Project Director

C.F. e P.IVA 03674811009

Registro Imprese Torino

società soggetta a direzione e coordinamento di Enterra Holding Ltd. Ex art. 2497 c.c.

Golder Associates è una società internazionale che offre servizi di consulenza, progettazione e realizzazione nel campo delle scienze ambientali, dell'ingegneria geotecnica e dell'energia. La nostra mission "Engineering Earth's Development, Preserving Earth's Integrity" sottolinea il nostro costante impegno verso l'eccellenza – sia in campo tecnico, sia nella cura del servizio al cliente – e verso la sostenibilità. Da oltre 50 anni la nostra principale caratteristica è la profonda comprensione delle esigenze dei nostri clienti e degli ambiti in cui essi operano. Per questo motivo siamo in grado di offrire loro un supporto concreto perché possano raggiungere i loro obiettivi finanziari, sociali e ambientali, nel breve e nel lungo periodo. Fare la differenza in un mondo in continuo mutamento: questo è l'impegno che ci prendiamo nei confronti dei nostri clienti e delle loro comunità di riferimento.

Africa	+ 27 11 254 4800
Asia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 356 21 42 30 20
America del Nord	+ 1 800 275 3281
America del Sud	+ 55 21 3095 9500

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associates S.r.l.**  
**Banfo43 Centre**  
**Via Antonio Banfo 43**  
**10155 Torino**  
**Italia**  
**T: +39 011 23 44 211**







**Febbraio 2015**

**ESSO ITALIANA S.R.L. - RAFFINERIA DI  
AUGUSTA (SR)**

# **Aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo Dicembre 2014**

**Destinatario:**

Esso Italiana S.r.l. - Raffineria di Augusta (SR)

**RELAZIONE**



**Numero Relazione** 1520184/EM4968

**Distribuzione:**

Esso Italiana S.r.l. - Raffineria di Augusta (SR)

2 copie

Golder Associates S.r.l. Torino

2 copie







## Indice

<b>1.0</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1	Contenuti e struttura del documento .....	1
1.2	Documentazione di riferimento .....	2
<b>2.0</b>	<b>SISTEMI DI MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA IN ESERCIZIO .....</b>	<b>3</b>
2.1	Installazioni fisse.....	3
2.2	Installazioni puntuali ed eventuali nuove installazioni .....	4
2.3	Sistemi di regolazione e controllo .....	4
<b>3.0</b>	<b>RETE DI MONITORAGGIO DELLA RAFFINERIA.....</b>	<b>6</b>
3.1	Pozzi di monitoraggio afferenti ai sistemi di contenimento idraulico .....	6
3.1.1	Area contrattori/candele e area impianti.....	6
3.1.2	Area esterna stoccaggio nord .....	6
3.1.3	Area Marcellino .....	7
3.1.4	Area pontile.....	8
3.1.5	Area stoccaggio est.....	9
3.1.6	Area stoccaggio ovest.....	10
<b>4.0</b>	<b>ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>12</b>
4.1	Verifiche impiantistiche e manutenzione.....	12
4.2	Verifiche idrauliche .....	12
4.2.1	Rilievo piezometrico quindicinale .....	12
4.2.2	Rilievo piezometrico semestrale .....	13
4.2.3	Sezioni idrogeologiche.....	14
4.3	Verifiche degli impianti di recupero prodotto .....	17
4.3.1	Aree con presenza di prodotto e quantità recuperata .....	17
4.4	Verifiche chimiche.....	18
4.4.1	Analisi chimiche di laboratorio.....	19
4.4.2	Verifiche chimiche sui sistemi di contenimento idraulico.....	20
4.4.3	Elaborazione statistica dei dati di concentrazione dei parametri di interesse.....	21
4.4.4	Andamento nel tempo delle concentrazioni .....	21
4.4.4.1	Osservazioni .....	25
4.4.5	Grafici di frequenza cumulata .....	25



<b>5.0 AGGIORNAMENTO MODELLO NUMERICO .....</b>	<b>25</b>
<b>6.0 CONCLUSIONI .....</b>	<b>26</b>

**TABELLE**

<b>Tabella 1</b>	Sintesi dei sistemi di MISE
<b>Tabella 2</b>	Barriera idraulica Cantera – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 3</b>	Pozzi e trincee drenanti Punta Cugno nord – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 4</b>	Sistema di trincee drenanti Punta Cugno sud A e sud B – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 5</b>	Barriera idraulica Marcellino – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 6</b>	Barriera idraulica Furlanis – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 7</b>	Pozzo barriera RW54 e sistema di trincee drenanti pontile 1a e 1b – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 8</b>	Trincea drenante RW02 – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 9</b>	Trincea drenante SO pontile 2a – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 10</b>	Trincea drenante SO pontile 2b e 2c – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 11</b>	Trincea drenante L2 e barriera idraulica area metano – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 12</b>	Barriera idraulica TK212 – <i>nel corpo del testo</i>
<b>Tabella 13</b>	Sintesi delle attività di monitoraggio
<b>Tabella 14</b>	Rilievo piezometrico mensile (luglio 2014)
<b>Tabella 15</b>	Rilievo piezometrico mensile (agosto 2014)
<b>Tabella 16</b>	Rilievo piezometrico mensile (settembre 2014)
<b>Tabella 17</b>	Rilievo piezometrico mensile (ottobre 2014)
<b>Tabella 18</b>	Rilievo piezometrico mensile (novembre 2014)
<b>Tabella 19</b>	Rilievo piezometrico mensile (dicembre 2014)
<b>Tabella 20</b>	Rilievo piezometrico generale (novembre 2014)
<b>Tabella 21</b>	Rilievo dello spessore di prodotto nei pozzi SK
<b>Tabella 22</b>	Installazioni puntuali di recupero prodotto - volumi recuperati
<b>Tabella 23</b>	Risultati delle analisi chimiche sui campioni di acqua sotterranea (dicembre 2014)
<b>Tabella 24</b>	Parametri chimici di interesse – <i>nel corpo del testo</i>

**GRAFICI**

<b>Grafico 1</b>	Superamenti dei parametri di interesse 2007 – 2014 in percentuale – <i>nel corpo del testo</i>
------------------	--

**TAVOLE**

<b>Tavola 1</b>	Planimetria generale ed ubicazione dei pozzi di monitoraggio
<b>Tavola 2</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2014)
<b>Tavola 2a</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2014) – Area esterna stoccaggio nord



<b>Tavola 2b</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2014) – Area pontile e area stoccaggio est
<b>Tavola 2c</b>	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2014) – Area contrattori/candele
<b>Tavola 3</b>	Piezometria generale
<b>Tavola 4</b>	Planimetria con indicazione dello spessore del prodotto surnatante (novembre 2014)
<b>Tavola 5</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per arsenico nelle acque sotterranee (campionamento dicembre 2014)
<b>Tavola 6</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti dei valori di fondo per ferro nelle acque sotterranee (campionamento dicembre 2014)
<b>Tavola 7</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti dei valori di fondo per manganese nelle acque sotterranee (campionamento dicembre 2014)
<b>Tavola 8</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per benzene nelle acque sotterranee (campionamento dicembre 2014)
<b>Tavola 9</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per benzo[a]pirene nelle acque sotterranee (campionamento dicembre 2014)
<b>Tavola 10</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per benzo[g_h_i]perilene nelle acque sotterranee (campionamento dicembre 2014)
<b>Tavola 11</b>	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per idrocarburi totali (come n-esano) nelle acque sotterranee (campionamento dicembre 2014)
<b>Tavola 12</b>	Concentrazione dei parametri di interesse a monte, in interasse e a valle dei sistemi di confinamento idraulico

#### **APPENDICI**

<b>Appendice 1</b>	Verifiche impiantistiche sui pozzi di emungimento
<b>Appendice 2</b>	Piezometrie mensili
<b>Appendice 3</b>	Sezioni idrogeologiche
<b>Appendice 4</b>	Elaborazioni statistiche
<b>Appendice 5</b>	Grafici di concentrazione nel tempo
<b>Appendice 6</b>	Aggiornamento del modello numerico del flusso della falda



## **1.0 INTRODUZIONE**

Il presente documento rappresenta l'aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo e delle acque sotterranee della Raffineria di Augusta (SR) ("Raffineria") della Esso Italiana S.r.l., sulla base dei dati provenienti dalle attività periodiche di monitoraggio e dalla verifica delle prestazioni dei sistemi di Messa in Sicurezza di Emergenza ("MISE") in esercizio. Tale documento si basa su dati raccolti fino al 31 dicembre 2014.

Le attività di monitoraggio e di verifica sono state eseguite in accordo a quanto previsto nel documento "Protocollo di monitoraggio idrochimico e piezometrico" del maggio 2014 ("Protocollo").

Il Protocollo è stato presentato e discusso con il Libero Consorzio Comunale (ente che ha sostituito la Provincia Regionale di Siracusa) e l'ARPA di Siracusa nel corso della riunione tecnica svoltasi il 5 maggio 2014 presso la Struttura Territoriale ARPA di Siracusa.

Il Protocollo costituisce un aggiornamento dei criteri per l'esecuzione delle attività di monitoraggio che si svolgono in Raffineria e che sino a maggio 2014 sono state condotte secondo le modalità del protocollo di monitoraggio concordato con le Autorità nel gennaio del 2012<sup>1</sup>.

Il Protocollo prevede due campionamenti delle acque sotterranee all'anno: uno a giugno (include tutti i pozzi di Raffineria) e uno a dicembre (include i pozzi in corrispondenza dei sistemi); il presente documento riporta e illustra i risultati del campionamento effettuato a dicembre 2014 e delle attività di monitoraggio svolte nel corso del secondo semestre dell'anno.

### **1.1 Contenuti e struttura del documento**

Il Protocollo prevede attività e analisi che riguardano:

- verifiche impiantistiche e attività di manutenzione;
- verifiche idrauliche;
- verifiche degli impianti di recupero prodotto;
- verifiche chimiche;
- aggiornamento della modellazione numerica del flusso di falda.

Il presente documento descrive tali attività ed è articolato nelle seguenti parti:

- descrizione dei sistemi MISE presenti in Raffineria (Capitolo 2);
- descrizione della rete di monitoraggio e definizione dei pozzi di monitoraggio afferenti ai sistemi di contenimento idraulico (barriere idrauliche e trincee) (Capitolo 3);
- descrizione delle verifiche eseguite e illustrazione dei risultati (Capitolo 4);
- aggiornamento della modellazione numerica dell'acquifero (Capitolo 5);
- conclusioni (Capitolo 6).

Il presente documento è stato redatto recependo le osservazioni e le prescrizioni formulate dalle Autorità locali (ARPA Siracusa e Libero Consorzio Comunale) nell'incontro del maggio del 2014 e in particolare:

- il piano di monitoraggio è stato integrato con le sezioni idrogeologiche longitudinali e trasversali alle barriere idrauliche con indicazione delle unità idrogeologiche e del livello medio della falda nel periodo di riferimento;

<sup>1</sup> Rel. Golder n. 10508461310/EM3827 rev.0 "Protocollo operativo di monitoraggio idrochimico e piezometrico", Gennaio 2012.



- per ciascun sistema sono stati considerati i pozzi di monitoraggio come discusso con ARPA SR e Libero Consorzio Comunale nel corso della riunione tecnica del 5 maggio 2014;
- con riferimento al paragrafo 5.3 del “Protocollo Crotone” l’analisi dei dati del monitoraggio è stata integrata con:
  - elaborazioni statistiche dei risultati delle analisi chimiche (media, mediana, percentili, deviazione standard);
  - elaborazioni delle curve di frequenza cumulata delle concentrazioni di ciascun contaminante rilevante per aree di Raffineria;
  - elaborazione di grafici dell’andamento nel tempo delle concentrazioni dei contaminanti di interesse;
  - elaborazione di mappe di concentrazione;
- con riferimento al paragrafo 6 del “Protocollo Crotone”, oltre a quanto sopra, sono state elaborate le tabelle con riportati i seguenti dati di funzionamento dei pozzi di emungimento:
  - portata di progetto e portata media del periodo di riferimento;
  - tempo di funzionamento e tempo di inattività del pozzo (in percentuale rispetto al periodo);
  - volume di acqua emunto nel periodo.

## **1.2 Documentazione di riferimento**

Il presente rapporto tecnico si basa sulle indicazioni contenute nel documento Rel. Golder n. 1050840695/EM4541 “*Protocollo di monitoraggio idrochimico e piezometrico*” del maggio 2014.

Le informazioni riguardanti i sistemi di MISE presenti in Raffineria sono contenute nella seguente documentazione già fornita alle Autorità:

- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., “*Piano della Caratterizzazione*”, Novembre 1999 e Giugno 2000;
- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., “*Interventi di Caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99*”, Maggio 2002;
- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., “*Descrizione delle opere di messa in sicurezza*”, Febbraio 2004;
- Foster Wheeler Environmental Italia S.r.l., “*Attività integrative di caratterizzazione ambientale ai sensi del DM 471/99*”, Maggio 2004;
- Golder Associates S.r.l. Rel. T40417/EM1713 “*Completamento del confinamento idraulico fronte mare: dimensionamento dei sistemi*”, Giugno 2006;
- Golder Associates S.r.l. Rel. 08508460104/EM2820 “*Interventi integrativi di MISE nei pressi del Fiume Marcellino – Giugno 2009*”, Giugno 2009;
- Golder Associates S.r.l. Rel. 08508460104/EM2797\_rev.1 “*Progetto di messa in sicurezza operativa ai sensi del DLgs 152/06 e DLgs 04/08 Revisione 1*”, Aprile 2012;
- report periodici di aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo della Raffineria, trasmessi agli Enti da partire dal settembre 2006.



## **2.0 SISTEMI DI MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA IN ESERCIZIO**

I sistemi di MISE sono costituiti da pozzi di emungimento, barriere idrauliche, trincee drenanti e sistemi di recupero dell'eventuale fase idrocarburica libera ("prodotto") (*skimmer* e *total fluid*); questi sono stati realizzati a più riprese a partire dal 1993:

- 1993: realizzazione del pozzo RW01 attrezzato con sistema di emungimento;
- 1995: realizzazione del pozzo RW02 attrezzato con sistema di emungimento;
- dicembre 2003: installazione di due pozzi di emungimento in area Cantera;
- agosto 2005: completamento del progetto *Augusta Site Containment - Step I* (ASC *step I*) con 13 nuovi pozzi di emungimento, 7 trincee drenanti e 26 sistemi attivi di recupero prodotto;
- settembre 2009: completamento del progetto *Augusta Site Containment - Step II* (ASC *step II*) con l'installazione di 30 nuovi pozzi di emungimento e di 2 sistemi attivi di recupero prodotto.

Nel corso del tempo, in base ai risultati delle campagne di monitoraggio, i sistemi di recupero prodotto, *skimmer* attivi e passivi e *total fluid*, sono eventualmente integrati con installazioni aggiuntive.

In **Tavola 1** è riportata la planimetria con i pozzi presenti in Raffineria, i sistemi di MISE attualmente operanti sono riportati in **Tabella 1** e illustrati in **Tavola 2** (planimetria generale di tutti i sistemi), **Tavola 2a** (planimetria con dettaglio dell'area esterna stoccaggio nord), **Tavola 2b** (planimetria con dettaglio dell'area pontile e dell'area stoccaggio est) e **Tavola 2c** (planimetria con dettaglio dell'area contrattori/candele).

Nei paragrafi seguenti è fornita una sintesi dei sistemi operanti all'interno della Raffineria.

### **2.1 Installazioni fisse**

I seguenti interventi di MISE sono stati realizzati nel periodo 2003 - 2005.

**Area contrattori/candele:** barriera idraulica costituita dai pozzi di emungimento RW01 (già attivo dal 1993) e RW03÷06; i pozzi RW01, RW03, RW05 e RW06 sono attrezzati con un sistema *dual pump* per il recupero contemporaneo del prodotto e della contaminazione disciolta; un sistema *total fluid* è installato in AB124PZ.

**Area stoccaggio est:** sistema di contenimento idraulico costituito dalla Trincea L2 (attrezzata con i pozzi di emungimento RW21÷26) e dai pozzi di emungimento RW07÷RW11.

**Area pontile:**

- sistema di contenimento idraulico costituito da una trincea drenante e da un pozzo di emungimento (RW02), accoppiato a un sistema di recupero prodotto idrocarburico surnatante (sistema *dual pump*);
- sistema di recupero prodotto costituito da due trincee, attrezzate con sistemi di recupero prodotto (SK21÷23 in area Pontile 1 e SK101÷115 in area Furlanis).

**Area esterna stoccaggio nord:** sistema di recupero prodotto surnatante costituito da quattro trincee attrezzate con 8 sistemi di recupero prodotto (SK31÷38).

Nel marzo 2007 è stata inoltre installata, in area TK212 (compresa in **area stoccaggio ovest**), una barriera di emungimento costituita da 4 pozzi attrezzati con pompe pneumatiche *total fluid* (GAPZ30÷33).

Gli interventi di MISE del progetto *ASC step II*, attivi da settembre 2009, comprendono:

**Area pontile:**

- sistema per il contenimento idraulico nei pressi dell'area a sud-ovest del Pontile 2, costituito da 6 pozzi di emungimento (RW31÷36). I pozzi RW34÷36 sono attrezzati con un sistema *dual pump* per il recupero contemporaneo del prodotto e della contaminazione disciolta;



- sistema per il contenimento idraulico nei pressi della batteria di pozzi esistente in area Furlanis, realizzato attrezzando con sistemi *dual pump* i pozzi esistenti SK101 (RW41), SK104 (RW42), SK107 (RW43), SK110 (RW44), SK112 (RW45) e SK115 (RW46);
- sistema per il contenimento idraulico installato nei pressi delle due trincee presenti in Radice Pontile 1 costituito da 3 pozzi di emungimento (RW51÷53);
- pozzo di emungimento (RW54) installato nei pressi del serbatoio *Thickner* e del piezometro di monitoraggio denominato AB009PZ;

**Area esterna stoccaggio nord:**

- porzione sud: sistema per il contenimento idraulico costituito da 2 trincee attrezzate con 5 pozzi di emungimento (RW61÷65);
- porzione nord: sistema per il contenimento idraulico, ad integrazione dei sistemi di recupero prodotto già esistenti, costituito da 8 pozzi di emungimento (RW71÷78).

**Area Marcellino** (zona compresa tra i serbatoi TK505 e TK739): sistema per il contenimento idraulico costituito da un pozzo di emungimento (RW81) e dai pozzi GAPZ47 e AB185PZ, attrezzati con pompe *total fluid*.

**Area stoccaggio ovest** (include l'area del serbatoio TK212): adeguamento agli standard di Raffineria delle tubazioni a servizio dell'esistente barriera idraulica costituita dai sistemi GAPZ30÷GAPZ33.

## **2.2 Installazioni puntuali ed eventuali nuove installazioni**

A partire da marzo 2004, sulla base dei rilievi dello spessore di prodotto surnatante nei pozzi di monitoraggio, sono stati installati sistemi attivi (*skimmer* attivi gravimetrici e pompe pneumatiche *total fluid*) e passivi (*skimmer* oleofilici e gravimetrici passivi) per il recupero del prodotto, dislocati nelle diverse aree della Raffineria.

Periodicamente, sulla base delle condizioni rilevate nel corso delle campagne di monitoraggio ed in particolar modo della variazione stagionale della quota della falda, i sistemi possono essere integrati o sostituiti con sistemi più efficienti in funzione del *trend* di recupero o delle necessità riscontrate.

Nel periodo tra luglio e dicembre del 2014 non sono state fatte nuove installazioni o rimosse installazioni esistenti.

## **2.3 Sistemi di regolazione e controllo**

Tutti i sistemi di MISE sono corredati da apposite strumentazioni che consentono di monitorare e di trasferire alla Sala Controllo di Raffineria (DCS) lo stato di funzionamento e tutti i parametri di processo e di controllo necessari per il rilevamento di eventuali malfunzionamenti. Il rilevamento di eventuali malfunzionamenti è dunque gestito in simultaneo mediante le strumentazioni di controllo presenti in campo e attraverso le segnalazioni di anomalia trasferite alla Sala Controllo di Raffineria. Il funzionamento continuo dei sistemi di MISE è monitorato 24 ore su 24 ore ed è gestito dalle funzioni di Raffineria preposte a tal proposito.

Le strumentazioni a supporto dei sistemi di pompaggio sono di seguito riportate:

- trasduttori idrostatici di pressione;
- indicatori locali di portata;
- trasmettitori di portata;
- indicatori locali di livello.

Il segnale di livello nei pozzi e l'allarme di "bassissimo" livello sono remotati in sala controllo al sistema DCS di Raffineria. In corrispondenza dei due livelli di *set* nei pozzi sono eseguiti i seguenti comandi/allarmi:



- basso livello pozzo: fermata pompa;
- bassissimo livello pozzo: allarme e blocco pompa.

Al DCS vengono, inoltre, trasferiti i seguenti comandi/segnalazioni:

- indicazione parziale/totale di portata;
- status pompa (in marcia/ferma/malfunzionamento).

A bordo pozzo viene riportata l'indicazione dei livelli dei singoli pozzi.

La trasmissione dei segnali tra campo e sala controllo avviene mediante sistema di trasmissione dati Dupline®.

Il controllo per l'emungimento dal pozzo viene effettuato automaticamente tramite un sistema che, rilevando il livello di acqua nel pozzo, aziona un inverter per regolare la velocità della pompa e mantenere il livello della falda entro limiti definiti in fase di progetto.

Per i sistemi installati nell'ambito del progetto ASC *step I* e per le pompe dei pozzi SK101, SK104, SK107, SK110, SK112, SK115, il funzionamento avviene mediante controllo del livello delle acque sotterranee tramite un trasduttore idrostatico di pressione che regola lo start/stop della pompa per alto e basso livello della falda. La protezione contro la marcia a secco è assicurata dal segnale di bassissimo livello generato dallo stesso trasduttore idrostatico di pressione. Il contatto di soglia di bassissimo livello è inviato al quadro elettrico, che arresta la pompa. Il segnale di livello è inviato in sala controllo tramite il sistema Dupline® e acquisito dal sistema DCS per l'indicazione del livello della falda.

Le strumentazioni a supporto dei sistemi di recupero prodotto SK sono costituiti da pressostati linea aria e sonde di livello installate sui serbatoi di raccolta prodotto.





### 3.0 RETE DI MONITORAGGIO DELLA RAFFINERIA

All'interno della Raffineria la rete di monitoraggio è costituita da 293 pozzi; si tratta di pozzi di monitoraggio (o piezometri), pozzi di emungimento delle acque sotterranee, pozzi per il recupero di idrocarburi in fase libera, pozzi di monitoraggio di tipo *cluster-well* e pozzi di controllo di livello dell'acqua all'interno delle trincee.

I pozzi sono distribuiti in tutte le aree della Raffineria e sono stati realizzati a più riprese a partire dagli anni Novanta ad oggi:

- 1991, 1992 e 1993 pozzi denominati C#, G#, L#, P# e TC#;
- 1993 pozzi denominati T# e RW01;
- 1995: pozzo denominato RW02;
- 2001 pozzi denominati AB#PZ;
- 2003 e 2004 (in parte) pozzi denominati S#;
- 2000 ÷ 2012 pozzi denominati RW#, GAPZ#, GACW#, GATW# e SK#.

In **Tavola 1** è illustrata l'ubicazione dei pozzi presenti in Raffineria.

### 3.1 Pozzi di monitoraggio afferenti ai sistemi di contenimento idraulico

Il Protocollo, per ciascun sistema di contenimento idraulico della falda, individua una serie di pozzi di monitoraggio finalizzati alla valutazione della efficienza idraulica e chimica dei sistemi.

I punti di controllo e i piezometri previsti ad integrazione della rete di monitoraggio, specificati nelle tabelle seguenti, sono stati selezionati di comune accordo con le Autorità locali nel corso dell'incontro del 5 maggio 2014.

#### 3.1.1 Area contrattori/candele e area impianti

Il sistema di MISE è costituito da una barriera idraulica formata da cinque pozzi di emungimento disposti in prossimità del confine fiscale della Raffineria trasversalmente rispetto all'andamento del corso del torrente Cantera.

**Tabella 2: Barriera idraulica Cantera**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW01 RW03÷06	AB117PZ TC19	AB118PZ AB119PZ AB126PZ GAPZ01 L09	GAPZ02 GAPZ03 GAPZ04 S15PZ	AB117PZ TC19	AB118PZ GAPZ01	GAPZ02 GAPZ03 GAPZ04 S15PZ

#### 3.1.2 Area esterna stoccaggio nord

Il sistema di MISE insiste nell'area denominata Punta Cugno ed è costituito da una serie di trincee drenanti (quattro) ubicate nella parte settentrionale dell'area (trincee Punta Cugno nord) e dotate ciascuna di una coppia di pozzi di emungimento della falda (RW71÷72, RW73÷74, RW75÷76 e RW77÷78) associati ad altrettanti pozzi di recupero della fase libera e da una serie di trincee drenanti (due) ubicate nella parte



meridionale dell'area (trincee Punta Cugno sud) e dotate di due coppie di pozzi di emungimento della falda (RW61÷62 e RW63÷65).

Inoltre, nella parte settentrionale dell'areale, a metà circa dello sviluppo delle trincee, sono presenti ulteriori due pozzi di emungimento attrezzati con sistemi di tipo *total fluid* (AB187PZ e GACW8A).

In generale tutte le trincee sono disposte in adiacenza al confine di proprietà della Raffineria. Le trincee sono approfondite per 2 m al di sotto del piano campagna ("p.c.") raggiungendo la quota assoluta pari a circa -1 m s.l.m..

**Tabella 3: Pozzi e trincee drenanti Punta Cugno nord**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW71÷72	AB142PZ	GAPZ41	Eventuale installazione di nuovi piezometri	AB142PZ	GAPZ41	Eventuale installazione di nuovi piezometri
RW73÷74		GAPZ42			GAPZ42	
RW75÷76		GAPZ43			GAPZ43	
RW77÷78	AB140PZ	GAPZ44		AB140PZ	GAPZ44	
AB187PZ GACW8A		GAPZ28				

**Tabella 4: Sistema di trincee drenanti Punta Cugno sud A e sud B**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW61÷62 RW63÷65	AB186PZ S43PZ	GAPZ27 GAPZ37 GAPZ38 GAPZ39 GAPZ40 GATW05÷07	Eventuale installazione di nuovi piezometri	AB186PZ GACW7A÷C S43PZ	GAPZ27 GAPZ37 GAPZ38 GAPZ39 GAPZ40	Eventuale installazione di nuovi piezometri

La disposizione dei sistemi rispetto ai confini di Raffineria non permette l'individuazione di punti di monitoraggio di valle; per questo motivo, in accordo con le Autorità locali, è prevista la realizzazione di un piezometro di monitoraggio di valle per ciascuna trincea; tali piezometri saranno eseguiti in aree esterne alla Raffineria dopo il ricevimento di un riscontro positivo da parte delle Autorità locali che ne verificheranno la fattibilità.

### **3.1.3 Area Marcellino**

Il sistema di MISE è costituito da una barriera idraulica formata da sei pozzi di emungimento (incluso anche pozzi attrezzati con sistemi tipo *total fluid*).



La barriera è disposta in adiacenza al confine della Raffineria lungo la sponda sinistra del fiume Marcellino.

**Tabella 5: Barriera idraulica Marcellino**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW81 AB185PZ GAPZ13 GAPZ15 GAPZ47÷48	GAPZ49	AB185BISPZ GAPZ14	Nota sotto	AB136PZ GAPZ49	AB185BISPZ GAPZ14	Nota sotto

Nota: la disposizione dei sistemi rispetto al confine di Raffineria e all'alveo del fiume Marcellino impedisce la presenza di punti di monitoraggio di valle.

### 3.1.4 Area pontile

Il sistema di MISE è costituito da due barriere idrauliche e sei trincee drenanti dotate ciascuna di uno o più pozzi di emungimento (RW41÷46). In aggiunta, nelle vicinanze delle stesse trincee, sono presenti tre ulteriori pozzi di emungimento attrezzati con pompe di tipo *total fluid* (AB180PZ, AB182PZ e P12PZ).

Una delle due barriere idrauliche è costituita dal pozzo di emungimento RW54 ed è posta in adiacenza del confine di Raffineria che si affaccia nella foce del fiume Marcellino.

La seconda barriera idraulica è formata da pozzi di tipo *dual pump* (RW41÷46) ed è afferente ad un più ampio sistema di recupero dell'eventuale fase libera surnatante (SK101÷115), posto in adiacenza alla vasca di raccolta acque denominata Furlanis (che è parte dell'impianto API *separator* di cui è munita la Raffineria).

**Tabella 6: Barriera idraulica Furlanis**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW41÷46	GAPZ20 P22PZ	SK101÷115	AB180PZ AB181PZ Nuovo piezometro*	GAPZ20 P22PZ	GACW5A÷B	AB180PZ AB181PZ Nuovo piezometro*

\*Il nuovo piezometro sarà installato e reso operativo entro la prossima campagna di monitoraggio idrochimico.

A nord della barriera idraulica Furlanis, sono presenti tre trincee drenanti: trincee pontile 1a e 1b e trincea RW02.

Le trincee pontile 1a e 1b, approfondite per 2 m al di sotto del p.c., sono disposte fronte mare in adiacenza al confine di proprietà.

**Tabella 7: Pozzo barriera RW54 e sistema di trincee drenanti pontile 1a e 1b**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW51÷54	AB008PZ P08PZ S32PZ	AB178PZ SK021÷023	Nuovi piezometri*	AB008PZ S32PZ	AB009PZ AB178PZ SK021÷023	Nuovi piezometri*

\*I nuovi piezometri saranno installati e resi operativi entro la prossima campagna di monitoraggio idrochimico.



La trincea drenante RW02, di più antica realizzazione rispetto alle precedenti, è approfondita per 3 m circa al di sotto del p.c. ed è disposta fronte mare in adiacenza al confine di proprietà.

**Tabella 8: Trincea drenante RW02**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW02	AB050PZ AB183PZ	T3* T6*	Nuovo piezometro**	AB050PZ P21PZ	AB179PZ	Nuovo piezometro**

\*I piezometri T sono pozzi per la verifica del livello idrico in trincea.

\*\*Il nuovo piezometro sarà installato e reso operativo entro la prossima campagna di monitoraggio idrochimico.

A sudovest della barriera idraulica Furlanis sono presenti tre trincee dotate di pozzi di emungimento (trincee SO pontile 2a, 2b e 2c).

**Tabella 9: Trincea drenante SO pontile 2a**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW31÷33	AB188PZ	GAPZ16 GATW01 GATW02	GAPZ34	AB188PZ	GAPZ16	AB111PZ GAPZ35

**Tabella 10: Trincea drenante SO pontile 2b e 2c**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW34÷36	P31PZ	GACW3A÷C GAPZ19 GATW03 GATW04	GAPZ36 S33PZ	GACW3 P31PZ	GAPZ19	GACW4A÷D P12PZ

### 3.1.5 Area stoccaggio est

Il sistema di MISE è costituito da una trincea drenante dotata di sei pozzi di emungimento (RW21÷26) (trincea L2) e una barriera idraulica costituita da ulteriori 5 pozzi di emungimento (RW07÷11) (barriera area metano).

La trincea denominata L2 intercetta le acque di infiltrazione provenienti dalla parte centrale e più rilevata della Raffineria e non intercetta l'acquifero che si sviluppa più a est.

La barriera area metano intercetta l'acquifero ed è posizionata in vicinanza del suo limite occidentale.

In questa porzione dell'area, la geometria dell'acquifero, peraltro confinato lateralmente anche dalla barriera fisica posta nell'adiacente area Enel, il campo di moto della falda è tale per cui il piezometro AB106PZ risulta essere posto a valle idrogeologica di entrambi i sistemi di MISE.



**Tabella 11: Trincea drenante L2 e barriera idraulica area metano**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
RW21÷26 RW07÷11			AB091PZ AB106PZ GAPZ45 L05BISPZ Nuovo piezometro*	L02BIS		GAPZ45 AB091PZ AB106PZ L05BISPZ Nuovo piezometro*

\*Il nuovo piezometro sarà installato e reso operativo entro la prossima campagna di monitoraggio idrochimico.

### **3.1.6 Area stoccaggio ovest**

Il sistema di MISE è costituito da una barriera idraulica da quattro pozzi, ubicati a valle del serbatoio TK212, attrezzati con sistemi tipo *total fluid* e disposti in adiacenza del limite di proprietà lungo la sponda sinistra del torrente Cantera.

**Tabella 12: Barriera idraulica TK212**

Pozzo emungimento	Verifica idraulica			Verifica chimica		
	monte	interasse	valle	monte	interasse	valle
GAPZ30÷33	AB079PZ		AB112PZ	AB079PZ		AB112PZ

Come anticipato nel documento Golder 1350840696/EM4693 "Aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo Giugno 2014", trasmesso alle Autorità il 24 novembre 2014, il pozzo di monitoraggio di valle AB122PZ è stato escluso dalla **Tabella 12** in quanto non riferibile in modo univoco alla barriera TK212 sia per la verifica idraulica che per la verifica chimica delle acque sotterranee.

Tale piezometro era stato individuato dalle Autorità locali come punto di verifica idraulica e di verifica chimica della qualità delle acque sotterranee rispetto alla barriera TK212 e pertanto nel corso dell'incontro tecnico del 5 maggio 2014 era stato incluso in tabella.

Successivamente si è però ritenuto che, per la sua ubicazione rispetto ai pozzi di emungimento GAPZ30÷33 e al flusso di falda a monte di questa, il pozzo AB122PZ non rappresentasse la zona di valle idrogeologica ascrivibile in modo diretto e univoco alla barriera idraulica TK212. Il flusso sotterraneo che drena attraverso la barriera ha, infatti, direzione prevalente da nord verso sud; questo flusso diretto verso sud alimenta lateralmente l'acquifero impostato al di sotto della valle del torrente Cantera; in pianta la fascia lungo cui avviene l'alimentazione è posta in corrispondenza dell'alveo del torrente Cantera (perlomeno per quanto riguarda la zona della barriera). L'acquifero impostato al di sotto della valle del torrente Cantera ha direzione di flusso prevalente da ovest verso est ed è intercettato dal pozzo di monitoraggio AB122PZ. Il pozzo si troverebbe pertanto in posizione di valle idrogeologica rispetto alla zona in cui avviene l'alimentazione laterale dall'area stoccaggio ovest (posta a nord del torrente).

Ne consegue che il livello della falda misurato nel pozzo AB122PZ è a tutti gli effetti rappresentativo del livello dell'acquifero della valle del Cantera e risulta esterno all'area di influenza esercitata dalla barriera idraulica.

In modo analogo, la qualità chimica dell'acqua intercettata dal pozzo di monitoraggio AB122PZ risente dell'apporto del flusso della falda che proviene da ovest lungo l'acquifero della valle del Cantera e che non è ascrivibile in modo diretto al flusso laterale proveniente dall'area stoccaggio ovest.



Inoltre il pozzo AB122PZ è stato incluso tra gli interventi di Messa in Sicurezza Operativa ("MISO"). Nel dettaglio il progetto di MISO<sup>2</sup> prevede che questo pozzo sia parte di un sistema di iniezione di acqua sovrassatura di ossigeno (*Pressured Aeration Tower* "PAT") finalizzato all'accelerazione dei processi di biodegradazione aerobica naturali della contaminazione disciolta all'interno dell'acquifero.

---

<sup>2</sup> Relazione Golder 08508460104/2797 Rev.1 "Progetto di Messa in Sicurezza Operativa (MISO) ai sensi del D.Lgs. 152/06 e 4/08 Revisione 1 - *Risposte alle osservazioni della Conferenza dei Servizi Decisoria del 22.12.2010 - Attività di pre-istruttoria con Provincia di Siracusa e ARPA Siracusa (settembre 2011 – aprile 2012)*", aprile 2012; trasmesso alle Autorità l'11 maggio 2012.



## **4.0 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO**

Il monitoraggio si articola in una serie di attività di verifica svolte prevalentemente in campo, secondo una frequenza definita o in funzione dei riscontri delle attività di controllo sui sistemi di MISE e sui pozzi di monitoraggio.

In **Tabella 13** è riportata la sintesi dei controlli e delle verifiche svolte e la loro frequenza.

### **4.1 Verifiche impiantistiche e manutenzione**

L'attività di verifica impiantistica dei pozzi di emungimento e dei pozzi di recupero prodotto è svolta attraverso il controllo dei seguenti parametri:

- stato di funzionamento delle pompe di emungimento;
- configurazione dei livelli di start-stop;
- frequenza degli inverter di comando delle pompe;
- pressione della tubazione di adduzione;
- portata dei pozzi di emungimento;
- stato di usura delle valvole e di funzionamento dei sensori di livello, dei misuratori e dei trasmettitori di portata;
- livello piezometrico;
- misura periodica del fondo-foro dei pozzi e dei piezometri di monitoraggio associati.

Gli esiti delle verifiche in campo sui pozzi di emungimento sono riportati nelle tabelle in **Appendice 1**. Le tabelle riportano, oltre alla tabella delle caratteristiche costruttive dei pozzi in emungimento, i seguenti dati per il periodo luglio – dicembre 2014:

- portata di progetto del pozzo;
- eventuale tempo di inattività del pozzo dovuto a scarso battente di acqua al suo interno (in percentuale rispetto al periodo);
- eventuale tempo in fuori servizio (in percentuale rispetto al periodo);
- tempo di funzionamento del pozzo (in percentuale rispetto al periodo);
- portata media nel periodo;
- volume di acqua emunto nel periodo.

Una tabella conclusiva illustra i dati cumulati per l'intero semestre.

### **4.2 Verifiche idrauliche**

Le attività di verifica idraulica prevedono rilievi della soggiacenza del livello della falda e dell'eventuale prodotto idrocarburico surnatante con cadenza quindicinale, per quanto riguarda i pozzi ubicati in corrispondenza dei sistemi di MISE e con cadenza semestrale per quanto riguarda tutti i pozzi presenti in Raffineria.

#### **4.2.1 Rilievo piezometrico quindicinale**

I rilievi piezometrici a cadenza quindicinale sono stati svolti nelle seguenti settimane (viene indicata la data del primo giorno della campagna la cui durata è generalmente di tre – quattro giorni): 30 giugno, 14 luglio, 4 e 25 agosto, 9 e 22 settembre, 6 e 20 ottobre, 4 e 17 novembre, 1 e 22 dicembre 2014.



Per ciascun mese sono forniti i dati del rilievo con cui sono elaborate le mappe piezometriche che illustrano l'andamento della superficie di falda nelle aree dove sono ubicati i sistemi di MISE.

I dati dei rilievi utilizzati sono riportati da **Tabella 14** a **Tabella 19**.

Le mappe piezometriche sono riportate nelle figure in **Appendice 2**.

Le oscillazioni maggiori del livello di falda sono state riscontrate nelle aree contrattori/candele e stoccaggio ovest dove la quota della falda, rimasta stabile nel periodo tra luglio e settembre, ha subito un innalzamento di circa 2,5 m nel periodo tra ottobre e novembre.

In area Marcellino la quota della falda è rimasta intorno alla quota del livello medio marino a esclusione del periodo di novembre durante il quale è stato misurato un innalzamento di circa 0,2 m.

In area stoccaggio est il livello della falda a valle della trincea L2 e della barriera idraulica metano ha avuto un periodo di innalzamento di circa 0,5 m tra settembre e novembre rispetto ai mesi precedenti e successivi.

Nelle aree dove l'acquifero è in diretta connessione con il mare e dove è assente o ridotta l'alimentazione laterale da acquiferi adiacenti (area esterna stoccaggio nord e area pontile), l'oscillazione della falda è stata ridotta o assente ed il livello misurato è stato intorno al livello medio marino o al di sotto.

#### **4.2.2 Rilievo piezometrico semestrale**

Il rilievo piezometrico a cadenza semestrale è stato svolto nel periodo dal 17 al 21 novembre.

I dati del rilievo piezometrico semestrale, presentati in **Tabella 20**, sono stati utilizzati per ricostruire il campo di moto della falda per l'acquifero superficiale, così come illustrato nella mappa piezometrica riportata in **Tavola 3**.

La quota della falda superficiale osservata nel rilievo di novembre è risultata alta rispetto agli anni passati ed è stata indotta dalla ricarica naturale degli acquiferi dovuta alle precipitazioni che hanno caratterizzato il mese di ottobre e i primi giorni del mese di novembre 2014.

Secondo i dati di piovosità forniti dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano ad ottobre e novembre sono stati misurati valori di precipitazioni superiori alle medie stagionali: 114 mm di pioggia ad Augusta e 82 mm a Siracusa nel mese di ottobre e 268 mm di pioggia ad Augusta e 142 mm a Siracusa nelle prime due decadi del mese di novembre.

Nel settore della valle del fiume Marcellino l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni e in misura minore dal flusso sotterraneo proveniente da monte idrogeologico (ovest) che è verosimilmente indotto dagli apporti del corso d'acqua quando non in secca. La quota della falda superficiale di tipo libero è attestata mediamente tra il livello marino e circa 0,6 m s.l.m. di quota (GAPZ49). L'analisi della serie storica di misure di soggiacenza evidenzia come non vi siano sostanziali oscillazioni del livello della superficie della falda nell'area della Raffineria (posta in destra del corso d'acqua) in quanto in questo tratto l'alveo fluviale è perennemente invaso dall'acqua marina che determina un vincolo all'oscillazione della falda a monte. Il campo di moto della falda ha orientazione est-ovest in direzione est ed è influenzato dalla depressione indotta dai sistemi di contenimento idraulico che sono disposti lungo il confine di Raffineria sulla sponda del corso d'acqua.

Nel settore della valle del torrente Cantera l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni e dal flusso sotterraneo proveniente da monte idrogeologico (ovest).

I dati di soggiacenza disponibili per la zona di monte della valle del Cantera (area stoccaggio ovest) indicano una componente di flusso orientata da nordovest verso sud-sudest compresa tra 12 m s.l.m. e 15 m s.l.m.. Questo flusso proveniente da nord è costituito da acqua che si accumula nei depositi permeabili della zona dei serbatoi di stoccaggio e che alimenta il flusso idrico sotterraneo in ingresso nella Raffineria da ovest e che costituisce l'acquifero della valle del torrente Cantera.

L'acquifero della valle del torrente Cantera riceve alimentazione laterale dall'area stoccaggio ovest sino in corrispondenza della barriera idraulica posta a valle del serbatoio TK212. Più a valle il flusso della falda è





diretto verso est in direzione del confine di Raffineria dove è ubicata la barriera idraulica Cantera. Il gradiente della falda per la porzione di acquifero antistante l'area stoccaggio ovest è pari a circa 0,01.

Per l'area posta sul versante idrografico sinistro del torrente Cantera antistante l'area delle candele indicano la presenza i dati indicano che il flusso dell'acqua sotterranea è formato da acque di infiltrazione ed è orientato da nord verso sud in direzione della barriera Cantera. La direzione del flusso in quest'area è controllata dall'andamento del substrato impermeabile dell'acquifero: questo risulta immergente verso sud-sudest sviluppandosi tra circa 11 m s.l.m. (S16) e -4 m s.l.m. (AB119PZ). La presenza dei pozzi di emungimento presenti in sinistra idrografica del torrente determina l'abbassamento della superficie di falda e il suo conseguente richiamo. Inoltre, il diaframma di confinamento fisico, ubicato nell'adiacente proprietà ENEL lungo il confine verso la Raffineria, crea l'effetto di un limite impermeabile con conseguente rotazione del flusso di falda parallelamente al medesimo limite e orientato nord - sud.

Nell'area a sud del torrente Cantera (area contrattori e area candele poste in destra idrografica del torrente) il flusso della falda ha direzione generale da ovest verso est (verso la linea di costa, distante dal confine della Raffineria circa 900 m). In questo tratto il gradiente della falda diminuisce da monte (ovest) verso valle (est): a monte tra il confine occidentale della Raffineria e la parte centrale della valle del torrente è pari a circa 0,01, mentre a valle è pari a circa 0,006.

Nel settore lungo la fascia costiera che corrisponde all'area pontile e all'area esterna stoccaggio nord (Punta Cugno) l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni, ricevendo deboli o nulli apporti sotterranei dai complessi adiacenti. Il livello di falda in corrispondenza della fascia litoranea è attestato intorno al livello medio marino. La direzione di flusso della falda è est - ovest verso la linea di costa. Il gradiente idraulico della falda è pari a circa 0,005 ed è localmente nullo a ridosso della linea di costa.

Nel settore dell'area stoccaggio est dove sono ubicate la trincea L2 e la barriera metano, l'acquifero è impostato nei depositi di transizione tra il settore centrale a ovest e la fascia litorale a est. La falda fluisce verso est con un gradiente di circa 0,006. La geometria del flusso è condizionata dall'andamento del substrato impermeabile che confina l'acquifero sia alla base che lateralmente (verso ovest) e dall'alimentazione laterale proveniente dal confine meridionale di Raffineria (nel tratto tra i piezometri AB106PZ e L05BIS).

### 4.2.3 Sezioni idrogeologiche

I dati del rilievo piezometrico semestrale eseguito a novembre sono stati utilizzati per illustrare il livello della superficie di falda nelle sezioni idrogeologiche riportate nelle tavole di **Appendice 3**.

Le sezioni illustrano l'assetto idrogeologico del sottosuolo e l'andamento della quota del livello di falda in funzione della presenza dei sistemi di confinamento idraulico. Le sezioni sono disposte in senso longitudinale rispetto allo sviluppo planimetrico dei sistemi e, dove presenti pozzi di monte e di valle idrogeologico, anche in senso trasversale.

Nelle sezioni idrogeologiche, le formazioni sedimentarie del sottosuolo sono state suddivise in quattro unità idrogeologiche di riferimento:

- Unità a prevalente sabbia e ghiaia con ciottoli con basso tenore della matrice limosa. Questa unità caratterizza i depositi fluviali. La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  m/s;
- Unità a prevalente sabbia (da fine a grossa) con un tenore variabile in limo. Questa unità caratterizza in prevalenza i depositi litorali, dall'area di Punta Cugno a nord all'area pontile a sud, ed è in parte inclusa nei depositi fluviali (ad es. sezione barriera Cantera). La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m/s;
- Unità a prevalente limo sabbioso e/o limo argilloso. Questa unità comprende i depositi intercalati in livelli e o lenti all'interno dei depositi fluviali (ad es. sezione barriera Cantera e barriera Marcellino) e in parte all'interno dei depositi litorali (ad es. sezione trincee e pozzi in pontile 2); l'unità è inoltre presente come formazione di passaggio ai sottostanti depositi dell'unità argillosa (ad es. sezione barriera Metano e trincea L2). La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  m/s;



- Unità a prevalente argilla limosa e/o argilla sabbiosa. Questa unità costituisce la base dell'acquifero superficiale ed è illustrata in tutte le sezioni idrogeologiche. Localmente questa unità è presente in lenti all'interno dell'unità a prevalente limo sabbioso. La conducibilità idraulica stimata è compresa tra  $10^{-6}$  e  $10^{-8}$  m/s.

Le unità sopra descritte sono diffusamente coperte da un livello di terreno di riporto che spesso è costituito da terreno naturale rimaneggiato.

Per quanto riguarda la falda, le sezioni idrogeologiche riportano:

- il livello medio della falda (in m s.l.m.) per i pozzi dove sono state eseguite periodiche misure di soggiacenza nel periodo tra luglio e dicembre 2014;
- il livello della falda (in m s.l.m.) a novembre 2014 per quei pozzi dove è stata eseguita la misura di soggiacenza della falda solo nel corso del rilievo piezometrico generale.

Per quanto riguarda i pozzi, le sezioni illustrano i tratti di tubazione cieca e quelli di tubazione fessurata.

Ulteriori informazioni riportate nelle sezioni riguardano la profondità in m rispetto al piano campagna dei limiti stratigrafici tra le diverse unità idrogeologiche.

#### *Barriera idraulica Cantera*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est). Il livello della falda rilevato nel mese di novembre risulta maggiore rispetto al livello medio del periodo luglio – dicembre. In particolare in sinistra idrografica (nord) la differenza è di 0,3 – 0,5 m, in destra idrografica è di circa 1 m.

Il livello dinamico indotto dai pozzi di emungimento in destra idrografica è circa 0,3 m inferiore del livello indisturbato misurato nei pozzi S15PZ e GAPZ05.

#### *Trincee drenanti e pozzi Punta Cugno nord*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dalle trincee drenanti e dall'azione dei pozzi di emungimento. L'abbassamento indotto dall'azione congiunta dei sistemi è maggiormente apprezzabile sui livelli medi del periodo e in misura minore per il livello osservato nel periodo di novembre per effetto della ricarica subita dall'acquifero a seguito di un periodo di intense precipitazioni.

#### *Trincee drenanti e pozzi Punta Cugno sud*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dalle due trincee drenanti e all'azione dei pozzi di emungimento. L'abbassamento indotto dall'azione congiunta dei sistemi è maggiormente apprezzabile sui livelli medi del periodo e in misura minore per il livello osservato nel periodo di novembre per effetto della ricarica subita dall'acquifero a seguito di un periodo di intense precipitazioni.

#### *Barriera idraulica Marcellino*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione media del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda approssima il livello del pelo libero dell'acqua ospitata nell'alveo del fiume Marcellino e che è intorno a 0 m s.l.m.. Il livello di novembre è invece di poco più alto nei piezometri privi di sistemi (0,3 m – 0,56 m s.l.m.). L'abbassamento esercitato dai sistemi sulla superficie della falda è



dell'ordine di qualche decimetro e comunque sufficiente a indurre gradienti idraulici in direzione della barriera.

#### *Barriera idraulica Furlanis*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione media del flusso di falda (da ovest verso est).

Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dall'azione dei pozzi di emungimento che induce un abbassamento medio di circa 0,5 m rispetto al livello nei piezometri esterni all'influenza della barriera.

#### *Trincee drenanti e pozzi pontile 1*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est) e include le trincee drenanti pontile 1 a, 1b ed RW02.

Il livello medio della falda è soggetto all'influenza indotta dalle tre trincee drenanti e all'azione dei pozzi di emungimento. L'azione congiunta dei sistemi induce un abbassamento medio compreso tra circa 0,3 m e 0,5 m rispetto ai livelli dei piezometri esterni a sistemi. In generale il livello medio della falda è inferiore al livello medio marino.

L'influenza esercitata dai sistemi si estende lungo tutta la porzione di acquifero ed è favorita dal ridotto gradiente idraulico della falda.

#### *Trincee drenanti e pozzi pontile 2*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di falda (da ovest verso est) e include le trincee drenanti pontile SO 2a, 2b, e 2c.

Per quanto riguarda le trincee 2b e 2c, il livello medio della falda è soggetto alla loro influenza e all'azione dei pozzi di emungimento. L'azione congiunta dei sistemi induce un abbassamento del livello medio di circa 0,5 m che all'interno delle trincee è attestata al di sotto del livello medio marino.

Per quanto riguarda la trincea 2a, il livello medio rappresentato in sezione all'interno della trincea (GATW01 e GATW02) risulta inferiore al livello riscontrato nei piezometri esterni posti a sud. Il maggiore abbassamento del livello di falda è indotta dai pozzi di emungimento che intercettano la porzione maggiormente permeabile dell'acquifero a differenza della trincea.

La marcata differenza di conducibilità idraulica tra l'interno della trincea e i depositi adiacenti permette alla trincea di drenare la porzione superficiale della falda ospitata nei depositi fini, mentre il contenimento idraulico della falda ospitata nei sottostanti depositi sabbiosi è operato dai due pozzi di emungimento RW31 e RW33 (mentre RW32 è un pozzo di *dewatering* interno alla trincea).

#### *Trincea drenante L2*

La sezione è orientata nord – sud ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di filtrazione delle acque sotterranee (da ovest verso est). L'azione della trincea e dei pozzi è quella di drenare le acque che filtrano attraverso la copertura superficiale lungo il versante su cui è stata realizzata la trincea (*dewatering*). Come si evince dalle caratteristiche del sottosuolo (in sezione è riportata una schematizzazione derivante dal profilo stratigrafico realizzato lungo un solo sondaggio geognostico disponibile), la trincea non interessa l'acquifero litorale che si sviluppa lateralmente più a est.

#### *Barriera idraulica Metano*

La sezione è orientata circa est – ovest ed è ortogonale rispetto alla direzione del flusso di filtrazione delle acque sotterranee (da nordovest verso sudest). L'azione della barriera (in particolare dei pozzi RW07, RW08 e RW09) è quella di drenare le acque che filtrano attraverso la copertura superficiale del versante posto a monte della barriera (*dewatering*) e attraverso i pozzi RW09 e RW10 intercettare il flusso della falda ospitata nella porzione marginale dell'acquifero litorale.



#### *Barriera idraulica TK212*

La sezione è orientata ovest – est ed è ortogonale alla direzione del flusso di falda (da nord a sud).

La barriera produce l'abbassamento del livello di falda.

Il livello medio della falda calcolato nel periodo di interesse è posto al di sotto della base dell'acquifero. Questa indicazione è comunque riportata graficamente in sezione in quanto fornisce un'informazione del livello medio che può essere estrapolata per la porzione di acquifero posta in adiacenza alla barriera (verso sud).

### **4.3 Verifiche degli impianti di recupero prodotto**

Le attività di verifica prevedono la misura degli spessori e delle quantità recuperate di idrocarburi in fase libera (prodotto).

Le misure di spessore di prodotto sono riportate unitamente ai dati di soggiacenza del livello di falda (vedi paragrafo 4.2).

#### **4.3.1 Aree con presenza di prodotto e quantità recuperata**

La distribuzione dei pozzi in cui è stata rilevata la presenza di prodotto nel corso del rilievo piezometrico di novembre 2014 è illustrata in **Tavola 4**.

Dalle misure del monitoraggio del mese di novembre e dalle misure dei rilievi effettuati nello stesso mese nei pozzi di recupero denominati SK (dati riportati in **Tabella 21**) è stata evidenziata la presenza di prodotto idrocarburico surnatante la falda nei pozzi indicati nel seguito.

- Area contrattori/candele e area impianti: presenza di velo o tracce nei piezometri, AB119PZ, AB124PZ, AB125PZ, AB126PZ, GAPZ11 e L09 e nei pozzi di emungimento RW01, RW03 e RW06;
- area Marcellino: presenza di velo o tracce in AB185PZ e nei pozzi di emungimento GAPZ47 e RW81;
- area pontile (costiera e Furlanis): presenza di velo o tracce in AB183PZ, GAPZ20, P06PZ, S33PZ, S34PZ, GATW03, nei pozzi di recupero prodotto SK102, SK103, SK105, SK106, SK108, SK111, SK113 e SK114, nei pozzi di emungimento RW02, RW34, RW35, RW36, RW41, RW42, RW43, RW44, RW45, RW46, RW51, RW53 e RW54;
- area esterna stoccaggio nord (Punta Cugno): presenza di velo o tracce nei pozzi di monitoraggio AB142PZ, AB187PZ, GAPZ28, GAPZ29, GAPZ42, GAPZ43, nei pozzi di recupero prodotto SK33, SK34 e nei pozzi di emungimento RW61, RW72, RW73, RW75;
- area stoccaggio est: presenza di velo o tracce nei piezometri AB063PZ, AB065PZ, GAPZ46, S18, S26PZ, S27PZ e P29PZ e nei pozzi di emungimento RW10 e RW11;
- area stoccaggio ovest (TK212): presenza di velo o tracce nei piezometri AB096PZ, AB097PZ, AB098PZ, C5, G5, GAPZ06, GAPZ07, S12PZ e nel pozzo di emungimento GAPZ32.

Da un confronto tra i dati storici, con riferimento al rilievo generale precedente (giugno 2014), è possibile notare che:

- non è più stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB013PZ, AB087PZ, AB089PZ, C7, GAPZ33, RW74, RW76, RW77, SK35 e SK36;
- lo spessore di prodotto surnatante si è ridotto a velo o tracce nei pozzi GAPZ46, L05, RW51, RW72, RW75, RW81 e SK105;
- è stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB065PZ, G5, S18PZ e S27PZ.



Per quanto riguarda il recupero del prodotto surnatante, i volumi di prodotto estratti fino a dicembre 2014 mediante le diverse tipologie di installazioni presenti in Raffineria sono i seguenti:

- volume di prodotto recuperato a partire da febbraio 2006 mediante i sistemi fissi installati nell'ambito dell'ASC – Step I (*skimmer* attivi denominati SK): 1669,7 m<sup>3</sup>;
- volume di prodotto recuperato a partire da aprile 2004 mediante i sistemi puntuali di recupero prodotto (*skimmer* attivi, *total fluid*, *skimmer* passivi): 178,6 m<sup>3</sup>;
- volume di prodotto recuperato a partire da marzo 2010 mediante eiettore: 5,5 m<sup>3</sup>;
- totale prodotto recuperato a partire da aprile 2004: 1853,8 m<sup>3</sup>

I dati relativi ai volumi di prodotto recuperato dai sistemi puntuali (*skimmer* attivi e passivi e *total fluid*) sono riportati in **Tabella 22**.

Dal mese di marzo 2010 è attivo un sistema integrativo di recupero prodotto mediante eiettore che consente di recuperare localmente il prodotto accumulato nel pozzo di emungimento attraverso l'induzione di una depressione su di un tubo di aspirazione.

Nel periodo marzo 2010 – dicembre 2014 l'attività di recupero prodotto mediante eiettore ha interessato i seguenti pozzi di emungimento: RW51, RW53, RW54, RW72, RW73, RW74, RW75, RW76, RW81.

Si precisa che gli interventi di recupero prodotto vengono attivati in funzione degli spessori di prodotto rilevati nel corso delle attività di monitoraggio e sulla base delle valutazioni sito specifiche condotte in campo.

A partire dal 13 aprile 2011, come richiesto dalla Provincia Regionale di Siracusa con ordinanza n. 18/2011, il prodotto idrocarburico recuperato e separato dall'acqua, che prima veniva riutilizzato nel ciclo produttivo di Raffineria, è stato smaltito come rifiuto ai sensi della normativa vigente, con codice CER 050105\*.

#### 4.4 Verifiche chimiche

La verifica chimica in accordo al Protocollo è fatta attraverso il campionamento dell'acqua sotterranea dei pozzi presenti in Raffineria.

L'attività di campionamento è stata condotta nel periodo dal 3 al 23 dicembre 2014.

Le attività hanno riguardato lo spurgo e il campionamento dei pozzi di Raffineria in condizione di essere campionati.

Le attività sono state eseguite secondo quanto indicato nel "Protocollo di monitoraggio idrochimico e piezometrico" del maggio 2014 e in accordo con le indicazioni contenute nel Protocollo generale per il SIN Priolo.

Il campionamento delle acque è stato eseguito secondo le modalità di seguito riportate:

- rilievo con sonda ad interfaccia per la misura della soggiacenza dell'acqua sotterranea o, in caso di presenza di prodotto surnatante nel pozzo, per la misura della soggiacenza del prodotto e dell'interfaccia tra acqua e prodotto;
- spurgo dell'acqua presente nel pozzo di monitoraggio (solo nei pozzi non interessati dalla presenza di prodotto surnatante);
- determinazione dei parametri chimico-fisici delle acque sotterranee (conducibilità elettrica, temperatura, potenziale redox, pH, ossigeno disciolto, Fe<sup>++</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mn<sup>++</sup>, composti organici volatili – VOC a testa pozzo, TST<sup>3</sup>), nel corso delle attività di spurgo;

<sup>3</sup> Il Test dello Spazio di Testa (TST) permette di rilevare in modo speditivo alcune informazioni preliminari circa l'eventuale livello di contaminazione da composti organici volatili (COV) di un campione di acqua o di terreno.



- campionamento dinamico eseguito con metodologia *low-flow* (portata minore di 0,5 l/min). Laddove non è stato possibile effettuare il campionamento in modalità dinamica a causa della limitata produttività del pozzo è stato eseguito il campionamento in modalità statica mediante campionatori manuali monouso (*bailer*), ad eccezione dei pozzi con battente idraulico insufficiente.

Nel corso del campionamento sono stati prelevati n° 108 campioni di acqua sotterranea. Tra questi sono stati campionati in contraddittorio con ARPA SR i campioni: AB122PZ, AB130PZ, AB188PZ, GACW4D, GACW7B, GAPZ04, GAPZ15, GAPZ37, L05BIS, RW06, RW34 e RW63.

Non è stato possibile campionare n° 27 pozzi a causa della scarsa ricarica dell'acquifero, della presenza di prodotto idrocarburico surnatante o per inaccessibilità.

#### **4.4.1 Analisi chimiche di laboratorio**

I campioni di acqua sotterranea prelevati sono stati analizzati dal laboratorio Chelab S.r.l. di Resana (TV).

I parametri chimici oggetto di analisi chimiche di laboratorio sono quelli elencati nella Tabella 18 del Protocollo del maggio 2014.

I risultati delle analisi chimiche di laboratorio sono riportati in **Tabella 23**.

Le concentrazioni rilevate dalle analisi chimiche sono state confrontate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione ("CSC") riportate nella Tabella 2 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del Decreto Legislativo n.152 del 3 aprile 2006 ("D.Lgs. 152/06").

Per quanto ai parametri ferro e manganese i valori di concentrazione sono confrontati con i valori di fondo naturale scaturiti dallo studio effettuato dall'Ufficio del Commissario Delegato per l'Emergenza Rifiuti e la Tutela delle Acque in Sicilia (dicembre 2005), per l'area dei Monti Iblei compresa tra Targia e le Coste di Gigia della Piana Augusta-Priolo, nella quale rientra il sito in esame.

Per quanto riguarda il parametro Metilterbutilene ("MtBE") i valori di concentrazione sono confrontati con il valore di 40 µg/l indicato nel parere tecnico dall'ISS n°45848 del 12/09/2006 (qui utilizzato senza acquiescenza).

Dal confronto sono stati individuati superamenti dei valori di concentrazione limite per i seguenti parametri (tra parentesi il numero di superamenti totali su 108 analisi):

- metalli: arsenico (6), ferro (55), manganese (79);
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA): benzo(a)pirene (10), benzo(g,h,i)perilene (10), dibenzo(a,h)antracene (1) e sommatoria IPA (1);
- idrocarburi aromatici (BTEX): benzene (3);
- idrocarburi totali (espressi come n-esano) (30).

Per i parametri arsenico, ferro, manganese, benzene, benzo(a)pirene, benzo(g,h,i)perilene e idrocarburi totali (espressi come n-esano) sono state elaborate mappe in cui sono riportati i pozzi con concentrazioni superiori ai valori limite (da **Tavola 5** a **Tavola 11**). La scelta è ricaduta su quei parametri che hanno avuto un numero di superamenti pari ad almeno il 10% sul totale delle analisi svolte a partire dal 2001.

Confrontando i risultati analitici ottenuti dagli stessi pozzi analizzati nella campagna annuale di giugno 2014 si evidenziano le seguenti differenze:

- non sono più stati riscontrati superamenti per i parametri 1,1-dicloroetilene, cloruro di vinile, cromo totale, esaclorobutadiene, MtBE, nichel, p-xilene, tetracloroetilene, tricloroetilene e zinco;





- è diminuito il numero di superamenti per i parametri (tra parentesi la differenza) arsenico (9), benzene (3), benzo[a]pirene (1), ferro (25), idrocarburi totali (come n-esano) (2) e manganese (21);
- è aumentato il numero di superamenti per il parametro (tra parentesi la differenza) Benzo[g,h,i]perilene (2);
- è stato riscontrato il superamento per il dibenzo[a,h]antracene e sommatoria IPA.

#### **4.4.2 Verifiche chimiche sui sistemi di contenimento idraulico**

La verifica chimica sui sistemi di contenimento idraulico della falda è stata fatta tenendo conto dei seguenti parametri di interesse:

- metalli: antimonio, arsenico, ferro, manganese, nichel e piombo;
- BTEX: benzene, etilbenzene, stirene, toluene e p-xilene;
- IPA: benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene benzo(g,h,i)perilene e dibenzo(a,h)antracene;
- idrocarburi totali (n-esano);
- MtBE;
- PCB totali.

I parametri di interesse sono stati selezionati tra quelli che a partire dalle prime analisi disponibili del 2001 (riferite al Piano della Caratterizzazione) e sino alle analisi del giugno 2014 hanno avuto una percentuale di superamenti delle CSC superiore all'uno per cento, includendo anche l'MtBE (**Tabella 24**).

**Tabella 24: Parametri chimici di interesse**

<b>Parametro</b>	<b>Numero Superamenti</b>	<b>Numero Analisi</b>	<b>Percentuale superamento</b>
Manganese	305	353	86,40%
Ferro	242	353	68,56%
Idrocarburi totali (come n-esano)	1199	2953	40,60%
Arsenico	567	2953	19,20%
Benzene	454	2953	15,37%
Benzo[a]pirene	367	2879	12,75%
Benzo[g,h,i]perilene	332	2879	11,53%
Antimonio	54	646	8,36%
Benzo[a]antracene	151	2735	5,52%
p-Xilene	158	2862	5,52%
Nichel	28	646	4,33%
Piombo	117	2883	4,06%
Toluene	118	2953	4,00%
Benzo[b]fluorantene	84	2879	2,92%
Etilbenzene	78	2953	2,64%
Dibenzo[a,h]antracene	62	2879	2,15%
Stirene	40	2953	1,35%
PCB totali	20	1568	1,28%



Parametro	Numero Superamenti	Numero Analisi	Percentuale superamento
MtBE	-	-	-

In **Tavola 12** per ogni sistema di confinamento idraulico sono riportate le tabelle riassuntive delle concentrazioni dei parametri di interesse (quando superiori al limite di rilevabilità).

Le tabelle riassuntive mostrano la variazione delle concentrazioni in funzione della posizione del pozzo rispetto al sistema: monte, interasse e valle (si faccia riferimento alle tabelle del capitolo 3).

#### **4.4.3 Elaborazione statistica dei dati di concentrazione dei parametri di interesse**

Per i contaminanti per i quali, a partire dal 2001 fino al mese di giugno 2014, sono stati riscontrati superamenti dei valori limite di riferimento per percentuali maggiori dell'uno per cento (**Tabella 24**) e, in aggiunta, per l'MtBE si riportano in **Appendice 4** le elaborazioni statistiche di base dei valori di concentrazione.

Le elaborazioni sono state fatte per media aritmetica, mediana, deviazione standard e percentili e i dati sono stati suddivisi in funzione delle differenti aree di Raffineria dove ricadono i pozzi campionati a dicembre.

Le elaborazioni statistiche sono state predisposte considerando i seguenti periodi di riferimento:

- dal 2001 al 2008;
- dal 2009 al 2014 che include i risultati della campagna di dicembre;
- dicembre 2014.

L'anno 2009 è stato selezionato come limite temporale in quanto nel corso di quell'anno sono stati via via completati i pozzi che sono parte del progetto *Augusta Site Containment Step II*.

Confrontando il valore medio di concentrazione dei parametri di interesse della campagna di monitoraggio di dicembre 2014 con il valore medio del periodo 2009 – 2014 (campagna di dicembre inclusa), si osserva che con la sola eccezione dei valori medi per l'arsenico in area contrattori/candele e per gli idrocarburi totali in area Marcellino tutti i parametri hanno valori medi di concentrazione minori o, come nel caso degli IPA e dell'etilbenzene (in alcuni casi), uguali.

Il fatto che i valori medi del mese di dicembre 2014 siano inferiori al valore medio di concentrazione di ciascun parametro di interesse del periodo 2009 – 2014 è indice di una migliore qualità ambientale delle acque sotterranee.

#### **4.4.4 Andamento nel tempo delle concentrazioni**

Per i contaminanti di interesse, si riportano in **Appendice 5** i diagrammi di concentrazione/tempo per i sistemi di contenimento localizzati all'interno della Raffineria (barriera Cantera, trincee Punta Cugno nord, trincee Punta Cugno sud A e B, barriera Furlanis, barriera Marcellino, barriera Metano, trincea Pontile 1, 2a, 2b-2c, barriera TK212 e trincea RW02) e per i quali sono stati individuati i piezometri di monte, di interasse e di valle al precedente Paragrafo 3.1 (Verifica chimica). In particolare, per ciascun contaminante e con diretto riferimento ai sistemi di contenimento di Raffineria, a seguito dei risultati della campagna di dicembre 2014, si osserva quanto segue.

##### **Arsenico**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti delle CSC:

- per una serie di pozzi della barriera Metano, quali in particolare RW08 (pozzo di emungimento), RW10 (pozzo di emungimento), RW11 (pozzo di emungimento) e AB091PZ (pozzo di valle);





- per pozzi P12PZ (pozzo di valle) e P31PZ (pozzo di monte) del sistema di trincee Pontile 2b e 2c.

I dati mostrano un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un decremento delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

#### **Benzene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti delle CSC:

- per il pozzo RW03 (pozzo di emungimento) della barriera Cantera;
- per il pozzo RW44 (pozzo di emungimento) della barriera Furlanis;
- per il pozzo SK021 (pozzo di interasse).

Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un decremento delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

#### **Benzo[a]antracene**

I diagrammi concentrazione/tempo confermano l'assenza di superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo, con alcune oscillazioni contenute al di sotto della CSC.

#### **Benzo[a]pirene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti delle CSC:

- per i pozzi RW41 (pozzo di emungimento) e GACW5A (pozzo di interasse) barriera Furlanis;
- per i pozzi SK021, SK 22, SK023 e AB009PZ (pozzi di interasse) del sistema di trincee Pontile 1;
- per i pozzi GACW3C (pozzo di monte) e P12PZ (pozzo di valle) del sistema di trincee Pontile 2.

Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un decremento delle concentrazioni (peraltro di discreta entità) nelle campagne di monitoraggio più recenti.

#### **Benzo[b]fluorantene**

I diagrammi concentrazione/tempo confermano l'assenza di superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo, con alcune oscillazioni contenute al di sotto della CSC.

#### **Benzo[ghi]perilene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti delle CSC:

- per il solo pozzo GAPZ03 (pozzo di valle) della barriera Cantera;
- per i pozzi GACW5A (pozzo di interasse) e RW41 (pozzo di emungimento) della barriera Furlanis;
- per i pozzi SK022 e SK023 (pozzi di interasse) del sistema di trincee Pontile 1;
- per il pozzo GAPZ16 (pozzo di interasse) del sistema di trincee Pontile 2;
- per i pozzi GACW3C (pozzo di monte) e P12PZ (pozzo di valle) del sistema di trincee Pontile 2.

#### **Dibenzo[ah]antracene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti delle CSC:

- per il pozzo GACW5A (pozzo di interasse) della barriera Furlanis



### **Etilbenzene**

I diagrammi concentrazione/tempo confermano l'assenza di superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un trend in diminuzione delle concentrazioni nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### **Ferro**

Questo parametro non è stato analizzato tra il 2007 sino alla campagna di giugno 2014. Ne risulta quindi un andamento costante delle concentrazioni nel tempo.

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti del valore di fondo (341 µg/l):

- per i pozzi RW01 e RW04 (pozzi di emungimento) e AB117PZ (pozzo di monte) della barriera Cantera;
- per i pozzi RW71+RW76 (pozzi di emungimento) del sistema di trincee Punta Cugno nord;
- per il pozzo RW76 (pozzo di emungimento) della trincea Punta Cugno sud A;
- per i pozzi RW63, RW64 e RW65 (pozzi di pompaggio) e GACW7B (pozzo di monte) della trincea Punta Cugno sud B;
- per i pozzi RW41+RW46 (pozzi di emungimento) e GACW5A (pozzo di interasse) della barriera Furlanis;
- per il pozzo RW81, AB185PZ, GAPZ13, GAPZ15 e GAPZ48 (pozzi di emungimento) AB185BISPZ e GAPZ14 (pozzi di interasse), GAPZ49 (pozzo di monte) della barriera Marcellino;
- per i pozzi RW08, RW10 e RW11 (pozzi di emungimento) e AB091PZ (pozzo di valle) della barriera Metano;
- per i pozzi RW51, RW52 e RW53 (pozzi di pompaggio), SK21 e SK23 (pozzi di interasse) della trincea Pontile 1;
- per i pozzi RW31, RW32 e RW33 (pozzi di emungimento) della trincea Pontile 2a;
- per il pozzo P31PZ (pozzo di monte), GACW4A e P12PZ (pozzi di valle) della trincea Pontile 2b 2c;
- per il pozzo GAPZ30 (pozzo di emungimento) della barriera TK212.

### **Idrocarburi totali**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti delle CSC:

- per i pozzi RW01, RW03 E RW05 (pozzi di pompaggio) della barriera Cantera;
- per i pozzi AB187PZ, RW74, RW75 e RW77 (pozzi di pompaggio) del sistema di trincee Punta Cugno nord;
- per i pozzi RW41, RW44 e RW46 (pozzi di pompaggio), AB180PZ (pozzo di valle) della barriera Furlanis;
- per i pozzi AB185PZ, GAPZ47 (pozzi di emungimento), AB185BISPZ e GAPZ14 (pozzi di interasse) della barriera Marcellino;
- per i pozzi RW08, RW09, RW10 e RW11 (pozzi di pompaggio) della barriera Metano;
- per i pozzi AB009PZ, SK021, SK022 e SK023 (pozzi di interasse) del sistema di trincee Pontile 1;



- per il pozzo RW35 (pozzo di emungimento), pozzo P12PZ (pozzo di valle) del sistema di trincee Pontile 2b e 2c;
- per il pozzo GAPZ33 (pozzo di emungimento) della barriera TK212;
- per il pozzo RW02 (pozzo di emungimento) della Trincea RW02.

#### **Manganese**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano i seguenti superamenti del valore di fondo (139 µg/l):

- per i tutti i pozzi di emungimento, di interasse e di valle della barriera Cantera ad esclusione di RW05 (pozzo di emungimento), AB118PZ (pozzo di interasse), GAPZ02, GAPZ04 e S15PZ (pozzi di valle);
- per i tutti i pozzi di emungimento e di interasse del sistema di trincee Punta Cugno nord ad esclusione di RW78 (pozzo di emungimento) e AB140PZ (pozzo di monte);
- per il pozzo GAPZ37 (pozzo di interasse) della trincea Punta Cugno sud A;
- per i pozzi RW63, RW64 e RW65 (pozzi di pompaggio) e AB186PZ (pozzo di monte) della trincea Punta Cugno sud B;
- per il pozzo RW46 (pozzo di pompaggio), AB180PZ e GACW5A (pozzo di valle) della barriera Furlanis;
- per i tutti i pozzi di emungimento e di interasse della barriera Marcellino;
- per i pozzi RW09, RW10 e RW11 (pozzi di pompaggio), L05BIS (pozzo di monte) e AB091PZ (pozzo di valle) della barriera Metano;
- per i pozzi RW51+RW54 (pozzi di emungimento), SK021, SK022 e SK023 (pozzi di interasse) del sistema di trincee Pontile 1;
- per i pozzi RW31, RW32 e RW33 (pozzi di emungimento) della trincea Pontile 2a;
- per il pozzo P31PZ (pozzo di monte), GACW4A, GACW4D e P12PZ (pozzi di valle) della trincea Pontile 2b 2c;
- per i pozzi GAPZ30, GAPZ31 e GAPZ33 (pozzi di emungimento) della barriera TK212;
- per il pozzo RW02 (pozzo di emungimento) e AB179PZ (pozzo di interasse) della Trincea RW02.

#### **MtBE**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di dicembre 2014 non vi sono superamenti del limite proposto dall'ISS pari a 40 µg/l e che le concentrazioni misurate non si discostano da quanto osservato in passato.

#### **Piombo**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di dicembre 2014 non vi sono superamenti delle CSC e che le concentrazioni misurate non si discostano da quanto osservato in passato.

#### **p-xilene**

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che, nella campagna di dicembre 2014, non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento piuttosto variabile delle concentrazioni nel tempo, con un *trend* in diminuzione delle concentrazioni confermato nelle campagne di monitoraggio più recenti.



### Stirene

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di dicembre 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo con un *trend* delle concentrazioni in diminuzione, confermato nelle campagne di monitoraggio più recenti.

### Toluene

I diagrammi concentrazione/tempo mostrano che nell'ultima campagna di dicembre 2014 non vi sono superamenti delle CSC per tutti i pozzi dei sistemi di contenimento di Raffineria. Si osserva un andamento abbastanza costante delle concentrazioni nel tempo con un *trend* delle concentrazioni in diminuzione, confermato nelle campagne di monitoraggio più recenti.

#### 4.4.4.1 Osservazioni

Per quanto riguarda i superamenti rilevati nei campioni prelevati nei pozzi ubicati a valle dei sistemi si specifica che:

- a valle della barriera Cantera il pozzo GAPZ03 (superamenti di benzo(g,h,i)perilene e manganese) è ubicato nell'area di richiamo indotta dalla barriera idraulica;
- a valle della barriera Furlanis il pozzo AB180PZ (superamenti di idrocarburi totali) è attrezzato con una pompa di emungimento e opera a sua volta un contenimento idraulico della falda; nel pozzo GACW5A è stato rilevato il superamento di manganese;
- a valle del sistema di trincee Pontile 2 il pozzo P12PZ (superamenti di benzo(a)pirene, benzo(g,h,i)perilene, idrocarburi totali e manganese) è attrezzato con una pompa di emungimento e opera a sua volta un contenimento idraulico della falda; nel pozzo GACW4A è stato rilevato il superamento di ferro e manganese; nel pozzo GACW4D è stato rilevato il superamento di manganese;
- a valle della barriera Metano il pozzo AB091PZ (superamenti di arsenico, ferro e manganese) è protetto più a est dai sistemi ubicati in area pontile.

#### 4.4.5 Grafici di frequenza cumulata

Poiché la campagna di campionamento e analisi presentata in questo documento include i pozzi direttamente interessati dei sistemi di MISE e non la totalità dei pozzi presenti in Raffineria, non sono aggiornati i grafici di concentrazione cumulata presentati nel precedente aggiornamento dello stato ambientale relativo invece alla campagna annuale.

### 5.0 AGGIORNAMENTO MODELLO NUMERICO

Il modello numerico è stato aggiornato e verificato in seguito all'acquisizione dei dati di monitoraggio sul funzionamento dei sistemi di contenimento installati in Raffineria (ASC Step I e ASC Step II).

In base ai risultati della simulazione matematica si può concludere che per tutti i sistemi funzionanti (ASC Step I e ASC Step II), le portate emunte dai pozzi sono adeguate per catturare i pennacchi di contaminazione.

I dettagli dell'aggiornamento sono riportati in **Appendice 6**.



## **6.0 CONCLUSIONI**

Nel documento sono stati presentati i risultati delle attività di monitoraggio e della verifica delle prestazioni dei sistemi di MISE di Raffineria, svolte nel periodo tra luglio e dicembre 2014.

Gli esiti dei rilievi piezometrici mensili hanno evidenziato che il livello di falda non ha avuto sensibili variazioni durante il semestre nelle aree dove l'estensione a monte dell'acquifero è limitata e che risentono della vicinanza del mare (area pontile e area esterna stoccaggio nord) o della presenza di corpi idrici superficiali (area Marcellino), mentre le oscillazioni maggiori del livello di falda sono state osservate nelle aree dove l'acquifero ha maggiore estensione verso monte e o lateralmente verso aree esterne ai confini della Raffineria (area contrattori/candele, area stoccaggio ovest, area stoccaggio est). In particolare le oscillazioni maggiori sono state misurate tra ottobre e novembre e sono da riferire alle precipitazioni del mese di ottobre e dell'inizio di novembre che sono state superiori alle medie.

Le sezioni idrogeologiche su cui è stato riportato il livello medio della falda per il periodo luglio - dicembre 2014 mostrano come i sistemi (barriere idrauliche e trincee) esercitino l'abbassamento della superficie di falda e il richiamo del flusso sotterraneo.

Da un confronto tra i dati storici, con riferimento al rilievo generale precedente (giugno 2014), è possibile notare che:

- non è più stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB013PZ, AB087PZ, AB089PZ, C7, GAPZ33, RW74, RW76, RW77, SK35 e SK36;
- lo spessore di prodotto surnatante si è ridotto a velo o tracce nei pozzi GAPZ46, L05, RW51, RW72, RW75, RW81 e SK105;
- è stata rinvenuta la presenza di velo o tracce di prodotto surnatante nei pozzi AB065PZ, G5, S18PZ e S27PZ.

Rispetto ai risultati delle analisi della campagna annuale di giugno 2014 condotte sugli stessi pozzi si evidenziano le seguenti differenze:

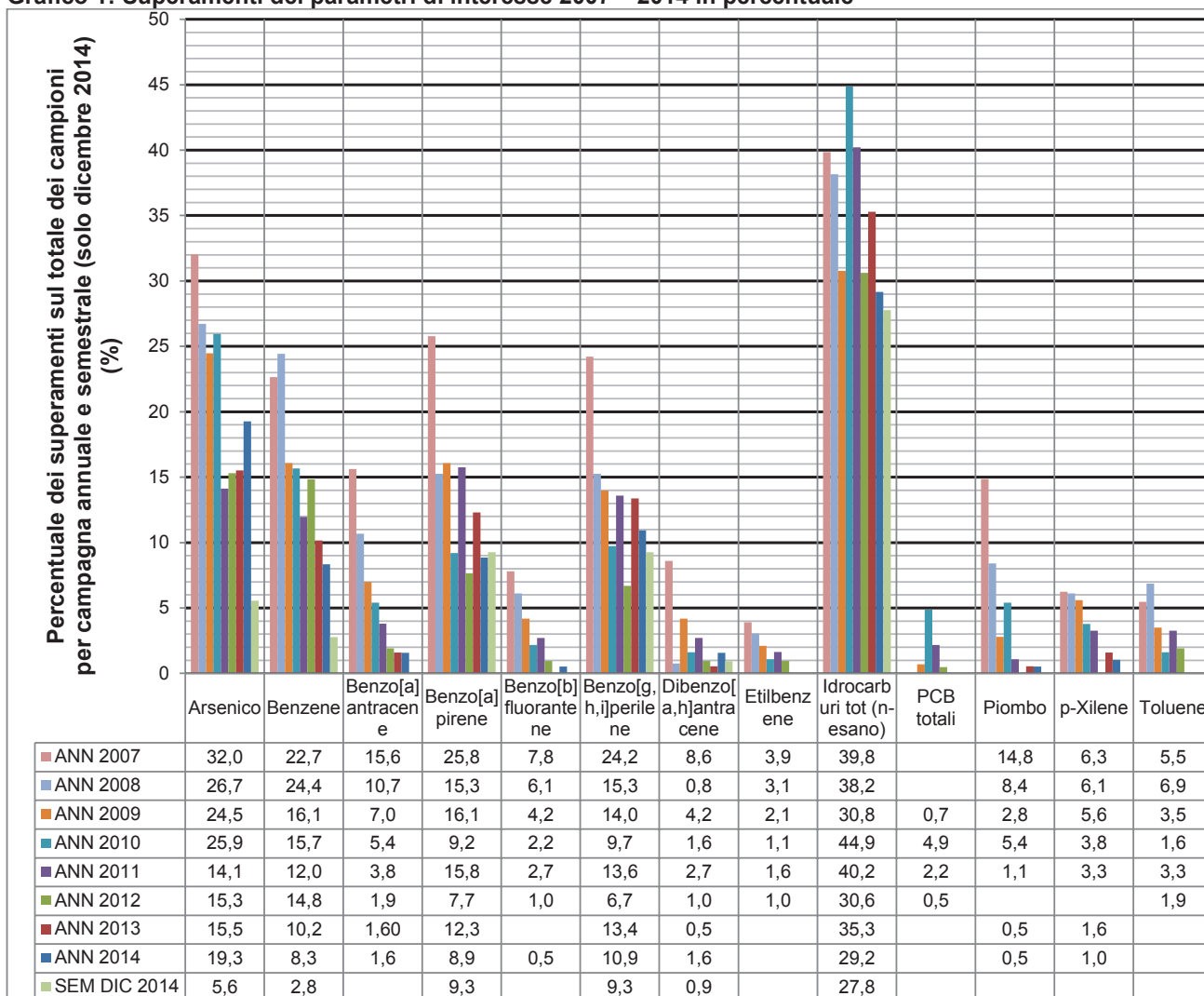
- non sono più stati riscontrati superamenti per i parametri 1,1-dicloroetilene, cloruro di vinile, cromo totale, esaclorobutadiene, MtBE, nichel, p-xilene, tetracloroetilene, tricloroetilene e zinco;
- è diminuito il numero di superamenti per i parametri (tra parentesi la differenza) arsenico (9), benzene (3), benzo[a]pirene (1), ferro (25), idrocarburi totali (come n-esano) (2) e manganese (21);
- è aumentato il numero di superamenti per il parametro (tra parentesi la differenza) Benzo[g,h,i]perilene (2);
- è stato riscontrato il superamento per il dibenzo[a,h]antracene e sommatoria IPA.

In **Grafico 1** è riportata la percentuale di superamenti delle CSC nei campionamenti annuali dal 2007 al 2014 confrontati con la percentuale di superamenti della campagna semestrale di dicembre 2014. Il grafico include i parametri di interesse ad esclusione di quelli privi della serie storica di dati (Sb, Fe, Mn e MtBE) e dello stirene che nei campionamenti annuali non ha avuto superamenti dal 2007. Dal grafico si nota che salvo l'arsenico e il benzo(a)pirene, la percentuale di superamenti per campagna ha un trend generale in diminuzione.

La bassa percentuale di superamenti dell'arsenico (circa un terzo rispetto alla campagna annuale di giugno 2014) può essere indicativa del fatto che il gruppo di pozzi campionati con cadenza semestrale e che sono distribuiti attorno ai sistemi di MISE sono impattati da questo metallo in misura inferiore rispetto ai restanti pozzi di Raffineria distribuiti perlopiù nel settore centrale. Lo stesso potrebbe essere riferito al parametro benzene anche se in questo caso il netto abbassamento dei superamenti può essere ascrivito al *trend* decrescente che caratterizza la percentuale degli ultimi tre anni.



**Grafico 1: Superamenti dei parametri di interesse 2007 – 2014 in percentuale**



Per i restanti idrocarburi le percentuali rilevate sono confrontabili (in alcuni casi inferiori) con quelle relative ai campionamenti annuali recenti.

Infine è stato aggiornato il modello numerico del flusso di falda in corrispondenza dei sistemi di contenimento installati in Raffineria. In base ai risultati della simulazione matematica si può concludere che per tutti i sistemi funzionanti, le portate emunte dai pozzi sono adeguate per catturare i pennacchi di contaminazione.



## **Firme della Relazione**

**GOLDER ASSOCIATES S.R.L.**

Ing. Angela Giudice  
Project Manager

Ing. Michael Pupeza  
Project Director

C.F. e P.IVA 03674811009

Registro Imprese Torino

società soggetta a direzione e coordinamento di Enterra Holding Ltd. Ex art. 2497 c.c.



# TABELLE





# TAVOLE



# **APPENDICE 1**

## **Verifiche impiantistiche sui pozzi di emungimento**



## **APPENDICE 2**

### **Piezometrie mensili**



# **APPENDICE 3**

## **Sezioni idrogeologiche**



# **APPENDICE 4**

## **Elaborazioni statistiche**



# **APPENDICE 5**

## **Grafici di concentrazione nel tempo**



## **APPENDICE 6**

### **Aggiornamento del modello numerico del flusso della falda**

Golder Associates è una società internazionale che offre servizi di consulenza, progettazione e realizzazione nel campo delle scienze ambientali, dell'ingegneria geotecnica e dell'energia. La nostra mission "Engineering Earth's Development, Preserving Earth's Integrity" sottolinea il nostro costante impegno verso l'eccellenza – sia in campo tecnico, sia nella cura del servizio al cliente – e verso la sostenibilità. Da oltre 50 anni la nostra principale caratteristica è la profonda comprensione delle esigenze dei nostri clienti e degli ambiti in cui essi operano. Per questo motivo siamo in grado di offrire loro un supporto concreto perché possano raggiungere i loro obiettivi finanziari, sociali e ambientali, nel breve e nel lungo periodo. Fare la differenza in un mondo in continuo mutamento: questo è l'impegno che ci prendiamo nei confronti dei nostri clienti e delle loro comunità di riferimento.

Africa	+ 27 11 254 4800
Asia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 356 21 42 30 20
America del Nord	+ 1 800 275 3281
America del Sud	+ 55 21 3095 9500

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associates S.r.l.**  
**Banfo43 Centre**  
**Via Antonio Banfo 43**  
**10155 Torino**  
**Italia**  
**T: +39 011 23 44 211**

