



Aprile 2014

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

Aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo Dicembre 2013

Destinatario:

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

RELAZIONE



Numero Relazione 1350840696/EM4551





Indice

1.0	INTRODUZIONE	1
2.0	SISTEMI DI MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA IN ESERCIZIO	2
2.1	Installazioni fisse	2
2.2	Installazioni puntuali	3
2.3	Sistemi di regolazione e controllo	4
3.0	ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO	5
3.1	Attività eseguite tra ottobre 2013 e gennaio 2014	5
3.2	Rilievo piezometrico generale	6
3.3	Rilievi piezometrici locali	6
3.4	Prodotto surnatante	9
3.4.1	Aree con presenza di prodotto	9
3.4.2	Sistemi di recupero prodotto installati	10
3.4.3	Volumi di prodotto recuperati	10
3.5	Campionamenti ed analisi chimiche di laboratorio delle acque sotterranee	10
3.5.1	Campionamento nei pozzi limitrofi ai pozzi di emungimento	10
3.6	Valutazione dell'efficacia idraulica dei sistemi di contenimento dell'acqua sotterranea	12

TABELLE

Tabella 1	Sintesi degli interventi di MISE in esercizio
Tabella 2	Sintesi delle attività di monitoraggio
Tabella 3	Rilievo piezometrico generale
Tabella 4	Rilievi piezometrici mensili
Tabella 5	Rilievo dello spessore di prodotto (pozzi SK)
Tabella 6	Rilievo dello spessore di prodotto (pozzi di Raffineria)
Tabella 7	Installazioni puntuali di recupero prodotto – Volumi recuperati
Tabella 8	Analisi chimiche sui campioni di acqua sotterranea (gennaio 2014)

TAVOLE

Tavola 1	Planimetria generale ed ubicazione dei pozzi di monitoraggio
Tavola 2	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2013)
Tavola 2a	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2013) – Area esterna stoccaggio nord



Tavola 2b	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2013) – Area pontile e stoccaggio est
Tavola 2c	Planimetria con indicazione dei sistemi di messa in sicurezza in esercizio (aggiornamento al 31 dicembre 2013) – Area contrattori/candele e stoccaggio ovest
Tavola 3	Linee isopiezometriche (rilievo dicembre 2013)
Tavola 4	Mappatura spessore prodotto surnatante (rilievo dicembre 2013)
Tavola 5	Aree con presenza di prodotto surnatante (rilievo dicembre 2013)
Tavola 6	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per gli Idrocarburi totali (espressi come n-esano) nelle acque sotterranee (campionamento gennaio 2014)
Tavola 7	Planimetria con indicazione dei superamenti delle CSC per i BTEX nelle acque sotterranee (campionamento gennaio 2014)

APPENDICI

Appendice 1	Carte delle superfici freatiche
Appendice 2	Descrizione del modello numerico e dei risultati ottenuti



1.0 INTRODUZIONE

Il presente documento tecnico rappresenta l'aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo della Raffineria di Augusta (SR) ("Raffineria") (**Tavola 1**), 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 2013 fatta eccezione per i risultati delle analisi chimiche di laboratorio sui campioni di acqua sotterranea che sono relativi alla campagna di campionamento eseguita tra il 8 e il 22 gennaio 2014. Tale campagna, che avrebbe dovuto essere eseguita entro il mese di dicembre per rispetto della cadenza di monitoraggio prefissata, è stata posticipata al mese successivo su richiesta delle Pubbliche Autorità (ARPA SR) al fine di permettere loro il campionamento in contraddittorio.

Il presente documento riporta le seguenti informazioni:

- la sintesi dei sistemi di MISE in esercizio della Raffineria e dei risultati conseguiti a seguito della loro attivazione e del raggiungimento di condizioni a regime;
- l'aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo della Raffineria attraverso:
 - i risultati delle analisi chimiche a cadenza trimestrale e semestrale¹ per i pozzi di monitoraggio limitrofi ai pozzi di emungimento (gennaio 2014)²;
 - i rilievi piezometrici mensili per i pozzi di monitoraggio in corrispondenza dei sistemi di emungimento (periodo ottobre – dicembre 2013) e il rilievo piezometrico generale con cadenza semestrale per tutti i pozzi di Raffineria (dicembre 2013);
 - la rappresentazione dell'andamento della falda superficiale nelle aree in cui sono installati i sistemi di emungimento (periodo ottobre – dicembre 2013);
 - la rappresentazione dell'andamento della falda superficiale per gli acquiferi su cui insiste la Raffineria (dicembre 2013);
 - il rilievo dello spessore del prodotto all'interno dei pozzi in cui sono installati gli *skimmer* SK (installazioni fisse) (periodo ottobre – dicembre 2013);
 - la quantità di prodotto recuperato a partire dalla data di installazione dei sistemi fino al 31 dicembre 2013;
 - la verifica dell'efficacia del contenimento idraulico mediante la revisione del modello numerico del flusso della falda.

¹ Per i pozzi di monitoraggio AB050PZ, AB145PZ, AB178PZ, AB179PZ, AB180PZ e AB181PZ la cadenza del campionamento è semestrale diversamente per quanto riguarda gli altri pozzi di monitoraggio limitrofi ai pozzi di emungimento RW.

² In ottemperanza a quanto riportato nel "Protocollo operativo di monitoraggio idrochimico e piezometrico" (Rel. Golder n. 10508461310/EM3827 rev.0) di gennaio 2012, sono stati campionati soltanto i pozzi di monitoraggio limitrofi ai pozzi di emungimento. Non sono stati campionati invece pozzi di emungimento RW come prevedeva il piano di monitoraggio adottato fino a dicembre 2011.



2.0 SISTEMI DI MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA IN ESERCIZIO

I sistemi di MISE presenti all'interno della Raffineria sono costituiti da sistemi attivi e di recupero prodotto (*skimmer* e *total fluid*) e sistemi di contenimento idraulico (trincee drenanti e pozzi di emungimento delle acque sotterranee).

Nell'ambito del progetto "Augusta Site Containment II step" ("ASC step II"), ai sistemi di MISE già esistenti è stata aggiunta una serie di trincee drenanti e di pozzi di emungimento (pozzi denominati RW) e di monitoraggio (pozzi denominati GAPZ) delle acque sotterranee. Nel loro insieme, i sistemi attivati sono finalizzati al contenimento della contaminazione nelle acque sotterranee nei pressi della fascia litorale (Relazione Golder T40417/EM1713 "Completamento del confinamento idraulico fronte mare: dimensionamento dei sistemi", Giugno 2006). Per maggiori dettagli sugli interventi realizzati si rimanda alla Relazione Golder 08508460104/EM2659 "Aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo – Dicembre 2008", alla Relazione Golder 08508460104/EM2820 "Interventi integrativi di MISE nei pressi del Fiume Marcellino – Giugno 2009", alla Relazione Golder 08508460104/EM3040 "Aggiornamento dello stato ambientale del sottosuolo – Dicembre 2009" e alla Relazione Golder 08508460104/EM2797_rev.1 "Progetto di messa in sicurezza operativa ai sensi del DLgs 152/06 e DLgs 04/08 Revisione 1".

Il progetto di integrazione dei sistemi di emungimento è stato esaminato e approvato nella Conferenza dei Servizi Decisoria del 16 febbraio 2007 (punto 21 dell'ordine del giorno).

I sistemi di MISE della Raffineria (che integrano i due sistemi di *Pump and Treat* RW01 e RW02 installati nel 1993) sono stati realizzati in tre momenti successivi:

- 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 degli anni, in base ai risultati delle campagne di monitoraggio, i sistemi di recupero prodotto, gli *skimmer* attivi e passivi e i sistemi *total fluid* sono stati integrati con installazioni aggiuntive.

Nel periodo considerato, sulla base delle osservazioni di campo, è stato installato uno *skimmer* passivo nel piezometro S18PZ.

I sistemi di MISE fissi (ASC step I e II) e puntuali (*skimmer* attivi e passivi e *total fluid*) attualmente operanti sono riportati in **Tabella 1** e illustrati **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 e stoccaggio ovest).

2.1 Installazioni fisse

I seguenti interventi di MISE sono stati realizzati nel periodo 2003 - 2005 e sono illustrati in **Tavola 2, 2a, 2b e 2c**.

Area contrattori/candele e impianti (include la barriera Cantera): 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 (include la trincea L2 e la barriera metano): 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*), già attivi dal 1993;
- sistema di recupero prodotto costituito da due trincee, attrezzate con sistemi di recupero prodotto (SK21÷SK23 in area Pontile 1 e SK101÷SK115 in area Furlanis).

Area esterna stoccaggio nord (Punta Cugno): 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÷RW36). I pozzi RW34÷RW36 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÷RW53);
- pozzo di emungimento (RW54) installato nei pressi del serbatoio *Thickner* e del piezometro di monitoraggio denominato AB009PZ;

Area esterna stoccaggio nord (Punta Cugno):

- porzione sud: sistema per il contenimento idraulico costituito da 2 trincee attrezzate con 5 pozzi di emungimento (RW61÷RW65);
- porzione nord: sistema per il contenimento idraulico, ad integrazione dei sistemi di recupero prodotto già esistenti, costituito da 8 pozzi di emungimento (RW71÷RW78).

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 (TK212): adeguamento agli standard di Raffineria delle tubazioni a servizio dell'esistente barriera idraulica costituita dai sistemi fissi GAPZ30÷GAPZ33.

2.2 Installazioni puntuali

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.



A partire da dicembre 2013, il piezometro S18PZ, ubicato in area stoccaggio est, è stato attrezzato con uno *skimmer* passivo.

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 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 Dupline Control System ("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 costituite da pressostati linea aria e sonde di livello installate sui serbatoi di raccolta prodotto.



3.0 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Le attività di monitoraggio sono condotte in conformità al piano di monitoraggio piezometrico e idrochimico dei sistemi di MISE in vigore³ approvato in data 19/01/2012. Tale protocollo rappresenta un aggiornamento del piano di monitoraggio precedente⁴, sulla base dei dati acquisiti nel corso dei monitoraggi condotti, delle modifiche effettuate a partire da marzo 2007 (che hanno compreso l'installazione di nuovi pozzi di emungimento e di monitoraggio) e delle indicazioni contenute nel Protocollo generale ISPRA per il Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Priolo (settembre 2009).

Le attività previste dal piano di monitoraggio sono le seguenti:

- campionamento e analisi chimiche di laboratorio delle acque di tutti i pozzi presenti in Raffineria (cadenza annuale);
- misura della soggiacenza dell'acqua sotterranea su tutti i pozzi presenti in Raffineria (rilievo piezometrico generale con cadenza semestrale);
- misura della soggiacenza dell'acqua sotterranea nei pozzi di emungimento e nei pozzi di monitoraggio limitrofi (rilievo piezometrico locale con cadenza mensile);
- campionamento e analisi chimiche di laboratorio delle acque prelevate nei pozzi di monitoraggio limitrofi ai pozzi di emungimento (cadenza trimestrale);
- campionamento e analisi chimiche di laboratorio delle acque prelevate nei pozzi di emungimento (cadenza semestrale);
- verifica della quantità di prodotto recuperato (cadenza quindicinale in campo e settimanale in sala controllo);
- verifica del livello di prodotto surnatante all'interno dei pozzi SK e regolazione della profondità di installazione degli *skimmer* SK (cadenza mensile);
- verifica dei sistemi attivi e passivi di recupero prodotto in presenza di prodotto surnatante (cadenza settimanale o quindicinale); tale frequenza può subire variazioni in funzione delle quantità di prodotto recuperato.

La **Tabella 2** contiene una sintesi delle attività previste dal protocollo di monitoraggio.

3.1 Attività eseguite tra ottobre 2013 e gennaio 2014

Nel periodo compreso tra ottobre e dicembre 2013 sono state eseguite le seguenti attività di monitoraggio:

- rilievi piezometrici locali (cadenza mensile) e rilievo piezometrico generale (cadenza semestrale);
- attività di monitoraggio giornaliera e quindicinali sui sistemi di emungimento e di recupero prodotto con la verifica della quantità di prodotto recuperato, del livello di prodotto surnatante ed eventuale regolazione della profondità di installazione degli *skimmer*.

Su richiesta di ARPA Siracusa il campionamento dell'acqua sotterranea (dai pozzi di monitoraggio e dai pozzi di emungimento) è stato posticipato a gennaio 2014 e di conseguenza a partire da quella data è avvenuta anche l'esecuzione delle analisi chimiche di laboratorio.

Come da protocollo, il campionamento dell'acqua sotterranea è stato effettuato in contraddittorio con la Struttura Territoriale ARPA Siracusa che ha provveduto a prelevare almeno il 10% del previsto numero di campioni per la validazione successiva dell'attività.

³ Relazione Golder 10508461310/EM3827 "Protocollo operativo di monitoraggio idrochimico e piezometrico" (Gennaio 2012).

⁴ Relazione Golder T400417/EM03096, Appendice 1 (marzo 2007).



3.2 Rilievo piezometrico generale

Nel mese di dicembre 2013 (dal 16 al 20) è stato condotto il rilievo piezometrico generale su tutti i pozzi di monitoraggio presenti in Raffineria. Le misure, riportate in **Tabella 3**, hanno permesso di ricostruire il campo di moto della falda dell'acquifero superficiale, così come illustrato in **Tavola 3**.

Nel settore della valle del torrente Marcellino l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni e dal flusso sotterraneo proveniente da monte idrogeologico (ovest). La quota della falda è attestata mediamente tra qualche decina di centimetri al di sotto del livello marino sino ad almeno 0,1 m s.l.m..

La falda risulta attestarsi al di sotto del livello medio marino in corrispondenza dei sistemi di contenimento installati.

L'analisi della serie storica di misure di soggiacenza disponibile evidenzia come non vi siano sostanziali oscillazioni del livello della superficie dell'acquifero. Il campo di moto della falda superficiale di tipo libero ha orientazione est-ovest in direzione ovest.

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 e porzione di monte dell'area contrattori) indicano una componente di flusso orientata da nord-ovest verso sud-sudest. Il flusso è poi influenzato localmente dalla presenza dei sistemi di emungimento ubicati in adiacenza del serbatoio TK 212. Il gradiente della falda per la porzione di acquifero posta in corrispondenza della zona di monte dell'area contrattori è pari a circa 0,013.

I dati di soggiacenza disponibili per l'area posta a sud dell'impianto LUBE 2, antistante la candela, indicano la presenza di una componente di flusso formato da acque di filtrazione subsuperficiale 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 infatti immergente verso sud-sudest sviluppandosi tra circa 10 m s.l.m. (S16) e -3,5 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 verso sud.

Nell'area a sud del torrente Cantera (area contrattori/candele posta in destra idrografica del torrente) il flusso della falda ha direzione generale da ovest verso est (linea di costa). In questo tratto il gradiente della falda è pari a circa 0,004.

Nel settore centrale dell'area contrattori/candele non sono disponibili dati di soggiacenza della falda. In questo settore la falda ha gradiente stimato pari a circa 0,005.

Nel settore lungo la fascia costiera e Punta Cugno l'acquifero è alimentato dalla ricarica diretta delle precipitazioni e in modo limitato dalla filtrazione subsuperficiale di acque provenienti dai settori a monte. Il livello di falda in corrispondenza della fascia litoranea è attestato al di sotto del livello medio marino, mentre a monte dell'area Pontile 2 e sino alla Trincea L2 (nella parte più interna), il livello di falda si attesta sino alla quota massima di circa 2 m s.l.m.. La direzione di flusso della falda è da ovest verso est in direzione della linea di costa. Il gradiente idraulico della falda è inferiore a 0,001 ed è localmente nullo a ridosso della linea di costa per gli effetti indotti dai sistemi di contenimento fronte-mare.

3.3 Rilievi piezometrici locali

Nel periodo compreso tra ottobre e dicembre 2013 sono stati eseguiti rilievi della soggiacenza della falda con cadenza mensile in corrispondenza delle aree Cantera, Metano, TK212, Furlanis, Punta Cugno e Marcellino; in queste aree sono installati i sistemi di MISE.

Attraverso le misure riportate in **Tabella 4** è stata determinata la quota del livello di falda.



Sulla base dei rilievi effettuati è stato elaborato l'andamento della superficie della falda relativo ai mesi di ottobre, novembre e dicembre nelle varie aree. In **Appendice 1** sono riportate le elaborazioni con l'illustrazione dell'andamento della falda.

Area contrattori/candele e impianti (barriera Cantera)

Nell'area il campo di moto della falda presenta direzioni diverse tra i settori a nord (sinistra idrografica) e a sud (destra idrografica) del torrente Cantera.

Nel settore a nord il flusso della falda ha direzione prevalente verso sud-sudest come conseguenza del fenomeno di filtrazione subsuperficiale di acqua proveniente dai depositi presenti lungo il versante sinistro della valle del torrente. Quest'acqua è intercettata dai piezometri posti lungo il versante che digrada in direzione del fondovalle. L'acquifero presente in corrispondenza della valle del torrente Cantera, infatti, riceve un'alimentazione da nord costituita da acqua di infiltrazione proveniente dai livelli saturi che periodicamente si formano all'interno dei depositi calcarenitici, seppure di modesto spessore. La direzione del flusso della falda in questo settore è inoltre influenzata dall'andamento della base dell'acquifero: questa immerge verso sud-sudest sviluppandosi tra circa 11 m s.l.m. (S16) e circa -5 m s.l.m. (in corrispondenza dell'alveo del torrente).

Durante il periodo ottobre – dicembre 2013 nella porzione di acquifero posta in sinistra del torrente Cantera la quota del livello di falda è stata compresa tra 1 m e 4 m s.l.m. circa. Il gradiente idraulico (i) nella porzione dell'area Cantera sviluppata in sinistra idrografica del torrente risulta compreso tra 0,04 e 0,06.

Il funzionamento dei pozzi di emungimento RW01, RW03 e RW05 determina un abbassamento della superficie di falda e il suo conseguente richiamo.

La presenza del confinamento fisico posto all'esterno della Raffineria nella proprietà ENEL e a valle del sistema di emungimento crea l'effetto di un limite impermeabile con conseguente rotazione del flusso di falda parallelamente al medesimo limite e orientato verso sud.

Nel settore a sud del torrente Cantera il flusso della falda ha direzione principale da ovest verso est.

Nel corso del periodo ottobre – dicembre 2013 la quota del livello di falda nei pozzi di monitoraggio in questo settore è stata compresa tra 1 m s.l.m. (a valle dei sistemi di contenimento idraulico) e poco oltre 2 m s.l.m. a monte della candela. Nei tre mesi di riferimento non sono state osservate significative variazioni del livello della falda.

Il gradiente idraulico (i) nella porzione dell'area Cantera sviluppata in destra idrografica del torrente risulta intorno a 0,004.

Area stoccaggio est (trincea L2 e la barriera metano)

Nell'area il flusso naturale di falda ha orientazione generale da ovest verso est (linea di costa). Nel settore orientale (a monte rispetto alla direzione del flusso) una componente maggiore del flusso devia localmente sia per l'effetto di richiamo indotto dal sistema di emungimento composto dalla serie di pozzi RW07-RW11 sia per la conformazione geometrica dell'acquifero che in vicinanza del sistema di emungimento è limitato lateralmente da depositi poco permeabili. Inoltre il campo di moto della superficie della falda risulta influenzato in modo naturale da un afflusso proveniente da sud verso nord come si può dedurre dai livelli rilevati nel pozzo di monitoraggio AB106PZ.

In corrispondenza della trincea drenante (trincea L2), che incorpora i pozzi RW21÷RW26, la quota della superficie di appoggio basale dell'acquifero è maggiore rispetto alle aree circostanti essendo questa immergente verso est-sudest; ne consegue che l'acquifero ha minore spessore saturo e che la quota della falda è maggiore rispetto alla porzione di acquifero sviluppata immediatamente a est. La trincea esercita il richiamo e l'abbassamento del livello della falda, che in questa porzione è alimentata da acqua di filtrazione subsuperficiale proveniente dalla porzione centrale della Raffineria posta a monte. Di conseguenza il livello di falda in corrispondenza alla trincea approssima costantemente la quota della base della trincea posta a circa 4 m s.l.m..



Nel corso del periodo ottobre – dicembre 2013 la quota del livello di falda nei pozzi di monitoraggio posti a valle dei sistemi di emungimento è risultata compresa tra 0 e 2 m s.l.m.

Nell'area il gradiente idraulico medio (i) misurato a valle dei sistemi (trincee e pozzi di emungimento) è risultato compreso tra circa 0,004 e 0,008.

Area stoccaggio ovest (barriera TK212)

La direzione naturale della falda in questo settore è influenzata dalla presenza dei depositi permeabili dell'alveo del torrente Cantera, che agisce da asse di drenaggio, e dall'andamento della base dell'acquifero tra il versante idrografico sinistro e quello destro (su cui si sviluppa l'area contrattori).

In corrispondenza della valle del torrente Cantera, il flusso della falda ha direzione principale da ovest verso est.

In corrispondenza dell'area del serbatoio TK212, l'andamento della base dell'acquifero, che in sinistra idrografica tende ad essere superficiale mentre si approfondisce in destra idrografica, e la presenza del sistema di emungimento installato nei pozzi GAPZ30-33 determinano la variazione nell'andamento del flusso della falda che subisce l'azione di richiamo da parte del medesimo sistema verso sud.

In corrispondenza del bacino del serbatoio TK212, quando il livello di falda arriva a una quota superiore rispetto alla quota dell'alveo del torrente o superiore al pelo libero dell'acqua (se il corso d'acqua non è in secca) la falda è drenata dal corso d'acqua. Tale fenomeno non è stato osservato durante il periodo in considerazione.

Nel periodo la quota del livello di falda nei pozzi di monitoraggio è stata compresa tra 4 e 10 m circa s.l.m..

Area pontile

Il flusso naturale della falda è orientato in direzione ovest-est verso la linea di costa con un gradiente idraulico inferiore a 0,001 anche se localmente in prossimità dei sistemi di contenimento idraulico la falda è piatta per effetto della vicinanza con la linea di costa. Le opere di confinamento idraulico sono state realizzate ortogonalmente alla direzione di flusso al fine di creare un effetto di barriera idraulica. Le trincee determinano la depressione della falda con un effetto che si estende in modo apprezzabile nell'intorno delle trincee stesse; tale effetto è anche favorito dal modesto gradiente idraulico.

Nei mesi di ottobre e dicembre 2013 attraverso le misure di soggiacenza è stata osservata la costante depressione del livello di falda al di sotto del livello medio-marino in corrispondenza sia delle opere di confinamento idraulico poste in vicinanza della costa sia di quelle poste più a monte.

Area Marcellino

La quota della falda è attestata mediamente tra qualche decina di centimetri al di sotto del livello marino sino ad almeno 0,1 m s.l.m. di quota; in corrispondenza dei sistemi la falda ha gradiente idraulico quasi nullo e il flusso di falda è orientato in direzione dell'incisione del torrente Marcellino. I sistemi di emungimento esercitano il locale richiamo della falda generandone l'abbassamento al di sotto del livello medio-marino.

Area esterna stoccaggio nord (Punta Cugno)

Il flusso di falda è orientato in direzione della linea di costa (esterna al confine di proprietà ESSO) da nordovest verso sudest. La presenza delle trincee induce la locale depressione della superficie della falda e il conseguente richiamo del flusso all'interno delle medesime.

Nei mesi di ottobre e dicembre 2013 attraverso le misure di soggiacenza è stata rilevata una quota assoluta del livello di falda sempre inferiore al livello medio-marino in corrispondenza delle opere di confinamento idraulico a testimonianza del richiamo del flusso esercitato dalle opere stesse.



3.4 Prodotto surnatante

3.4.1 Aree con presenza di prodotto

In **Tabella 5** sono riportati i risultati dei rilievi dello spessore di prodotto nei pozzi attrezzati con *skimmer* attivi denominati SK (installazioni fisse) effettuati con cadenza mensile. I rilievi riportati in tabella sono del 2 ottobre, 6 novembre e 4 dicembre 2013.

In **Tabella 6** sono riportate le evidenze della presenza di prodotto (anche in tracce e velo) riscontrate nei pozzi di Raffineria a partire dai rilievi di gennaio 2004.

Dall'esame delle misure piezometriche aggiornate a dicembre 2013 (rilievo dal 16 al 20) in corrispondenza dei pozzi di emungimento e dei pozzi limitrofi e dei rilievi effettuati nei pozzi di recupero SK si evidenziano le seguenti aree interessate dalla presenza di prodotto surnatante raccolto dalle installazioni e attualmente in sicurezza mediante i sistemi di MISE di Raffineria (**Tavola 4**):

- Area impianti: presenza di tracce nel pozzo di emungimento RW05, presenza di velo nei piezometri AB119PZ e L9 e nei pozzi di emungimento RW01 e RW03;
- Area contrattori/candele: presenza di velo nei piezometri AB124PZ, AB125PZ, AB126PZ e GAPZ11 e nel pozzo di emungimento RW06;
- Area Marcellino: presenza di tracce nei piezometri AB185PZ e GAPZ47; presenza di velo nel pozzo di emungimento RW81;
- Area pontile: presenza di tracce in GAPZ20 e GAPZ36 e in corrispondenza di SK102, SK103, SK111 e SK114; presenza di velo in AB183PZ, GA-TW03, S33PZ, S34PZ e P6PZ, nei pozzi di emungimento RW02, RW34, RW35, RW36, RW51 e RW54 e in corrispondenza di SK101, SK104, SK105, SK107, SK109 e SK113; presenza di prodotto in corrispondenza di SK108, SK112 e SK115;
- Area Esterna stoccaggio nord (Punta Cugno): presenza di tracce nei piezometri AB187PZ, GAPZ29, GAPZ42 e nel pozzo di emungimento RW75; presenza di velo nei piezometri AB142PZ, GA-CW8A e GAPZ28, nei pozzi di emungimento RW61, RW71, RW73, RW74, RW76 e RW77 e in corrispondenza di SK32, SK33, SK34 e SK36;
- Area stoccaggio est: presenza di tracce nei piezometri AB105PZ e L5; presenza di velo nei piezometri AB063PZ, AB064PZ, AB089PZ, GAPZ46, P29PZ e S26 e nei pozzi di emungimento RW10 e RW11;
- Area stoccaggio ovest: presenza di tracce nei piezometri AB096PZ e GAPZ07; presenza di velo nei piezometri AB097PZ, AB098PZ, GAPZ06, GAPZ33, C5, G5 e S12PZ;
- Area stoccaggio nord: presenza di tracce nel piezometro AB013PZ.

Da un confronto tra i dati attuali e quelli raccolti lo scorso anno (dicembre 2012) è possibile evidenziare quanto segue:

- è confermato il mantenimento dello spessore minimo di prodotto nei pozzi attrezzati con sistemi di recupero (*skimmer* attivi, *skimmer* passivi e *total fluid*);
- pur se rimane invariato il numero totale di piezometri e pozzi di emungimento interessati dalla presenza di prodotto surnatante (con spessore maggiore di un cm, in tracce o in velo), si evidenzia che a dicembre 2013 sono interessati da presenza di prodotto (con spessore apparente superiore a 1 cm) 3 pozzi (SK108, SK112 e SK115) mentre lo scorso anno erano un piezometro e 3 pozzi di emungimento;
- tutti i pozzi di emungimento che avevano presenza di prodotto alla data del dicembre 2012 attualmente ne risultano privi;
- la presenza di prodotto in forma di tracce o velo nei pozzi e piezometri conferma l'effetto di richiamo del prodotto esercitato dai sistemi di contenimento e recupero.



3.4.2 Sistemi di recupero prodotto installati

A partire dal 1991 sono installati all'interno della Raffineria dei sistemi di recupero del prodotto idrocarburico surnatante. Nel corso degli anni i sistemi sono stati integrati, aggiornati e modificati. Sono attualmente installati:

- 70 sistemi di recupero prodotto attivi automatici (*skimmer* attivi e *total fluid*) di cui 16 in pozzi dove è attivo anche un sistema di emungimento (e che quindi costituiscono insieme un sistema di *dual pump*);
- 22 sistemi di recupero prodotto passivi manuali.

In **Tavola 2**, **Tavola 2a**, **Tavola 2b** e **Tavola 2c** sono riportate le planimetrie con i sistemi di recupero prodotto installati.

Dalle osservazioni dei dati di campo registrati risulta che gli spessori di prodotto rilevati nel periodo di riferimento all'interno dei pozzi e dei piezometrici sono mantenuti su valori limitati.

3.4.3 Volumi di prodotto recuperati

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 2013 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.

Sono qui di seguito riportati i dati relativi ai volumi di prodotto estratti fino a dicembre 2013 mediante le diverse tipologie di installazioni presenti in Raffineria:

- volume di prodotto recuperato a partire da febbraio 2006 mediante i sistemi fissi installati nell'ambito dell'ASC – Step I (*skimmer* attivi denominati SK): 1669,2 m³;
- volume di prodotto recuperato a partire da aprile 2004 mediante i sistemi puntuali di recupero prodotto (*skimmer* attivi, *total fluid*, *skimmer* passivi): 166 m³;
- volume di prodotto recuperato a partire da marzo 2010 mediante eiettore: 4,7 m³;
- totale prodotto recuperato a partire da aprile 2004: 1839,9 m³

I dati relativi ai volumi di prodotto recuperato dai sistemi puntuali (*skimmer* attivi e passivi e *total fluid*) sono riportati in **Tabella 7**.

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*.

3.5 Campionamenti ed analisi chimiche di laboratorio delle acque sotterranee

3.5.1 Campionamento nei pozzi limitrofi ai pozzi di emungimento

Nel periodo tra l'8 e il 22 gennaio 2014 è stata condotta una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee. Le attività hanno riguardato lo spurgo e il campionamento dei pozzi di monitoraggio presenti in Raffineria (pozzi in cui sono attivi sistemi di contenimento idraulico delle acque sotterranee e pozzi limitrofi).

Le attività sono state eseguite secondo quanto indicato nel piano di monitoraggio piezometrico e idrochimico dei sistemi di MISE approvato (documento Golder n. 10508461310/EM3827 di gennaio 2012) e in accordo



con le indicazioni contenute nel protocollo generale ISPRA per il Sito di interesse Nazionale (SIN) di Priolo (settembre 2009).

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^{++} , NO_3^- , Mn^{++} , composti organici volatili – VOC a testa pozzo, TST⁵), nel corso delle attività di spurgo;
- campionamento dinamico al termine delle operazioni di spurgo eseguiti 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 caso di pozzo di monitoraggio con presenza di prodotto idrocarburico in fase libera, campionamento delle acque in modalità statica mediante campionatori manuali monouso (*bailer*) e sistema di isolamento della zona con prodotto libero per evitare la contaminazione del *bailer*.

Nel corso della campagna sono stati campionati in modalità statica i seguenti pozzi: AB105PZ, AB178PZ, AB179PZ, AB181PZ, AB185BISPZ, GAPZ24, GAPZ35, GAPZ36 e S17.

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

I risultati delle analisi chimiche di laboratorio sono riportati in **Tabella 8**.

Le concentrazioni rilevate dalle analisi chimiche sono state confrontate con le concentrazioni Soglia di Contaminazione ("CSC") riportate nella Tabella 2 dell'Allegato 5 al D.Lgs. 152/06.

Dal confronto sono stati individuati superamenti delle CSC per i seguenti parametri:

- metalli: arsenico;
- idrocarburi policiclici aromatici ("IPA") (benzo(a)pirene, benzo(g,h,i)perilene, IPA tot);
- idrocarburi aromatici ("BTEX") (benzene);
- idrocarburi totali (espressi come n-esano).

Rispetto ai risultati delle analisi chimiche eseguite nel corso della campagna di monitoraggio del gennaio 2013, si possono fare le seguenti osservazioni:

- per il parametro arsenico non è stato confermato il superamento della CSC nei pozzi AB179PZ, GAPZ24, e RW10; è stato confermato il superamento nel pozzo RW11; è stato riscontrato il superamento nel pozzo RW23;

⁵ 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.



- per gli IPA non è stato confermato il superamento della CSC nei pozzi AB178PZ, AB179PZ, GAPZ34, GAPZ36 e RW41; è stato confermato il superamento nei pozzi AB050PZ, GAPZ24, GAPZ40, GAPZ41 e GAPZ43; è stato riscontrato il superamento nel pozzo GAPZ44;
- per i BTEX non è stato confermato il superamento della CSC nei pozzi AB178PZ, AB179PZ, GAPZ24, RW01; è stato confermato il superamento nel pozzo S17; è stato riscontrato il superamento nei pozzi GAPZ45, RW43, RW46 e RW53;
- per gli idrocarburi totali (espressi come n-esano) non è stato confermato il superamento della CSC nei pozzi AB180PZ, RW02, RW03, RW06, RW34 e RW72; è stato confermato il superamento nei pozzi AB050PZ, AB105PZ, AB122PZ, AB178PZ, AB179PZ, GAPZ24, GAPZ36, RW01, RW08, RW10, RW11, RW51, RW74, S17PZ, SK110 e SK115; è stato riscontrato il superamento nei pozzi GAPZ15, GAPZ47, RW53, RW73 e RW77.

In **Tavola 6** e **Tavola 7** si riportano rispettivamente i superamenti delle CSC per gli idrocarburi totali (n-esano) e composti aromatici (BTEXS) nelle acque sotterranee.

Si conferma che tutti i superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) si rilevano nei pozzi le cui acque vengono richiamate dai sistemi di emungimento installati o nelle immediate vicinanze a riprova dell'efficacia e efficienza degli stessi.

Lo stato ambientale del sottosuolo della Raffineria sarà continuamente monitorato con le future campagne di analisi ed i rilievi generali, eseguiti attualmente con le cadenze indicate in **Tabella 2**.

3.6 Valutazione dell'efficacia idraulica dei sistemi di contenimento dell'acqua sotterranea

La valutazione dell'efficacia idraulica dei sistemi di contenimento dell'acqua sotterranea viene periodicamente effettuata mediante modellazione numerica del flusso idrico sotterraneo. Il modello numerico usato per il dimensionamento dei sistemi di contenimento dell'acqua sotterranea viene periodicamente aggiornato e verificato considerando i dati piezometrici acquisiti durante le attività di monitoraggio del funzionamento dei sistemi ASC Step I e ASC Step II.

L'**Appendice 2** riporta la descrizione del modello numerico e dei risultati ottenuti in considerazione dei dati di monitoraggio piezometrico acquisiti nel periodo compreso fra luglio e dicembre 2013. Secondo i risultati della valutazione dell'efficacia dei sistemi, eseguita mediante le simulazioni matematiche, nel periodo considerato, per tutti i sistemi funzionanti (ASC Step I e ASC Step II) le portate emunte sono adeguate a catturare i pennacchi di contaminazione.



Firme della Relazione

GOLDER ASSOCIATES S.R.L.

Ing. Angela Giudice
Project Manager

Ing. Micheal Pupeza
Project Director

AGI/MPU/ASP

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

Carte delle superfici freatiche



APPENDICE 2

Descrizione del modello numerico e dei risultati ottenuti

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
www.golder.com

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

