

INDICE

INTRODUZIONE E SOMMARIO 8

SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE 9
QUADRO DELLO STATO DEL SOTTOSUOLO..... 12
HOT SPOTS ED INTERVENTI PREVISTI IN BASE AL PROGETTO DEFINITIVO DI
BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA 12

PARTE I - INQUADRAMENTO

SEZIONE 1 – INQUADRAMENTO DEL SITO 15

1.1. INQUADRAMENTO GENERALE..... 15
1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO..... 16
Geologia generale 16
Geologia locale..... 17
Idrogeologia generale 18
Idrogeologia locale..... 18
1.3 DESCRIZIONE DELLA RAFFINERIA..... 19

SEZIONE 2 - SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI

CARATTERIZZAZIONE 22

2.1. AREE OGGETTO DELLA CARATTERIZZAZIONE 22
2.2. SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI INDAGINE 22
Ambito A 24
Oleodotti esterni alla raffineria 25

PARTE II - MODELLO CONCETTUALE

SEZIONE 1 – QUADRO DELLO STATO DEL SOTTOSUOLO..... 28

1.1. AREA INTERNA ALLA RAFFINERIA AMBITO A..... 28
1.2. OLEODOTTI ESTERNI ALLA RAFFINERIA 33

SEZIONE 2 - ORIGINI E MIGRAZIONE DELLA

CONTAMINAZIONE..... 34

2.1. POSSIBILI ORIGINI DELLA CONTAMINAZIONE..... 34
2.2. POSSIBILE MIGRAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE 34

**PARTE III - HOT SPOTS ED INTERVENTI PREVISTI IN
BASE AL PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DELLE
ACQUE DI FALDA**

SEZIONE 1 – INDIVIDUAZIONE DEGLI HOT SPOTS E LINEE

GUIDA PER L'ESECUZIONE DEL MONITORAGGIO

AMBIENTALE 37

1.1. INDIVIDUAZIONE DEGLI HOT SPOTS..... 37

1.2. LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO 38

SEZIONE 2 – INTERVENTI PREVISTI IN BASE AL PROGETTO

DEFINITIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA 41

FRONTE MARE 41

Barriera idraulica SG11..... 41

Area Vallone della Neve..... 42

Sbarramento fronte mare..... 42

SISTEMA DI CONTENIMENTO IDRAULICO AREA SG10 42

Sistema di contenimento idraulico dreni orizzontali Area EX-OXO 42

Sistema di contenimento idraulico dreni orizzontali SG10..... 43

RECUPERO PRODOTTO INTERNO RAFFINERIA..... 43

APPENDICI**APPENDICE 1– DESCRIZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE**

A.1.1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI INDAGINE

A.1.2. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

Ubicazione e numero di sondaggi

Modalità di campionamento e profondità dei sondaggi

A.1.3. CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE DI FALDA

Ubicazione e profondità dei piezometri

Modalità di campionamento delle acque sotterranee

Campagne di misure piezometriche e rilievo topografico

Prove di permeabilità

A.1.4. CARATTERIZZAZIONE ANALITICA

Documentazione e prassi di campionamento

Analisi dei gas interstiziali

Analisi dei terreni

Analisi delle acque

APPENDICE 2 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO

A.2.1. INTRODUZIONE

A.2.2 QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

A.2.3 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE

Sezione geologica A - A'

Sezione geologica B - B'

Sezione geologica C - C'

Sezione geologica D - D'

Sezione geologica E - E'

Sezione geologica F - F'

A.2.4 IDROGEOLOGIA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE

Permeabilità

A.2.5 – FREATIMETRIA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE

INDICE DELLE TABELLE

- Tabella 1 Rilievo topografico punti di indagine
- Tabella 2 Caratterizzazione gas interstiziali - dati di campo
- Tabella 3 Caratterizzazione gas interstiziali – risultati analitici
- Tabella 4 Caratterizzazione terreni - risultati analitici
- Tabella 5 Caratteristiche costruttive piezometri di monitoraggio interni alla raffineria
- Tabella 6 Caratterizzazione acque di falda superficiale - rilievi freaticometrici e chimico – fisici
- Tabella 7 Caratterizzazione acque di falda superficiale - risultati analitici
- Tabella 8 Caratterizzazione acque di falda superficiale – risultati analitici prodotto surnatante
- Tabella 9 Caratterizzazione acque di falda superficiale - rilievo spessori apparenti idrocarburi surnatanti
- Tabella 10 Hot spots - Risultati analitici terreni
- Tabella 11 Hot spots - Risultati analitici acque di falda

INDICE DELLE FIGURE

- Figura 1 – Inquadramento geografico
- Figura 2 – Suddivisione della raffineria in aree funzionali
- Figura 3 – Carta geologica di dettaglio
- Figura 4a – Sezione geologica A-A'
- Figura 4b – Sezione geologica B-B'
- Figura 4c – Sezione geologica C-C'
- Figura 4d – Sezione geologica D-D'
- Figura 4e – Sezione geologica E-E'
- Figura 4f – Sezione geologica F-F'
- Figura 5 – Ubicazione investigazioni oleodotti esterni (ErgMed-Sasol)
- Figura 6 – Ubicazione investigazioni oleodotti esterni (ErgMed -Isab)
- Figura 7 – Ubicazione delle investigazioni dei vapori interstiziali
interni alla raffineria
- Figura 8a – Distribuzione della contaminazione dei vapori interstiziali
interni alla raffineria –Reparto smantellato monte
ferrovia zona sud
- Figura 8b – Distribuzione della contaminazione dei vapori interstiziali
interni alla raffineria –Reparto SG13
- Figura 8c – Distribuzione della contaminazione dei vapori interstiziali
interni alla raffineria –Reparto SG11
- Figura 9 – Ubicazione delle investigazioni interne alla raffineria –
inquadramento generale – FASE 1 – FASE 2 –FASE 3
- Figura 10 – Ubicazione delle investigazioni interne alla raffineria –
FASE 3
- Figura 11a – Benzene - Mappa interpretativa della contaminazione
dei terreni - intervalli di profondità
- Figura 11b – Benzene - Mappa interpretativa della contaminazione
dei terreni - intervalli di concentrazione
- Figura 12a – Etilbenzene, Toluene, Xilene - Mappa interpretativa
della contaminazione dei terreni - intervalli di profondità

- Figura 12b – Etilbenzene, Toluene, Xilene - Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni - intervalli di concentrazione
- Figura 13a – TPH C<12 - Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni - intervalli di profondità
- Figura 13b – TPH C<12 - Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni - intervalli di concentrazione
- Figura 14a – TPHC>12 - Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni - intervalli di profondità
- Figura 14b – TPH C>12 - Mappa interpretativa della contaminazione dei terreni - intervalli di concentrazione
- Figura 15 – Metalli - Mappa della contaminazione dei terreni
- Figura 16 – Carta idrogeologica della falda superficiale
- Figura 17 – Benzene - Mappa interpretativa della contaminazione delle acque
- Figura 18 – Idrocarburi aromatici (Toluene, Etilbenzene, Xilene) - Mappa interpretativa della contaminazione delle acque
- Figura 19a – Metalli - Mappa della contaminazione delle acque
- Figura 19b – Arsenico - Mappa interpretativa della contaminazione delle acque
- Figura 19c – Selenio - Mappa interpretativa della contaminazione delle acque
- Figura 20 – Idrocarburi surnatanti - Mappa della contaminazione delle acque
- Figura 21 – Hot Spots - Mappa della contaminazione dei terreni
- Figura 22 – Hot Spots - Mappa della contaminazione delle acque di falda
- Figura 23 – Interventi previsti in base al Progetto Definitivo di Bonifica delle acque di falda

INDICE DEGLI ALLEGATI

Allegato 1	Log stratigrafici dei sondaggi e dettagli costruttivi dei piezometri
Allegato 2	Certificati analitici
Allegato 3	Interpretazione delle prove idrauliche

INTRODUZIONE E SOMMARIO

Il presente documento costituisce la Relazione Tecnico Descrittiva, redatta ai sensi del D.M. 471/99, delle attività integrative di investigazione ambientale del sottosuolo (secondo una maglia 50x50 metri) svolte da URS Italia su incarico di ENI R&M S.p.A nell'Ambito A della raffineria ErgMed Impianti Nord di Priolo. La raffineria insiste nel sito di interesse nazionale di Priolo Gargallo, ai sensi del comma 4 dell'Art. 1 della Legge 426/98.

Le attività di caratterizzazione ambientale sono state effettuate nel periodo compreso tra settembre 2004 e settembre 2005 seguendo le linee guida contenute nei seguenti documenti tecnici di riferimento:

- "Protocollo generale per l'esecuzione degli interventi di caratterizzazione nelle aree del sito di interesse nazionale di Priolo Gargallo – Siracusa - Marzo 2002"
- "Integrazione al piano della caratterizzazione per le aree interne (Ambito A) della raffineria ERGMED di Priolo - Dicembre 2003";
- Prescrizioni della Conferenza dei Servizi Decisoria convocata in data 16/02/2004 per deliberare sul documento "Integrazione al piano della caratterizzazione per le aree interne (Ambito A) della raffineria ERGMED di Priolo - Dicembre 2003";
- "Programma operativo per le attività di integrazione al piano della caratterizzazione delle aree interne (Ambito A) della raffineria ErgMed di Priolo (SR) - Giugno 2004".

Tutte le attività di campionamento in sito e di analisi in laboratorio sono state effettuate con il controllo dei tecnici della Provincia di Siracusa e di ARPA Siracusa. Arpa Siracusa ha prelevato in contraddittorio un numero di campioni da destinare ad analisi di validazione della caratterizzazione pari a circa il 10% del totale dei campioni prelevati.

Le analisi di campioni di terreno sono state condotte, in tutti i campioni, sulla frazione di terreno di granulometria fine (passante al setaccio da 2 mm e >10 mesh) ed a tale frazione sono stati riferiti tutti i risultati analitici.

Le metodiche analitiche utilizzate hanno raggiunto limiti di rivelabilità strumentale inferiori di almeno un ordine di grandezza i valori di riferimento del D.M. 471/99.

L'esecuzione del piano integrativo d'investigazione ha consentito di approfondire il quadro ambientale dell'area e di definire nel dettaglio i seguenti aspetti:

- caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area;
- distribuzione della contaminazione nelle varie matrici ambientali, in termini di superamento delle concentrazioni limite riportate nelle tabelle dell'Allegato 1 al D.M. 471/99;
- modello concettuale dell'area.

Il presente rapporto è così articolato:

PARTE 1^a – Inquadramento

Sezione 1 - Inquadramento del sito

Sezione 2 – Sintesi delle attività di caratterizzazione

PARTE 2^a – Modello concettuale

Sezione 1 – Quadro dello stato del sottosuolo

Sezione 2 – Origini e migrazione della contaminazione

PARTE 3^a – Hot spots ed interventi previsti in base al Progetto Definitivo di Bonifica delle acque di falda

Sezione 1 – Individuazione degli Hot Spots e linee guida per l'esecuzione del monitoraggio ambientale

Sezione 2 – Interventi previsti in base al Progetto Definitivo di Bonifica delle acque di falda

APPENDICI

Appendice 1 - Descrizione delle indagini effettuate

Appendice 2 – Geologia ed idrogeologia di dettaglio

Sintesi delle attività di caratterizzazione

Il Piano della Caratterizzazione approvato durante la Conferenza dei Servizi presso il Ministero dell'Ambiente a Roma del 13 novembre 2000, suddivideva l'ambito territoriale di indagine in:

- **Ambito A**
 - aree industriali;
 - zone di discarica;
 - impianti di depurazione.
- **Ambito B**
 - aree che, pur essendo comprese nel perimetro della Raffineria, non sono mai state interessate dalla presenza di impianti.

Nell'*Ambito A*, era inizialmente prevista la realizzazione di sondaggi disposti secondo una griglia a maglia quadrata di 100m di lato.

Nelle aree di proprietà dello stabilimento non interessate da attività industriali e di discarica (*Ambito B*), l'indagine in progetto prevedeva campionamenti mediante scavo di trincee, sondaggi e piezometri disposti secondo una griglia avente maglia di 200m di lato.

Le indagini di caratterizzazione sono state condotte in tre fasi:

- le attività della fase 1 (condotte tra il 7 luglio ed il 15 novembre 2001) costituirono le indagini iniziali il cui programma operativo era definito dal Piano della Caratterizzazione ambientale approvato dal

Ministero dell'Ambiente nel novembre 2000. I risultati delle indagini della fase 1 sono esposti nei documenti "Stato di avanzamento della caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera" e "2° stato di avanzamento della caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera", emessi rispettivamente nel dicembre 2001 e nel marzo 2002.

- le attività della fase 2 (condotte tra il 3 febbraio ed il 29 giugno 2002) costituirono un approfondimento finalizzato ad ottenere una migliore comprensione della natura e dell'estensione della contaminazione rilevata. Il programma operativo fu sottoposto all'approvazione degli enti preposti attraverso il documento "Stato di avanzamento della caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera" ed approvato dai responsabili dell'ARPA di Siracusa con comunicazione del febbraio 2002.
- La fase 3 (settembre 2004 - settembre 2005) è stata condotta a seguito dell'approvazione del documento "Integrazione al piano della caratterizzazione per le aree interne (Ambito A) della raffineria ErgMed di Priolo", avvenuta in occasione della Conferenza dei Servizi Decisoria del 16 febbraio 2004.

Tra le prime due fasi d'indagine, nella seconda metà del gennaio 2002, si procedette al campionamento delle acque della falda superficiale all'interno di pozzi di monitoraggio ubicati in prossimità della linea di costa della raffineria per verificare che non fosse in atto la migrazione di acque contaminate verso il mare. I risultati del monitoraggio sono esposti nel "2° stato di avanzamento della caratterizzazione del sottosuolo e della falda acquifera" del marzo 2002.

Nell'ambito del piano di sviluppo industriale della raffineria di Priolo, ErgMed ha in progetto la costruzione dei seguenti nuovi impianti produttivi (Figura 2):

- Impianto CR40
- Impianto CR41, CR42 e CR43
- Impianto Idrogeno
- Impianto Turbogas
- Area Lavaggio Lattine

Al fine di ottemperare alle procedure necessarie allo svincolo delle aree sottese ai futuri impianti, ErgMed ha effettuato delle investigazioni integrative delle sopraccitate aree. Successivamente sono stati presentati specifici progetti preliminari e definitivi che, recependo le prescrizioni man mano ricevute nel corso di Conferenze dei Servizi Decisorie, sono stati approvati con i relativi decreti attuativi, di seguito sono riportati i documenti progettuali di riferimento ed i riferimenti dei singoli decreti attuativi:

- *Relazione tecnica di indagine ambientale per lo svincolo dell'area destinata al nuovo impianto Idrogeno, Aprile 2004;*

Progetto definitivo di bonifica per lo svincolo dell'area destinata al nuovo impianto Idrogeno ai sensi del D.M. 471/99, Giugno 2004;

Decreto del Ministro dell'Ambiente e del Territorio di concerto con il Ministro delle Attività Produttive e del Ministro della Salute registrato alla Corte dei Conti Reg n° 1 Foglio 34 in data 17 gennaio 2005

- *Relazione tecnica di indagine ambientale per lo svincolo delle aree destinate ai nuovi impianti CR41, CR42, CR43 ai sensi del D.M. 471/99, Marzo 2004;*

Area restituita agli usi legittimi nel corso della Conferenza dei Servizi Decisoria del 30 giugno 2004;

- *Relazione tecnica di indagine ambientale per lo svincolo dell'area destinata al nuovo impianto CR40, Aprile 2004;*

Area destinata al nuovo impianto CR40 – Progetto definitivo di bonifica ai sensi del D.M. 471/99, Giugno 2004;

Raffineria ISAB Impianti Nord. Area destinata al nuovo impianto CR40 - Progetto preliminare e Definitivo di Bonifica, risultati delle indagini ambientali integrative, Luglio 2004;

"Collaudo Area CR40 - ERG Raffinerie S.r.l. Raffineria ISAB Impianti Nord", trasmesso da ARPA Sicilia Dip. Siracusa e acquisito dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio al prot. n. 12887/QdV/DI del 27.06.05;

Decreto del Ministro dell'Ambiente e del Territorio di concerto con il Ministro delle Attività Produttive e del Ministro della Salute registrato alla Corte dei Conti Reg n° 4 Foglio 150 in data 18 aprile 2005;

- *Relazione tecnica inerente le indagini dell'area ubicata presso la piattaforma "lavaggio lattine" per la restituzione agli usi legittimi ai sensi del D.M. 471/99, presentato da Erg raffineria ISAB Impianti Nord S.p.A.*

Area in attesa di restituzione ufficiale agli usi legittimi come dichiarato nel corso della Conferenza dei Servizi Istruttoria del 28 Febbraio 2005;

- *Caratterizzazione, Progetto Preliminare e Definitivo di Bonifica dell'Area XXII e delle aree limitrofe, Luglio 2004;*

Integrazione, Caratterizzazione, Progetto Preliminare e Definitivo di Bonifica dell'area XXII e delle aree limitrofe all'interno della Raffineria ERG Raffinerie Mediterranee ISAB Impianti Nord Priolo Gargallo (SR), Settembre 2004;

Decreto del Ministro dell'Ambiente e del Territorio di concerto con il Ministro delle Attività Produttive e del Ministro della Salute registrato alla Corte dei Conti Reg n° 4 Foglio 151 in data 18 Aprile 2005.

Le attività di bonifica delle singole aree sono state in parte realizzate mentre altre sono in corso di realizzazione.

Successivamente alle due prime fasi d'indagine, tenendo in considerazione la discontinuità territoriale ed il differente stato di contaminazione, il settore non interessato da attività industriali e di discarica (*Ambito B*) fu stralciato dalla caratterizzazione generale della raffineria (*Ambito A*), in particolare:

- Nel documento dal titolo "Integrazione al piano della caratterizzazione per le aree esterne prive di contaminazione (Ambito B)" del Luglio 2003 approvato nel corso della Conferenza dei Servizi Decisoria del 12 Novembre 03, si prevedeva l'infittimento dei punti d'indagine secondo una maglia quadrata con 100m di lato.
- I risultati delle indagini integrative svolte nell'Ambito B sono illustrati nel documento "Rapporto preliminare delle indagini e studi dell'area San Cusumano Basso" - Novembre 2003, e nel report "Progetto definitivo di Messa in Sicurezza Permanente dell'Area San Cusumano Basso" - Luglio 2004.

Nell'Ottobre 2002 la raffineria Agip Petroli fu ceduta ad Erg Raffinerie Mediterranee S.p.A. (di seguito ErgMed).

Quadro dello stato del sottosuolo

Le indagini condotte nell'ambito della terza fase di investigazione confermano sostanzialmente il quadro emerso nelle precedenti indagini dell'area interna alla raffineria. La situazione di alterazione della qualità delle componenti ambientali costituenti il sottosuolo (terreno e falda superficiale), precedentemente registrata, è stata in questa fase delimitata con maggiore dettaglio e sono state identificate alcune ulteriori aree ad elevata alterazione delle componenti ambientali.

La terza fase di caratterizzazione ha registrato una maggiore frequenza di superamenti dei valori di riferimento normativo nei terreni di quanto emerso nelle precedenti due fasi. Le concentrazioni nel terreno eccedenti i valori di riferimento sono infatti mediamente passate dal 13% al 29% dei campioni di terreno prelevati. Risulta confermata la principale distribuzione dei superamenti nel livello di interfaccia saturo/insaturo.

Hot Spots ed interventi previsti in base al Progetto Definitivo di Bonifica delle acque di falda

All'interno dei settori SG10, monte ferrovia e valle ferrovia, si riconoscono ambiti nei quali sono stati individuati potenziali punti "hot spots" con concentrazione di oltre 10 volte i valori tabellari definiti dal DM 471/99 per i suoli e per le acque sotterranee. Al fine di definire il reale rischio di esposizione per i lavoratori sono in corso di esecuzione campionamenti ed analisi dei TLV in prossimità dei cosiddetti "hot spots" eseguiti a cura del Dipartimento di Studi di Chimica e Tecnologia delle Sostanze Biologicamente Attive dell'Università Statale di Roma "La Sapienza" sotto la supervisione del Professor Giacomello, ordinario di Chimica Generale ed Inorganica .

A fronte dei risultati della diverse fasi di caratterizzazione ed in seguito all'approvazione del "Progetto Definitivo di Bonifica delle acque di falda dello stabilimento multisocietario di Priolo (SR)" da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, del Ministero della Salute e del Ministero delle Attività Produttive, in data 29 novembre 2004 e registrato

dalla Corte dei Conti in data 18 gennaio 2005 reg n° 1 foglio n° 66, la raffineria ha introdotto numerosi interventi, di seguito descritti, attualmente in fase di esecuzione o di avanzata progettazione

Le azioni principali (Figura 23) si sono focalizzate:

- nelle attività di contenimento idraulico nel settore Fronte mare;
- nelle attività di contenimento idraulico nel settore SG10;
- nelle attività di recupero del prodotto idrocarburico puro rilevato nei vari settori della raffineria.

PARTE 1 INQUADRAMENTO

SEZIONE 1 – INQUADRAMENTO DEL SITO**1.1. Inquadramento generale**

La raffineria ErgMed è ubicata all'interno del polo industriale di Priolo Gargallo (Sr), circa 1 km a nord dell'abitato di Priolo (Figura 1). La proprietà ErgMed occupa un'area di circa 350 ettari di cui 250 caratterizzati dalla presenza di impianti e/o infrastrutture connesse all'attività industriale (Ambito A), mentre i rimanenti 100, pur essendo compresi nel perimetro della raffineria, non hanno mai ospitato impianti (ambito B). La Figura 1 riporta una mappa del polo industriale di Priolo con l'ubicazione della superficie occupata dalla raffineria ErgMed.

Il territorio in cui si inserisce lo stabilimento è caratterizzato da una morfologia collinare a terrazzi con le massime elevazioni nella porzione ovest degradanti sino al mare Ionio nel settore orientale.

Procedendo dalla costa (est) verso l'entroterra (ovest), possono essere distinte tre diverse fasce:

- *fascia di pianura e di bassa collina* costiera, terrazzata, che non supera la quota di 100÷150 m s.l.m.;
- *fascia di media collina*, tra i 150 e i 300 m di quota;
- *fascia interna*, compresa tra i 300 e i 750 m di quota che costituisce il corpo centrale del "Plateau" ibleo.

L'area della raffineria è caratterizzata da una dorsale collinare compresa tra il Torrente S. Cusumano a Nord ed il Vallone della Neve a Sud che prende il nome di Costa di Gigia, questa dorsale degrada verso Est lasciando spazio ad una stretta fascia costiera pianeggiante lambita dal Mare Ionio e caratterizzata da una morfologia sub pianeggiante, debolmente inclinata con pendenze non superiori al 4%.

La morfologia originaria nel corso degli ultimi decenni è stata rimodellata in funzione della espansione del polo industriale, talora i deboli rilievi collinari sono stati spianati lasciando spazio ad aree terrazzate.

L'idrologia superficiale è caratterizzata dalla presenza di due torrenti principali: il Torrente Canniolo che delimita a sud l'area di raffineria ed il Torrente San Cusumano, che la delimita a Nord, entrambi sfociano nel Mare Ionio. All'interno della raffineria ricadono il Torrente Vallone della Neve regimentato in un canale artificiale, ed un secondo canale artificiale in direzione est-ovest allineato lungo la strada O. Tali canali ricevono l'acqua di mare di raffreddamento dopo essere stata utilizzata degli impianti della raffineria e la ritornano nel Mare Ionio.

1.2. Inquadramento geologico ed idrogeologico

Geologia generale

La successione verticale di rocce e terreni è rappresentata nello schema dei rapporti stratigrafici di Figura 1 (Pagina 17 nel testo "inquadramento geologico"), dove si riconoscono in profondità le rocce più antiche, di età cretacea (iniziata 130 milioni di anni fa), a cui si sovrappongono quelle via via più recenti sino alla attuale superficie topografica, come descritte di seguito:

- Vulcaniti e breccie sottomarine del Cretaceo superiore (età Cretaceo 130-30 m.a.).
- Complesso indifferenziato di rocce detritico organogene di tipo carbonatico (età Oligocene – Miocene 30 – 23 m.a.).
- Alternanza di calcarenite e sabbia fossilifera (età Pleistocene inferiore > 0.3 m.a.).
- Argilla grigio-azzurra (età Pleistocene medio 0.3 – 0.1 m.a.).
- Alternanza di sabbia e calcarenite organogena (età Pleistocene medio 0,3 - 0,1 m.a.).
- Argilla, argilla limosa e limo argilloso giallo ocra (età Pleistocene medio 0,3 – 0,1 m.a.).
- Alluvioni e depositi di spiaggia (età Olocene recente < 0,01 m.a.)
- Terreno vegetale e di riporto

L'area è interessata dalla presenza di fratture di dislocazione della crosta terrestre (faglie) che hanno portato in tempi più recenti (a partire da 65 m.a.) al sollevamento ed all'abbassamento di porzioni del territorio. La costa di Gigia rappresenta una zona elevata (Horst), parzialmente emersa e quindi soggetta a fenomeni erosivi. Qui affiorano le rocce più antiche e la deposizione di quelle più recenti non avvenne ovvero queste furono erose successivamente alla loro deposizione. Viceversa verso nord-est e verso sud si avevano depressioni morfologico strutturali (graben) che costituivano bracci di mare in cui avveniva la sedimentazione dei detriti erosi dalle zone circostanti compresa la costa di Gigia. In questo ambiente si depositarono, nelle zone più depresse e lontane dalla costa, le argille grigio azzurre. Queste ultime furono soggette a successivi processi erosivi che ne determinarono l'attuale morfologia del tetto (superficie superiore), caratterizzata in generale da una decisa pendenza dall'entroterra (ovest) verso il mare (est). In epoche successive le argille grigio azzurre furono ricoperte da sedimenti più grossolani, sabbiosi e calcarenitici tipici di ambienti costieri, intercalate a questi sedimenti si possono trovare lenti di

argille e limi di colore giallo oca, spesse da alcuni decimetri a pochi metri. La Figura seguente mostra una ricostruzione schematica dei rapporti stratigrafici tra le diverse unità riconosciute nell'area.

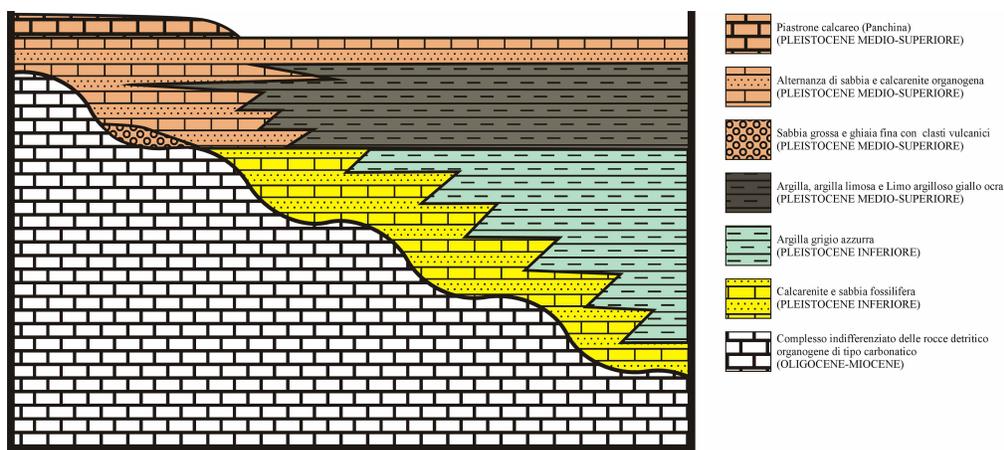


Figura 1 - Schema dei rapporti stratigrafici

Geologia locale

La geologia di superficie è prevalentemente mascherata dalla presenza delle strutture del polo petrolchimico e dalla copertura dei terreni di riporto - agrari, pertanto la ricostruzione della geologia del sottosuolo è basata su un contesto di informazioni acquisite sia dalle precedenti indagini, che nell'ambito dello studio di caratterizzazione del sottosuolo della raffineria, ed anche da pubblicazioni tecnico-scientifiche.

La zona dello stabilimento è interessata dalla presenza di una serie di faglie allineate lungo diverse direzioni, la principale è la NW-SE su cui si orientano due sistemi principali di faglie che delineano un settore rialzato (horst) allungato nella stessa direzione e leggermente degradante verso SE e quindi verso mare. Il sistema di faglie del Vallone della Neve già identificato nelle precedenti caratterizzazioni separa l'area investigata in due settori con differenti caratteristiche geologiche e deposizionali.

La zona a sud del sistema di faglie del Vallone della Neve, è caratterizzata dalla presenza di argille, che ricoprono le rocce carbonatiche più antiche separandole dalle più recenti Sabbie e Calcareniti organogene superiori.

Nel settore più ad ovest (SG10) si ritrovano in affioramento terreni di riporto, calcarenitici e argille (a profondità variabili di 7-10 m), mentre nel settore più ad est si possono riconoscere, dall'alto verso il basso, depositi alluvionali, argille e calcari.

La zona a nord del sistema di faglie del Vallone della Neve, comprendente gli impianti produttivi ErgMed e gli stoccaggi SG13, è caratterizzata dalla presenza di rocce carbonatiche in affioramento sovrapposte alle vulcaniti Cretacee non affioranti nell'area indagata.

In tale area è stata individuata la presenza di un livello lenticolare di argille e limi, incontrato a profondità variabili tra 0 e 4 m. Tale livello interessa

una buona parte dell'area situata a valle della ferrovia, in particolare in prossimità del Vallone della Neve e più a nord in area SG13.

Il sistema tettonico denominato sistema di San Cusumano, (non interessato dall'area di indagine del presente studio) delimita l'horst a settentrione.

Idrogeologia generale

Nell'ambito del territorio preso in esame, dal punto di vista idrogeologico si riconoscono una falda superficiale e una falda profonda.

La falda superficiale è contenuta in un acquifero costituito dalle sabbie e calcareniti organogene ed in parte da terreni di riporto. Ha uno spessore modesto (inferiore a 6 m) ed una scarsa produttività. Il deflusso delle acque si sviluppa da ovest verso est in direzione quindi, del suo recapito naturale qual è il Mare Ionio.

La falda superficiale è di tipo freatico; in questo tipo di falda è possibile distinguere una porzione dell'acquifero satura d'acqua (la falda vera e propria) da una porzione non satura priva di circolazione idrica.

Per la presenza di livelli o lenti argillose a bassa permeabilità, la falda superficiale può trovarsi in condizioni di semi confinamento, questo fenomeno è indicato da una modesta risalienza del livello d'acqua nei pozzi rispetto al livello nell'acquifero.

La falda profonda, contenuta nelle rocce carbonatiche più antiche, è dotata di uno spessore considerevole (probabilmente alcune centinaia di metri) ed ha una produttività molto elevata, è infatti sede d'importanti opere di captazione (pozzi) di tipo idropotabile, industriale ed irriguo. Il suo deflusso originariamente da ovest verso est, è fortemente influenzato dai campi pozzi industriali, localizzati nei settori settentrionale e meridionale della raffineria.

Questa falda è di tipo confinato, pertanto il livello d'acqua all'interno dei pozzi risale anche di diverse decine di metri nel pozzo rispetto alla originaria profondità nell'acquifero.

Idrogeologia locale

Nell'ambito della caratterizzazione idrogeologica della falda superficiale si possono riconoscere settori principali:

Area SG10

Qui la falda superficiale ha una soggiacenza di circa 6-8 m, è contenuta all'interno delle sabbie e calcareniti più superficiali ed è sostenuta da uno strato di argilla il cui tetto si colloca tra 10 m e 12 m di profondità dal piano campagna. La falda è caratterizzata da uno spessore molto modesto e da una scarsissima produttività. La direzione di deflusso è principalmente da Nord-Ovest verso Sud-Est, con velocità di trasferimento delle particelle d'acqua sull'ordine di 35 – 110 m/anno in relazione al diverso grado di permeabilità. Il deflusso è concentrato nella porzione centrale dell'area SG10, mentre nei settori nord e sud di quest'area la falda non è presente,

l'alimentazione è piuttosto modesta e dipende principalmente dal regime delle piogge.

Aree a Sud della faglia del Vallone della Neve

In questo settore la falda superficiale ha una soggiacenza di 3-7 m dal piano campagna, è contenuta sia all'interno delle sabbie e calcareniti (settore Ovest), sia nei terreni di riporto (settore Est), è sostenuta dalle argille la cui profondità è estremamente variabile in funzione delle vicissitudini geologiche e si colloca tra 5m e 12m. Anche in questo settore la produttività è generalmente molto modesta. La direzione di deflusso principale è da ovest-nord-ovest verso est-sud-est, con velocità dell'ordine 70 – 150 m/anno. La sua alimentazione avviene dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche e dalla ricarica dalle aree a monte idrogeologico.

Area a Nord della faglia del Vallone della Neve

In quest'area la falda superficiale ha una soggiacenza che varia tra 3 e 30 m dal piano campagna, in funzione della morfologia della superficie topografica e della complessità geologica del sottosuolo.

La circolazione idrica avviene all'interno dell'ammasso calcareo-calcarenitico talora ricoperto dalla calcarenite sabbiosa superficiale o dalla presenza di locali lenti di argilla.

Lo spessore e la produttività dell'acquifero sono estremamente variabili e talora superiori a quanto riscontrato nelle aree precedentemente descritte. La direzione di deflusso delle acque sotterranee è da sud-ovest verso nord-est, con velocità di trasferimento delle particelle d'acqua molto variabili da zona a zona, sull'ordine di 10 – 110 m\anno.

L'alimentazione dell'acquifero superficiale è variabile e strettamente dipendente dalle condizioni morfologiche e geologiche locali, la presenza delle calcareniti in affioramento a monte idrogeologico a sud-ovest, data la buona permeabilità, permettono l'infiltrazione delle acque meteoriche che essendo poco copiose durante l'anno, producono una modesta ricarica dell'acquifero. Per contro, i calcari antichi affioranti sempre a monte idrogeologico ma più a nord-ovest dell'area, permettono una maggiore ricarica dell'acquifero a causa del loro maggiore stato di fratturazione.

1.3 Descrizione della raffineria

Come previsto dai Piani Regolatori approvati ed in vigore presso i Comuni di Priolo, Melilli ed Augusta, il territorio su cui si insedia la Raffineria appartiene alla classe urbanistica di tipo industriale.

In Figura 2 la raffineria è stata suddivisa in aree omogenee dal punto di vista funzionale ed operativo (reparti produttivi, aree stoccaggio prodotti, trincee tubazioni ecc.).

L'attuale ciclo di produzione della raffineria di Priolo, meglio descritto nel Piano della Caratterizzazione approvato nel novembre 2000, si realizza a partire dagli impianti primari (Topping e Vacuum) nei quali, attraverso il

processo di distillazione, il petrolio greggio viene separato nelle diverse frazioni o tagli: Gas, GPL, Nafta, Kerosene, Gasoli e Residuo.

I principali impianti che ricevono i prodotti intermedi della raffinazione sono l'impianto Cracking catalitico (FCC), l'impianto Cumene, l'impianto MTBE, l'impianto di Alchilazione, l'impianto Visbreaking, l'impianto di Reforming e l'impianto di desolforazione gasoli.

Nello stabilimento le principali reti di collettamento delle acque reflue sono la fogna oleosa e la fogna acque bianche; la rete della fogna oleosa lunga circa 7 chilometri raccoglie tutte le acque cadute sulle superfici impermeabili nelle aree di produzione e delle aree stoccaggio. Tali acque vengono incanalate verso l'impianto di disoleazione, ubicato a sud-est (Figura 2) per la separazione degli olii dalle acque. Dopo il trattamento primario all'impianto di disoleazione, sia le acque provenienti dalla fogna oleosa che quelle di zavorra delle navi, sono convogliate mediante un collettore all'impianto biologico consortile (I.A.S.) dove, dopo ulteriore trattamento biologico, vengono scaricate a mare.

Per lo stoccaggio del greggio e dei prodotti finiti (GPL, Nafta, Jet-Fuel, Gasoli, Oli combustibili, Benzine, Gasoli forniti agli impianti petrolchimici del polo di Priolo), la raffineria dispone di un parco serbatoi della capacità complessiva di oltre 2,5 milioni di m³.

Questa grande capacità è distribuita geograficamente in due aree denominate rispettivamente Parco Serbatoi 1 (PS-1) e Parco Serbatoi 2 (PS-2).

- PS-1: del PS-1 fanno parte i reparti SG10, CR3/4, CR6, CR10 e SG12. In particolare dei 47 serbatoi che costituiscono l'SG10, 4 hanno una capacità di 150.000 m³ e 4 di 100.000 m³;
- PS-2: è composto dai reparti SG13 ed SG11. Il reparto SG13 occupa una superficie di circa 800.000 m² e si trova ad Est della Ferrovia SR-CT. Il reparto SG11 si estende su un'area di circa 57.000 m² ed ha una capacità complessiva di 65.000 m³, dei quali 35000 m³ circa adibiti a stoccaggio di gas liquidi.

All'interno dell'area si sviluppa un'importante rete di trasporto costituita da circa 70 km di strade e 30 km di rete ferroviaria.

La Raffineria movimentata i grezzi ed i prodotti sia via mare che via terra.

Le attrezzature per la movimentazione via mare si articolano in due pontili che si estendono nella rada di Augusta in direzione Est-NordEst, sono:

- Il *pontile Superpetroliere*, lungo 1140 metri, e dotato di 8 accosti laterali,
- Il *pontile Liquidi*, lungo circa 1000 metri, e dotato di due accosti laterali e di uno poppiere.

Le spedizioni via terra possono aver luogo per caricamento su autobotti e attraverso oleodotti, in passato avveniva anche tramite su ferrocisterne. La movimentazione interna dei prodotti avviene attraverso una rete di tubazioni (pipeway). La raffineria è collegata, mediante oleodotti con:

- gli impianti petrolchimici della Syndial e Sasol (ex Condea) con i quali scambia virgin nafta, keroseni e gasoli in cambio di semilavorati trasformabili a benzina e jet – fuel.
- la raffineria Isab impianti sud.

SEZIONE 2 - SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE

Nella presente sezione vengono sinteticamente descritte le attività portate a termine nel corso delle differenti fasi d'indagine e la relativa tempistica.

Le metodologie operative adottate sono state conformi a quanto stabilito dal "Protocollo generale per l'esecuzione degli interventi di caratterizzazione nelle aree del sito di interesse nazionale di Priolo Gargallo – Siracusa" - Marzo 2002.

Tutte le attività di campionamento in sito e di analisi in laboratorio sono state effettuate con il controllo dei tecnici della Provincia di Siracusa e dell'ARPA di Siracusa.

2.1. Aree oggetto della caratterizzazione

Le attività di caratterizzazione condotte nella fase 3 e descritte nel presente documento hanno interessato esclusivamente l'Ambito A all'interno della Raffineria ErgMed Impianti nord di Priolo (Figura 10) e la zona degli oleodotti esterni alla raffineria (Figura 5 e 6).

All'esterno della raffineria sono stati oggetto di caratterizzazione della qualità delle acque di falda:

- *l'oleodotto ErgMed-Sasol (ex Condea)*: composto da due linee denominate Linea A e Linea B con andamento parallelo aventi diametro di 10" e lunghezza rispettivamente di 5.910 m e 5.140 m, che collegano la raffineria Agip Petroli con lo stabilimento ex Condea, ora Sasol Italia (vedi Figura 5). Le due linee trasferiscono Kerosene e prodotti petroliferi.
- *l'oleodotto ErgMed-Isab*: composto da una tubazione di diametro variabile tra 10" e 16" e lunga circa 8.300 m che collega la raffineria Agip Petroli con la raffineria Isab (vedi Figura 6). La linea trasferisce tagli di benzina destinati agli impianti petrolchimici della Polimeri Europa.

Entrambi gli oleodotti si sviluppano ad una profondità di circa 0,9m dal piano campagna.

2.2. Sintesi delle attività di indagine

Le attività di indagine previste sulla base dell'estensione dell'Ambito A della raffineria per raggiungere una maglia d'indagine di lato 50 x 50 m o equivalente erano pari a 990 punti di indagine di cui 99 sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro. Di seguito si riporta un dettaglio delle superfici interessate dalla caratterizzazione e il dettaglio delle investigazioni previste:

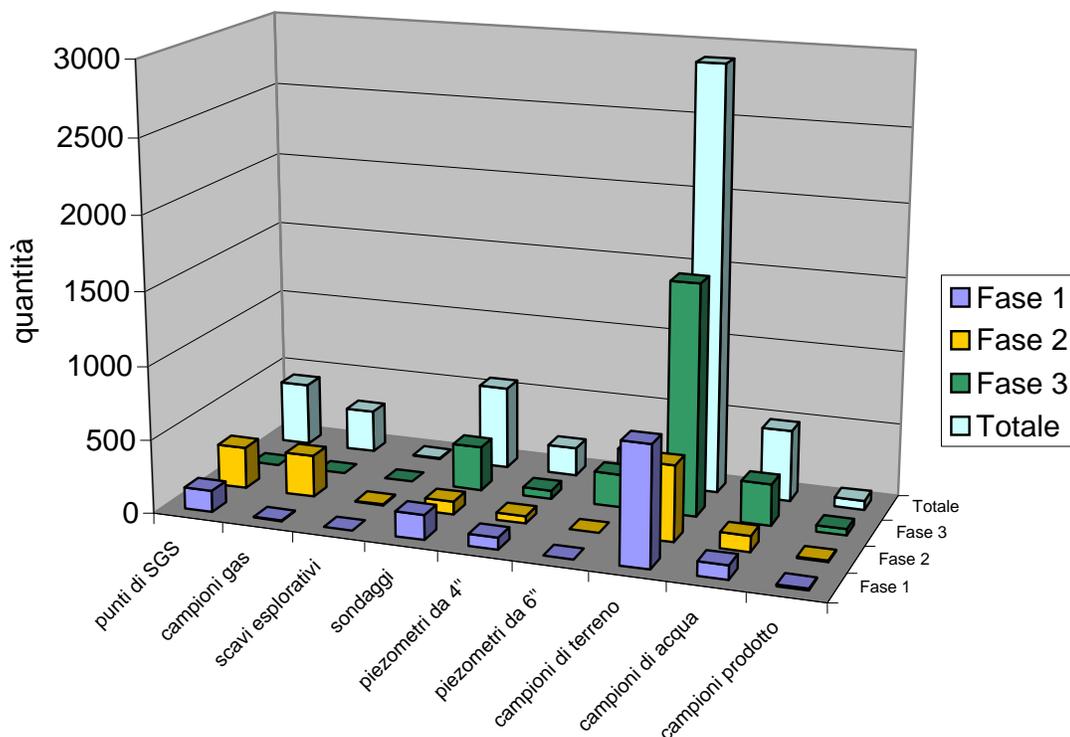
Superficie Ambito A della raffineria ed investigazioni previste

	u.m.	Quantità
Superficie Ambito A	m ²	2.4754.10
	ha	247,5
Totale investigazioni previste considerando una maglia d'indagine 50x50 m	cad.	990
Totale piezometri da realizzare considerando 1 piezometro ogni 25.000 m2 (D.M.471/99)	cad.	99

Le indagini realmente effettuate all'interno della raffineria nelle tre fasi di caratterizzazione e nelle integrazioni eseguite per lo svincolo delle aree destinate alla costruzione dei nuovi impianti produttivi sono risultate essere 1017, nella seguente tabella sinottica si propone un dettaglio delle indagini effettuate:

Attività svolte in ciascuna delle fasi di caratterizzazione

Attività di caratterizzazione	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Totale
punti di caratterizzazione dei gas interstiziali	146	284	0	430
campioni di gas interstiziali analizzati	5	284	0	289
scavi esplorativi /trincee	0	7	0	7
Sondaggi geognostici	247	136	634	1017
Piezometri di monitoraggio da 4"	79	54	61	194
Piezometri di monitoraggio da 6"	0	0	226	226
campioni di terreno analizzati	814	480	1525	2819
campioni di acqua di falda superficiale analizzati	96	108	303	507
campioni di prodotto surnatante analizzati	11	10	41	62



Di seguito sono riassunte schematicamente le attività fino ad ora effettuate in Ambito A e nelle zone limitrofe agli oleodotti esterni alla raffineria.

Ambito A

- nella seconda fase di caratterizzazione indagine dei vapori interstiziali in 159 punti ubicati nei reparti SG11, SG13 e nell'area compresa tra le strade 5 e 7 e le strade L ed M interni alla raffineria in cui le indagini della fase uno avevano rilevato situazioni di non conformità dei terreni diffuse ed omogenee;
- nella seconda fase di caratterizzazione realizzati 7 scavi superficiali (trincee esplorative) nel settore meridionale ed orientale della raffineria per caratterizzare punti di interesse emersi nella prima fase;
- nella prima fase di caratterizzazione dell'Ambito A, è stata prevista una griglia 100 × 100 di sondaggi a maglia quadrata di 100 m di lato. Sono stati realizzati 247 carotaggi per campionamento dei terreni e 79 piezometri per caratterizzare e monitorare la qualità delle acque di falda superficiale sottostante gli impianti;
- nella successiva fase di approfondimento sono stati eseguiti 136 carotaggi per campionamento dei terreni e 54 piezometri;
- nella terza fase di caratterizzazione e nelle indagini integrative finalizzate allo svincolo delle aree sottese ai nuovi impianti previsti sono stati realizzati 634 nuovi punti di indagine, 226 dei quali completati a piezometro da 6" fornito di testa pozzo ingegnerizzata per scopi ambientali e 61 piezometri semplici;

- campionamento ed analisi di 159 campioni di gas interstiziale prelevati da 159 punti ubicati nei reparti SG11, SG13 e lungo le strade interne della zona Monte Ferrovia della raffineria;
- prelievo ed analisi di 2855 campioni di terreno in Ambito A;
- nella prima fase di caratterizzazione campionamento ed analisi di 814 campioni di terreno prelevati in ambito A; nella successiva fase di approfondimento delle investigazione sono stati prelevati ed analizzati 516 campioni di terreno prelevati da carotaggi e trincee esplorative in ambito A;
- nell'ambito della terza fase di caratterizzazione sono stati prelevati 1525 campioni di terreno prelevati da carotaggi;
- nell'ambito della prima fase di caratterizzazione prelievo ed analisi di 96 campioni di acqua di falda superficiale prelevati sia in ambito A; successivo prelievo ed analisi di 31 campioni di acqua di falda superficiale prelevati da piezometri ubicati in prossimità del mare nel reparto SG13; prelievo ed analisi di 108 campioni di acqua superficiale al termine della fase di integrazione della caratterizzazione in ambito A;
- nel corso delle attività di campionamento delle acque di falda è stato riscontrato il danneggiamento di alcuni piezometri di monitoraggio installati nelle due precedenti fasi di caratterizzazione che ne ha pregiudicato la funzionalità. I piezometri sono stati pertanto riperforati o adeguatamente ripristinati e successivamente campionati;
- nella terza fase di caratterizzazione, monitoraggio, prelievo ed analisi di 303 campioni di acqua di falda superficiale prelevati in ambito A nei piezometri di nuova e precedente realizzazione.;
- prelievo di 62 campioni di prodotto surnatante la falda superficiale;
- Nelle prime due fasi di caratterizzazione prelievo ed analisi di 21 campioni di prodotto surnatante la falda superficiale da piezometri ubicati in ambito A della raffineria;
- successivo prelievo ed analisi di 41 campioni di prodotto surnatante la falda superficiale al termine della terza fase di integrazione della caratterizzazione da piezometri ubicati in ambito A;

La descrizione dettagliata delle attività condotte nell'ultima fase di approfondimento e delle metodologie operative è riportato in Appendice 1.

oleodotti esterni alla raffineria

- nella prima fase di indagine caratterizzazione dei vapori interstiziali in 146 punti disposti lungo gli oleodotti esterni alla raffineria (oleodotti ErgMed-Sasol e ErgMed-Isab);
- successiva caratterizzazione dei vapori interstiziali in 125 punti di investigazione di approfondimento disposti a distanza di 10 m l'uno dall'altro e ubicati in prossimità dei cinque punti di indagine risultati di interesse nella prima fase di indagine;
- in prossimità del punto di investigazione del gas interstiziale n° I48, ubicato lungo la tratta di oleodotto ErgMed- Isab (Figura 6) sono stati

perforati tre sondaggi per il controllo della qualità del terreno ed un piezometro per la qualità delle acque di falda superficiale;

- lungo la tratta di oleodotto ErgMed–Sasol (ex Condea) in prossimità del punto di investigazione dei gas interstiziali n° I54 (Figura 5) sono stati installati due piezometri per il controllo della qualità delle acque di falda superficiale e sono stati perforati due sondaggi geognostici per verificare la qualità dei terreni;
- sono stati prelevati ed analizzati complessivamente 24 campioni di terreno e 2 di acqua di falda superficiale;
- prelievo ed analisi di 5 campioni di gas interstiziali prelevati lungo le tratte di oleodotti oggetto delle attività di caratterizzazione; successivo prelievo ed analisi di 125 campioni di gas interstiziali prelevati in altrettanti punti di approfondimento ubicati in prossimità dei 5 punti di indagine risultati di interesse nella prima fase;
- Prelievo ed analisi di 2 campioni di acqua di falda nella terza fase di indagine.

PARTE 2
MODELLO CONCETTUALE

SEZIONE 1 – QUADRO DELLO STATO DEL SOTTOSUOLO

Nella presente sezione si fornisce il quadro della situazione ambientale del sottosuolo della raffineria emerso dall'analisi e dall'interpretazione dei risultati delle indagini condotte sino ad oggi. I risultati delle analisi chimiche effettuate sulle componenti ambientali di interesse sono integralmente riportati nelle Tabelle 3, 4, 7, e 8 ed in forma grafica nelle Figure 5, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19 e 20.

1.1. Area interna alla raffineria Ambito A

Per comodità espositiva l'ambito A della raffineria è stato suddiviso in tre fasce con unità topografica e funzionale (Figura 2):

- la fascia a monte denominata Area SG10: caratterizzata essenzialmente dalle aree stoccaggio delle materie prime e dei prodotti intermedi;
- la fascia centrale denominata Area Monte Ferrovia: caratterizzata principalmente dalla presenza degli impianti di raffinazione e comprendente l'area SA1/N;
- la fascia a valle denominata Area Valle Ferrovia: caratterizzata dalle aree di stoccaggio di prodotti finiti.

All'interno di queste fasce si riconoscono settori nei quali la contaminazione presenta caratteristiche omogenee o comunque assimilabili.

Le indagini condotte nell'ambito della terza fase di investigazione confermano sostanzialmente il quadro emerso nelle precedenti indagini dell'area interna alla raffineria. La situazione di alterazione della qualità delle componenti ambientali costituenti il sottosuolo (terreno e falda superficiale), precedentemente registrata, è stata in questa fase delimitata con maggiore dettaglio e sono state identificate alcune ulteriori aree in cui la qualità delle componenti ambientali risulta alterata. Nei paragrafi successivi sono ampiamente descritti e confrontati i risultati acquisiti nell'attuale e nelle precedenti fasi di caratterizzazione.

Area SG10

Nel settore centrale dell'area SG10 (tra le strade 9 e 11), in accordo con quanto rilevato nelle precedenti fasi di indagine, si registra contaminazione del terreno e della falda superficiale per la presenza di idrocarburi aromatici e totali superiori ai limiti di riferimento previsti dalla normativa vigente. (Figure 11, 12, 13, 14, 17,18).

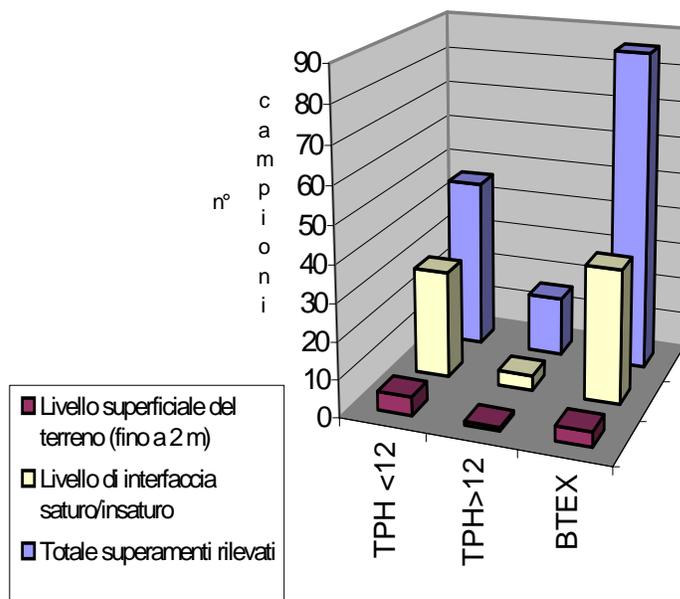
Confrontando il quadro ambientale generale emerso dalla recente campagna, la contaminazione da idrocarburi aromatici risulta maggiormente estesa, comprendendo, oltre il settore centrale, anche le porzioni centro-settentrionale e centro-orientale dell'area SG10. (Figura 11 e 12). Anche per gli idrocarburi leggeri è stata individuata una zona interessata da contaminazione arealmente più estesa di quella riscontrata precedentemente soprattutto verso il settore centro-orientale. (Figura 13).

Sostanzialmente invariata, rispetto alle fasi di indagine precedenti, è la situazione della contaminazione da idrocarburi pesanti. (Figura 14).

La terza fase di caratterizzazione ha registrato una maggiore frequenza di superamenti dei valori di riferimento nei terreni di quanto emerso nelle precedenti due fasi. Le concentrazioni nel terreno eccedenti i valori di riferimento sono infatti passate dal 10% al 22% dei campioni di terreno prelevati. Risulta confermata la principale distribuzione dei superamenti, come evidenziato nella seguente tabella, nel livello di interfaccia saturo/insaturo. I restanti superamenti dei valori di riferimento sono stati rilevati in misura minore nel livello superficiale del terreno ed a profondità variabili.

Numero di campioni con concentrazioni eccedenti i valori limite su un totale di 805

Composto	TPH C <12	TPH C >12	BTEX
Totale superamenti rilevati	46	16	86
Livello superficiale del terreno (fino a 2 m)	5	1	4
Livello di interfaccia saturo/insaturo	29	4	36



La falda superficiale nella zona SG10 possiede uno spessore ed un'estensione molto modesti nonché una scarsissima produttività; la circolazione idrica sotterranea è assente nei settori nord e ovest (Figura 16). La distribuzione della contaminazione da idrocarburi nelle acque di falda superficiale coincide sostanzialmente con quella del terreno e con le evidenze riscontrate nelle precedenti fasi di caratterizzazione, registrando le

concentrazioni più elevate di idrocarburi aromatici principalmente nei piezometri ubicati tra le strade 9 e 11.

Area Monte Ferrovia

In quest'area i risultati emersi dalle recenti indagini integrative generalmente confermano quanto riscontrato precedentemente ed individuano ulteriori settori con alterazione della qualità delle componenti ambientali. In particolare sono state rilevate nel terreno concentrazioni di idrocarburi totali, aromatici e metalli pesanti (principalmente arsenico, mercurio, rame e zinco) eccedenti i valori limite. Tali superamenti sono localizzati principalmente nel settore centrale, meridionale e nord-orientale dell'area di monte ferrovia (Figure 11, 12, 13, 14 e 15) . Nella recente fase di caratterizzazione si rileva una maggiore estensione delle aree contaminate da composti idrocarbureici nel settore centrale dell'area e nel settore settentrionale.

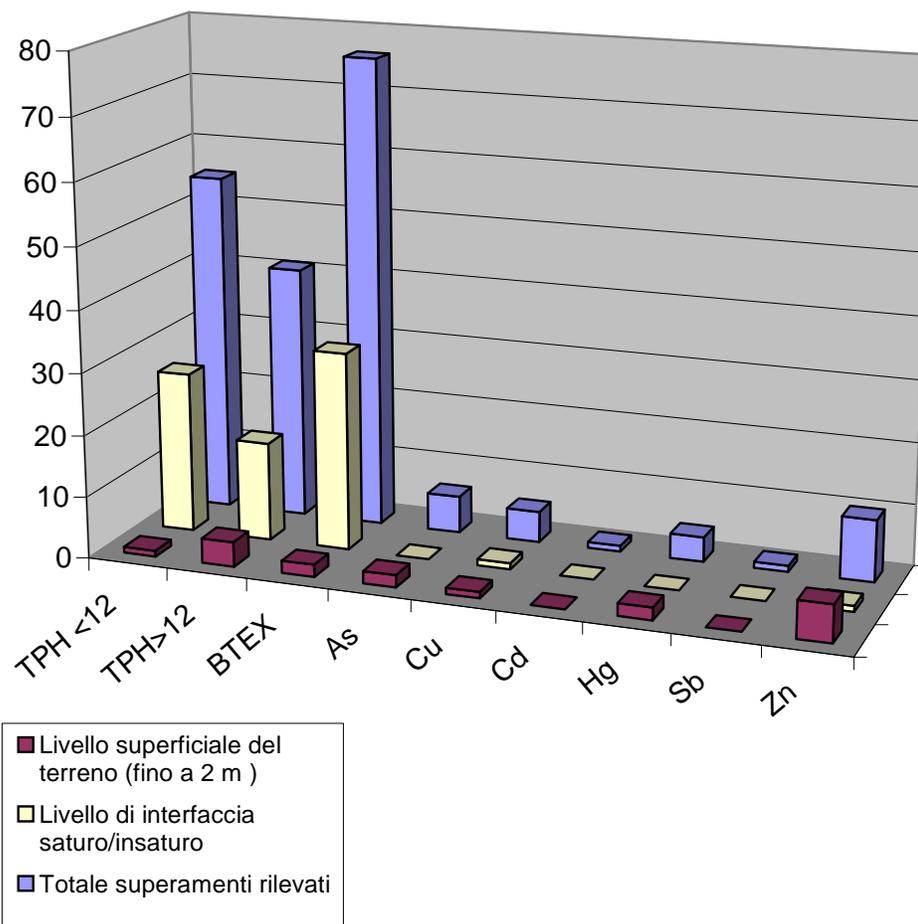
La distribuzione della contaminazione da idrocarburi aromatici nelle acqua di falda superficiale si sovrappone con quella del terreno con un'estensione areale maggiore, evidenziando una significativa presenza di metalli (principalmente arsenico, selenio, piombo, cromo tot, mercurio) nel settore centro meridionale dell'area (Figure 19a, 19b e 19c).

I risultati delle indagini dei vapori interstiziali (Figura 8a) evidenziano valori localizzati di VOC superiori ai limiti di sensibilità strumentale per idrocarburi totali. Questi punti si sovrappongono ai superamenti superficiali dei limiti di riferimento nei terreni (sondaggi L7B07 e L7B10). La principale diffusione della contaminazione dei terreni dell'area è concentrata infatti nel livello di interfaccia saturo/insaturo che nell'area investigata si pone più di profondità a circa 8 metri da p.c.

Anche in questo caso si assiste ad un incremento della frequenza di superamento dei limiti di riferimento. Le concentrazioni nel terreno eccedenti i valori di riferimento passano rispettivamente dal 11% al 25% dei campioni di terreno prelevati nelle diverse fasi di caratterizzazione. Gli idrocarburi sono localizzati generalmente in corrispondenza dell'interfaccia saturo/insaturo la cui profondità dal piano campagna varia tra circa 4 metri (porzione meridionale) a 27 metri (porzione settentrionale). I metalli sono generalmente distribuiti nei primi 3 metri superficiali, ad eccezione della zona XXXIX dove sono stati rilevati sino a profondità di 13 metri.

Numero di campioni con concentrazioni eccedenti i valori limite su un totale di 965

Composto	TPH <12	TPH >12	BTEX	As	Cu	Cd	Hg	Sb	Zn
Totale superamenti rilevati	55	41	76	6	6	1	4	2	10
Livello superficiale del terreno (fino a 2 m)	1	4	2	2	1	-	2	-	6
Livello di interfaccia saturo/insaturo	26	16	32	-	1	-	-	-	1



Area Valle Ferrovia

In quest'area si registra una maggior diffusione dei superamenti dei limiti di riferimento di idrocarburi e metalli pesanti (arsenico, rame, selenio, antimonio mercurio e zinco) nei terreni e nelle acque di falda superficiale del settore orientale (nelle zone limitrofe all'antica linea di costa), settentrionale e in quello occidentale, lungo il margine della linea ferroviaria (SR-CT). Si confermano le situazioni più isolate di contaminazione da composti idrocarburi ed inorganici (principalmente mercurio) rilevate nella parte meridionale ed in particolare in alcune zone del reparto SG11, e in strada L (Figure 11, 12, 13, 14, e 15).

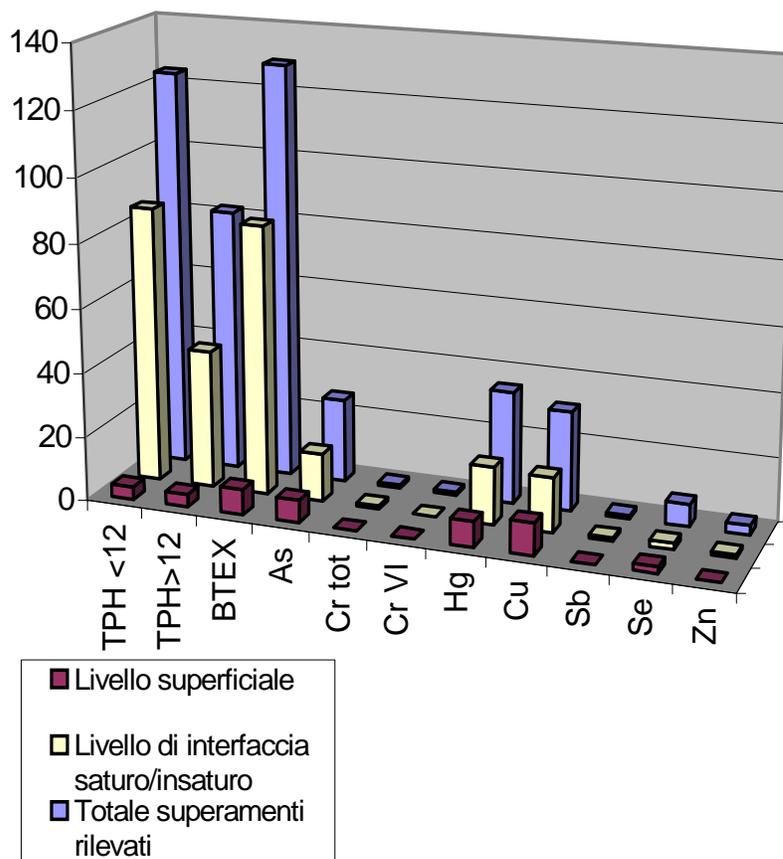
I risultati delle indagini dei vapori interstiziali (Figure 8b e 8c) evidenziano valori elevati di concentrazione di VOC in coincidenza con la distribuzione nei terreni di idrocarburi aromatici e totali in concentrazione superiore ai limiti di riferimento. Nell'area indagata i superamenti nei terreni si registrano principalmente nel livello di interfaccia saturo/insaturo posto a circa 3 metri da p.c.

L'incremento di frequenza di superamenti dei limiti di riferimento registrato nei terreni nei settori SG10 e Monte ferrovia, nella fase di caratterizzazione attuale, risulta in quest'area leggermente inferiore variando dal 19% al 36% dei campioni di terreno prelevati. Si conferma la distribuzione della contaminazione da idrocarburi nei terreni localizzata generalmente in corrispondenza dell'interfaccia saturo/insaturo posta a circa 3-5 metri dal piano campagna, mentre la contaminazione da metalli è distribuita sia negli strati più superficiali del terreno che più in profondità sino a circa 7-8 metri dal piano campagna.

Significativi fenomeni di contaminazione da metalli, sia nei terreni sia nelle acque, sono stati riscontrati nella fascia compresa tra l'antica e l'attuale linea di costa. La contaminazione da metalli dei terreni è generalmente localizzata al di sotto dei due metri di profondità rispetto al piano campagna (Figure 15 e 19).

Numero di campioni con concentrazioni eccedenti i valori limite su un totale di 1002

Composto	TPH <12	TPH >12	BTEX	As	Cr tot	Cr VI	Hg	Cu	Sb	Se	Zn	V
Totale superamenti rilevati	124	82	129	27	1	2	36	31	1	7	3	1
Livello superficiale del terreno (fino a 2 m)	4	4	8	7	-	-	8	10	-	2	0	1
Livello di interfaccia saturo/insaturo	86	43	84	15	1	-	18	17	1	2	1	0



In numerosi punti di indagine, compresi tra l'antica e l'attuale linea di costa, sono stati rilevati, in soluzione nella falda superficiale, idrocarburi e metalli in concentrazioni superiori ai limiti di riferimento.

1.2.Oleodotti esterni alla raffineria

Nella precedente fase di indagine effettuata lungo i circa 14.000 metri di oleodotto investigati (ErgMed-Sasol e Agip Petroli-Isab) unicamente in un tratto di alcune decine di metri dell'oleodotto ErgMed-Sasol, posto in prossimità del torrente Cantera, era stata riscontrata una situazione di non conformità con concentrazioni di poco superiori ai valori limite per la presenza di idrocarburi totali ed aromatici e di metalli pesanti dissolti nelle acque della falda superficiale.

Nel corso delle indagini condotte nella fase 3 i risultati analitici hanno evidenziato, per tali sostanze, l'assenza di superamenti dei limiti di riferimento normativo.

SEZIONE 2 - ORIGINI E MIGRAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE**2.1. Possibili origini della contaminazione**

Si ritiene che le non conformità riscontrate siano da attribuire principalmente a sversamenti accidentali o a pratiche operative risalenti al passato, tipicamente ai primi tre decenni del secondo dopoguerra (anni '50-'70). Negli ultimi due decenni le prescrizioni della normativa e la sempre crescente sensibilità ambientale dell'industria petrolifera hanno portato all'introduzione di un nuovo approccio gestionale nell'ambito della tutela dell'ambiente.

In base ai risultati dell'indagine di caratterizzazione e della successiva integrazione sono state identificate le aree della raffineria risultate maggiormente significative sotto il profilo ambientale, in cui gli idrocarburi surnatanti ed il terreno contaminato rappresentano fonti secondarie di contaminazione della falda.

Le principali sorgenti della contaminazione possono essere state le seguenti:

- Nell'area SG10 le attività di stoccaggio e movimentazione prodotti ubicati tra le strade 9 e 13.
- Nell'area Monte Ferrovia le attività di produzione e movimentazione dei prodotti petroliferi, quelle di raccolta e convogliamento dei reflui di processo e le attività di stoccaggio prodotti dei reparti CR3 e CR4.
- Nei reparti SG13 e SG11 le attività di stoccaggio e movimentazione dei prodotti petroliferi e quelle di raccolta e convogliamento dei reflui di processo.
- Lungo la linea di costa del reparto SG13, oggetto di espansione della raffineria verso il mare, l'utilizzo per il riempimento di materiali di riporto contaminati provenienti dalle attività produttive, pratica frequente e consolidata in passato.

Punti di rilascio di idrocarburi nel sottosuolo possono essere state le trincee tubazioni sul fondo di alcuni tratti delle quali sono stati osservati idrocarburi nel corso delle indagini di caratterizzazione.

2.2. Possibile migrazione della contaminazione

Le possibilità di migrazione o diffusione all'esterno del sito, della contaminazione riscontrata nei settori interni della raffineria, sono giudicate generalmente limitate poiché:

- le precipitazioni meteoriche sono molto scarse, ciò minimizza il rischio di solubilizzazione degli inquinanti ad opera delle acque di infiltrazione e di trasporto in profondità verso la zona satura, la presenza di impermeabilizzazione superficiale e di una rete di

raccolta delle acque meteoriche in molte aree della raffineria riduce ulteriormente l'infiltrazione di acque nel sottosuolo.

- Anche per gli idrocarburi surnatanti la possibilità di migrazione e diffusione sono basse. Questi risultano essere infatti molto poco mobili in senso orizzontale se non sono alimentati da una fonte di rilascio attiva. Ciò è tanto più vero in formazioni a permeabilità medio-bassa come i depositi alluvionali recenti o il riporto presenti nell'area della raffineria ed in presenza di gradiente idraulico basso.

Per prevenire la migrazione della contaminazione all'esterno della proprietà, in particolare nei reparti SG13, SG11 e SG10, la raffineria ha già messo in atto numerosi interventi e sta completando tutte le opere concordate con gli Enti di Controllo preposti, come indicato nella parte successiva.

PARTE 3

**HOT SPOTS ED INTERVENTI PREVISTI
IN BASE AL PROGETTO DEFINITIVO DI
BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA**

SEZIONE 1 – INDIVIDUAZIONE DEGLI HOT SPOTS E LINEE GUIDA PER L'ESECUZIONE DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE

Definizione di hot spot

In base a quanto definito dalla nota ISS (AMPP/I.A.12 del 22/10/2004) vengono definiti come aree di potenziali "hot spots" quei settori dove sono osservati superamenti di oltre 10 volte i valori tabellari definiti dal DM 471/99 per i suoli e per le acque sotterranee per le sostanze cancerogene e/o molto tossiche e/o persistenti.

Nei paragrafi seguenti vengono illustrate i punti di potenziale hot spot individuati all'interno della raffineria in base all'applicazione dei suddetti criteri ed una linea guida per il monitoraggio dei TLV.

1.1. Individuazione degli hot spots

All'interno dei settori SG10, monte ferrovia e valle ferrovia, si riconoscono ambiti nei quali sono stati individuati punti con concentrazione di oltre 10 volte i valori tabellari definiti dal DM 471/99 per i suoli e per le acque sotterranee, di seguito si riassumono i punti hot spots identificati (Figure 21 e 22).

Area SG10

Nel settore centrale dell'area SG10 (tra le strade 9 e 11) si registra presenza di potenziali hot spots sia per i terreni che per le acque di falda superficiale per la presenza di idrocarburi aromatici.

Numero di campioni di terreno con concentrazioni eccedenti 10 volte i valori tabellari definiti dal DM 471/99 su un totale di 805

Composto	Benzene	toluene
Sostanze volatili	20	1
Sostanze non volatili*		

Area Monte Ferrovia

In quest'area si rilevano nel terreno e nelle acque di falda superficiale potenziali hot spots riconducibili alla presenza di idrocarburi aromatici, principalmente nei settori meridionale e occidentale.

Non sono stati riscontrati hot spots attribuibili alla presenza di sostanze non volatili nei terreni superficiali.

Gli idrocarburi aromatici sono localizzati generalmente in corrispondenza dell'interfaccia saturo/insaturo la cui profondità dal piano campagna varia tra circa 4 metri (porzione orientale) a 27 metri (porzione occidentale).

Numero di campioni di terreno con concentrazioni eccedenti 10 volte i valori tabellari definiti dal DM 471/99 su un totale di 965

Composto	Benzene
Sostanze volatili	24
Sostanze non volatili*	-

Area Valle Ferrovia

In quest'area sono stati individuati potenziali punti di hot spots per idrocarburi e metalli pesanti (mercurio) nei terreni superficiali e nelle acque di falda superficiale nei settori occidentale, meridionale e settentrionale. Situazioni più isolate di potenziali hot spots da composti idrocarburi sono state rilevate nei terreni e nelle acque di falda nei pressi del reparto SA10, della strada 2 ed M e nel settore nord dell'area valle ferrovia.

Nei terreni la presenza di potenziali hot spots da idrocarburi è risultata localizzata generalmente in corrispondenza dell'interfaccia saturo/insaturo posta a circa 3-5 metri dal piano campagna, mentre l'unico hot spots superficiale individuato, dovuto alla presenza di mercurio nel primo metro di terreno, è presente in strada M/4.

Numero di campioni con concentrazioni eccedenti i valori limite su un totale di 1002

Composto	benzene	toluene	Hg
Sostanze volatili	44	3	-
Sostanze non volatili*	-	-	1

** Campioni prelevati nel primo metro di profondità*

1.2. Linee guida per il monitoraggio

Il monitoraggio dei punti individuati come potenziali hot spots si articola come segue:

- nelle aree individuate come hot spot per la presenza di sostanze volatili, sia nel terreno che nelle acque di falda, il monitoraggio consiste nella verifica che le stesse sostanze non determinino il superamento dei vigenti limiti normativi di esposizione professionale ossia i TLV/TWA.
- nelle aree individuate come hot spot per la presenza di sostanze non volatili il monitoraggio prevede una specifica indagine finalizzata a verificare l'effettiva possibilità di esposizione dei lavoratori ai contaminanti presenti nello strato superficiale di terreno.

Hot spot da contaminanti volatili

Le aree individuate come hot spot per la presenza di composti volatili sono illustrate nelle Figura 21 e 22; esse sono caratterizzate dalla presenza prevalente di benzene e sono ubicate come descritto nel precedente paragrafo.

Applicando l'approccio metodologico proposto da ISS, ENI R&M ha predisposto l'esecuzione delle attività di campionamento ed analisi dei TLV in prossimità dei cosiddetti "hot spots" a cura del Dipartimento di Studi di Chimica e Tecnologia delle Sostanze Biologicamente Attive dell'Università Statale di Roma "La Sapienza" sotto la supervisione del Professor Giacomello, ordinario di Chimica Generale ed Inorganica.

Il piano di monitoraggio ambientale finalizzato ad un confronto con i limiti di esposizione in ambiente di lavoro (TLV-TWA) delle concentrazioni ambientali aerodisperse in prossimità di hot spots nelle matrici suolo ed acqua, conterà in una caratterizzazione accurata e puntuale mediante campionamento rappresentativo di VOC della durata di ca. 8h in ciascun punto; le analisi con adeguata sensibilità dei campioni prelevati forniranno i relativi valori di concentrazione.

I metodi di campionamento ed analisi che verranno impiegati sono quelli previsti dalla normativa vigente in materia di igiene del lavoro.

Data la elevata densità dei punti da sottoporre ad indagine, le misure precedentemente citate potranno essere confermate da analisi spot (di breve durata) in situ mediante cromatografo portatile, che rappresentino campioni casuali caratteristici di "clusters".

Solo in caso di risultati anomali si procederà successivamente ad una caratterizzazione più approfondita.

Per il benzene ed il toluene sarà effettuata una misura accurata di concentrazione con metodiche di adeguata sensibilità.

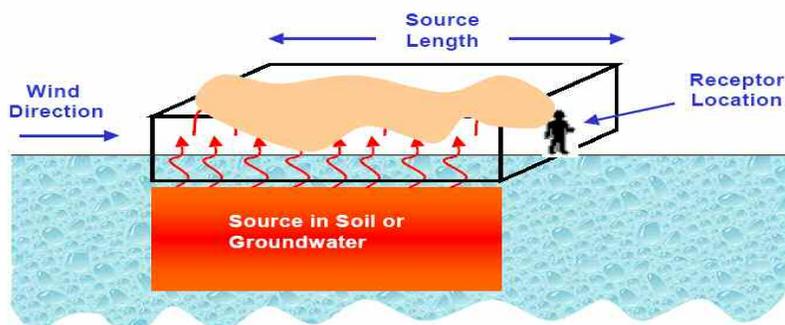


Figura 2: Diffusione dei contaminanti dal suolo e dalla falda in aria

Hot spot da contaminanti non volatili

L'analisi dei dati di caratterizzazione ha evidenziato la presenza di un solo hot spot dovuto alla presenza di composti non volatili nel terreno superficiale: esso è caratterizzato dalla presenza di Hg nel terreno superficiale ed è ubicato nell'area Valle Ferrovia in corrispondenza della strada M/4 (Figura 21). Si ritiene che tale composto sia presente nel sottosuolo in forma di ossidi o sali a tensione di vapore trascurabile.

Il punto di potenziale hot spot è stato oggetto di verifica della reale possibilità di esposizione per contatto dermico e inalazione di polveri mediante ispezione dello stato dell'eventuale pavimentazione dell'area. L'ispezione di campo ha verificato che l'area è pavimentata e pertanto garantisce un'efficace protezione rispetto alla dispersione di polveri contaminate.

SEZIONE 2 – INTERVENTI PREVISTI IN BASE AL PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DELLE ACQUE DI FALDA

A fronte dei risultati della diverse fasi di caratterizzazione ed in seguito all'approvazione del "Progetto Definitivo di Bonifica delle acque di falda dello stabilimento multisocietario di Priolo (SR)" da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, del Ministero della Salute e del Ministero delle Attività Produttive, in data 29 novembre 2004 e registrato dalla Corte dei Conti in data 18 gennaio 2005 reg. n° 1 foglio n° 66, la raffineria ha introdotto numerosi interventi, di seguito descritti, attualmente in fase di esecuzione o di avanzata progettazione.

Le azioni (Figura 23) sono state raggruppate per localizzazione geografica e/o per tipologia d'intervento in tre macro aree:

- Fronte mare.
- Area SG10.
- Recupero prodotto interno raffineria.

Eventuali ulteriori azioni che si dovessero rendere necessarie, saranno illustrate nell'ambito del Progetto Definitivo degli interventi sul sottosuolo della raffineria.

Nella situazione attuale si ritiene che le azioni in atto ed in corso di realizzazione sono adeguate a contenere l'eventuale propagazione della contaminazione riscontrata.

Si ricorda che trimestralmente vengono inviati alle autorità competenti rapporti di aggiornamento relativi alle azioni introdotte.

Fronte mare

Le attività relative al settore indicato con il termine "Fronte Mare" si suddividono in tre aree principali:

- Area parco serbatoi SG11, situata a sud del canale denominato "Vallone della Neve";
- area "Vallone della Neve", situata lungo la sponda nord del canale omonimo;
- area Fronte Mare in senso stretto, situata a nord del canale denominato "Vallone della Neve".

Barriera idraulica SG11

Nel periodo luglio-ottobre 2003 è stato completato ed avviato un sistema di pompaggio provvisorio che è rimasto attivo sino a novembre 2004.

A dicembre 2004 è stato completato ed avviato il sistema di emungimento definitivo per il contenimento idraulico della falda. Il sistema è costituito da n° 5 pozzi in pompaggio (PW1 - PW2 - PW3 - PW4 e PW5) che emungono circa 20 mc/h.

Area Vallone della Neve

A partire dal 1994 in un settore della sponda nord del Vallone della Neve è attiva una trincea drenante. Al fine di ottenere il contenimento idraulico lungo tutto lo sviluppo del Vallone della Neve, ad integrazione della trincea drenante, nel corso del primo semestre del 2003 sono stati realizzati 184 pozzi di estrazione superficiali.

In luglio ed in settembre 2003, in corrispondenza rispettivamente dei tratti denominati "C" ed "A", sono stati attivati due sistemi provvisori di emungimento delle acque di falda.

Si prevede di completare ed avviare il sistema definitivo entro gennaio 2006.

Sbarramento fronte mare

Il progetto dello sbarramento idraulico del fronte mare è stato presentato ad integrazione del "Progetto Definitivo di Bonifica delle acque di falda dello stabilimento multisocietario di Priolo (SR)" approvato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, dal Ministero della Salute e dal Ministero delle Attività Produttive in data 29 novembre 2004 e registrato dalla Corte dei Conti in data 18 gennaio 2005 reg n° 1 foglio n° 66.

L'opera idraulica sarà composta sia da pozzi di iniezione sia da pozzi di emungimento. I pozzi saranno posizionati sulla linea originaria di costa, lungo il lato mare della raffineria, per una lunghezza di circa 1.500 metri.

Nel periodo compreso tra l'agosto 2004 ed il maggio 2005 è stata completata la realizzazione e conduzione di un tratto pilota di iniezione e sono state completate le prove di pompaggio ed iniezione combinate e singole in ogni pozzo già realizzato.

E' stata avviata la perforazione dei 44 pozzi d'iniezione previsti a completamento dell'opera, i lavori saranno ultimati entro fine novembre 2005, a seguire saranno progressivamente installati i sistemi di iniezione ed emungimento.

Sistema di contenimento idraulico Area SG10

Le attività relative al sistema di contenimento idraulico dell'Area SG10 comprendono:

- Interventi eseguiti e previsti nell' area denominata 'Ex Oxo' (strada 23);
- Interventi eseguiti e previsti a valle del parco serbatoi SG10, parallelamente alla strada 'ex-Regia Trazzera'.

Sistema di contenimento idraulico dreni orizzontali Area EX-OXO

A partire da marzo 2004 è stato progressivamente avviato un sistema provvisorio di emungimento composto da tre dreni orizzontali realizzati in area Ex Oxo.

Il sistema definitivo di emungimento è stato installato nel corso del mese di agosto 2004. Il collaudo e le attività di avviamento sono state eseguite nel corso del mese di settembre 2004. Il sistema è attualmente in esercizio.

Sistema di contenimento idraulico dreni orizzontali SG10

La fase di progettazione del sistema di contenimento idraulico, costituito da dreni orizzontali, è stata completata. I dreni sono stati realizzati e, all'inizio di dicembre 2004 è stato installato ed attivato un sistema provvisorio di pompaggio.

Sono in corso di esecuzione le attività per l'installazione del sistema definitivo di pompaggio. Si prevede di completare le attività entro dicembre 2005.

Recupero prodotto interno raffineria

Dal giugno 2002 la raffineria ha iniziato a rimuovere gli idrocarburi in fase separata che fluiscono all'interno dei piezometri, attraverso l'utilizzo di sistemi mobili e skimmer.

In corrispondenza dei piezometri P85, P61, P93, P1 e P2, P86 sono da tempo attivi sistemi di recupero prodotto surnatante mediante pompe selettive (skimmer) e sistemi total fluid.

Nel corso del mese di dicembre 2004 sono stati installati e collaudati sistemi di recupero prodotto in corrispondenza dei piezometri P45-92. Tali sistemi sono stati avviati nel mese di gennaio 2005. Nel mese di aprile 2005 sono stati potenziati i sistemi installati nei pozzi P1 e P2.

Nel mese di agosto 2005 presso l'area XXII della raffineria è stato avviato un sistema di recupero fisso che utilizza pompe total fluid su n° 22 piezometri con evidenze di prodotto surnatante.

In corrispondenza di altri piezometri si procede occasionalmente al recupero del prodotto surnatante mediante sistemi mobili o semi-mobili.

A seguito del quadro dello stato del sottosuolo emerso nel corso dell'attuale fase di caratterizzazione la raffineria ha avviato un piano di installazione di sistemi di recupero fissi e mobili nei punti con presenza di idrocarburi puri.

**APPENDICE 1- DESCRIZIONE DELLE INDAGINI
EFFETTUATE**

A.11. Descrizione delle attività di indagine

Nel presente documento sono descritte le attività di integrazione alla caratterizzazione con l'adozione di una maglia 50x50 di lato o equivalente, come stabilito nel documento "Integrazioni al Piano della Caratterizzazione per le aree interne (Ambito A) della raffineria ERGMED di Priolo" con alcune prescrizioni contenute nel "Documento preparatorio per la conferenza di servizi istruttoria per i siti di interesse nazionale di Priolo del 16 febbraio 2004 – Punto 9 all'O.d.g."..

La descrizione dettagliata delle attività condotte nelle precedenti fasi di indagine è contenuta nella "Relazione Tecnico Descrittiva della caratterizzazione del sottosuolo della Raffineria Agip Petroli di Priolo" presentata nel mese di agosto 2002.

Le indagini descritte nel presente paragrafo, svolte a partire dal mese di settembre 2004 e concluse nel mese di settembre 2005, sono consistite in:

- esecuzione di sondaggi geognostici, installazione di piezometri;
- campionamento di terreni, acque di falda e prodotto idrocarburico;
- esecuzione di un rilievo topografico planoaltimetrico dei piezometri/pozzi installati;
- analisi chimiche dei terreni e delle acque di falda;

Le investigazioni relative alla campagna di approfondimento in oggetto sono state articolate in una fase iniziale e in una fase di approfondimento immediatamente successiva.

L'ubicazione dei sondaggi è stata realizzata compatibilmente con la presenza di impianti, strutture e servizi interrati con conseguenti scostamenti dalla griglia 50 × 50 predefinita.

A.12. Caratterizzazione dei terreni

Ubicazione e numero dei sondaggi

Il numero di postazioni, posizionate tenendo conto dei summenzionati impedimenti, è stata complessivamente di 584. Si sono verificati degli scostamenti dalle posizioni previste dovuti alla presenza di ulteriori impedimenti quali inagibilità di alcune aree, ecc.

In corrispondenza di 226 punti di sondaggio sono stati installati piezometri di monitoraggio forniti di teste pozzo ingegnerizzate per scopi ambientali.

Dei rimanenti 358 punti di sondaggio, in corrispondenza di 61 posizionamenti sono stati installati piezometri di monitoraggio.

Preliminarmente alla perforazione è stata verificata, anche mediante scavo a mano, l'assenza di servizi interrati.

Al termine della prima fase di investigazione, in base ai risultati preliminari acquisiti, è stata organizzata una fase di approfondimento di indagine

Allo scopo di definire l'estensione delle situazioni di contaminazione del terreno riscontrate, circoscrivendo le aree di non conformità e di comprendere le origini della contaminazione, sono state generalmente effettuate investigazioni integrative nelle aree interessate da criticità.

La campagna di investigazioni di approfondimento si è svolta nell'intorno dei punti d'indagine in cui sono state riscontrate concentrazioni di inquinanti nel terreno eccedenti i valori massimi ammissibili e dei pozzi di monitoraggio in cui erano presenti idrocarburi surnatanti.

In corrispondenza dei punti in cui è stata rilevata contaminazione "superficiale", nei primi due metri dalla superficie, sono stati perforati sondaggi ad una distanza di circa 20 metri dal punto non conforme e disposti a 90° tra loro, compatibilmente con la presenza di strutture o servizi interrati.

In corrispondenza dei punti in cui si è riscontrata contaminazione da idrocarburi della zona di fluttuazione della falda superficiale il programma investigativo è stato il seguente:

- laddove erano presenti idrocarburi surnatanti sono stati effettuati sondaggi poi completati come piezometri di monitoraggio ad una distanza di circa 50 metri dal punto non conforme e disposti a 90°, compatibilmente con la presenza di strutture o servizi interrati;
- laddove si siano presentate situazioni di non conformità localizzate sono stati perforati sondaggi fino a raggiungere la zona di interfaccia saturo/insaturo ad una distanza di 20 metri dal punto non conforme e disposti a 90° tra loro.

Modalità di campionamento e profondità dei sondaggi

Sondaggi a carotaggio continuo

Le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite mediante carotaggio continuo a rotazione a secco.

I sondaggi per il campionamento del terreno e per l'installazione di piezometri sono stati effettuati a carotaggio continuo a secco, con carotiere semplice da almeno 100 mm e rivestimento a seguire da almeno 127 mm (170 mm nel caso di installazione di piezometro DN 4" e 250 mm nel caso di installazione di piezometro DN 6").

Le intere attrezzature di perforazione sono state opportunamente decontaminate mediante idropulitrice al fine di evitare fenomeni di cross-contamination.

E' stato evitato:

- l'uso di fluidi di perforazione: nel caso di presenza di roccia compatta è stata utilizzata acqua di acquedotto senza additivi;

- l'uso di lubrificanti a base minerale e solventi nell'attrezzatura di perforazione.

Il materiale carotato è stato estratto dal carotiere senza l'uso di acqua ed è stato riposto in apposite cassette catalogatrici. Per ogni manovra di carotaggio (mediamente 1-1,5 m), è stato immediatamente eseguito un esame visivo ed uno screening preliminare mediante analisi sullo spazio di testa eseguita con un fotoionizzatore portatile.

Al termine della perforazione dei sondaggi, gli stessi sono stati ritombati mediante miscela ternaria e le cassette catalogatrici consegnate ad ENI R&M per lo stoccaggio.

Per ciascun punto di sondaggio sono state registrate le seguenti informazioni:

- Denominazione (nome o numero del sondaggio);
- Localizzazione
- Data inizio e fine lavori;
- Ditta di perforazione;
- Tipo di impianto di perforazione;
- Profondità della perforazione;
- Diametro utensile di perforazione;
- Proprietario;
- Campioni prelevati;
- Stratigrafia con annotazioni relative all'esame visivo e alle analisi di screening.

La profondità di ciascun sondaggio è stata eseguita tenendo conto del comportamento dei composti inquinanti presenti sul sito, costituiti da prodotti e materie prime connessi con i processi di raffinazione, con le seguenti caratteristiche:

- densità inferiore a quella dell'acqua;
- possibilità di individuare la contaminazione mediante osservazioni ed analisi in campo.

Sulla base di tali considerazioni, i criteri per stabilire le profondità dei sondaggi sono stati i seguenti:

- profondità di 5 metri nel caso del solo campionamento di terreno, con la possibilità di raggiungere profondità più elevate nel caso l'esame delle carote e le analisi di screening abbiano denunciato evidenze di contaminazione;
- profondità variabile da 6 a circa 31 m, a seconda della soggiacenza della falda acquifera (è stata considerata una penetrazione nell'acquifero variabile tra i 3 ed i 6 m), nel caso di installazione di piezometro.

In caso di rinvenimento di livelli impermeabili (argille o argille limose), è stata terminata la perforazione dei sondaggi, sia nel solo caso di campionamento dei terreni che nel caso di installazione di piezometro.

Campionamento del terreno

Sul materiale carotato è stato immediatamente effettuato il prelievo, per ogni metro di perforazione (ed in corrispondenza di cambi litologici o di evidenze di contaminazione), di un campione per le analisi di screening in sito.

I campioni sono stati prelevati quanto più possibile al centro della carota, lontano dalle zone di surriscaldamento, scartando il materiale grossolano. Sono stati inoltre scartati tutti i materiali che potessero alterare il dato analitico quali pezzi di vetro, rami, foglie, ecc.

I campioni destinati ai test di campo sono stati analizzati immediatamente tramite fotoionizzatore portatile (calibrato su base giornaliera), mentre i campioni per analisi di laboratorio sono stati riposti in appositi contenitori in vetro refrigerati.

L'analisi di screening, unita all'esame visivo delle carote, ha permesso di selezionare, all'interno del sondaggio, i campioni ritenuti più rappresentativi per delineare lo stato di eventuale contaminazione.

I campioni di terreno destinati all'analisi dei composti non volatili sono stati suddivisi tramite quartatura in tre aliquote:

- un campione a disposizione dell'ARPA di Siracusa;
- un campione da consegnare al Laboratorio chimico prescelto;
- un campione per eventuali controanalisi.

Per ogni sondaggio sono stati selezionati, sulla base delle analisi di screening e delle osservazioni in sito, un minimo di 2 campioni per le analisi di laboratorio tra quelli prelevati per ogni metro di perforazione. Il criterio adottato di selezione dei campioni, come descritto dal Protocollo d'intesa, è stato il seguente:

- un campione rappresentativo del primo metro di perforazione;
- un campione rappresentativo del sottosuolo interessato dalla zona di oscillazione della falda o comunque dell'interfaccia zona satura/insatura;
- un campione rappresentativo del fondo foro;
- campioni rappresentativi di ogni evidenza: formati da quegli strati che, all'interno del sottosuolo, abbiano presentato evidenze visive e/o olfattive di inquinamento ovvero presenza di rifiuti. I campioni delle evidenze sono stati formati per spessori superiori ai 40 cm.
- In corrispondenza di sondaggi spinti a profondità maggiori di 15 m il numero di campioni prelevati è stato aumentato proporzionalmente nell'ordine di un campione ogni cinque metri di sondaggio terebrato.

Laddove le condizioni granulometriche del terreno sono state coerenti con l'applicabilità del metodo, i campioni di terreno destinati alla

determinazione dei composti organici volatili sono stati prelevati secondo il metodo ASTM 4547 – 91 (prelievo con fustella dedicata).

Nella fase di approfondimento sono stati prelevati campioni alla stessa profondità del terreno dove, nella fase uno, le analisi chimiche avevano rilevato contaminazione.

A.13. Caratterizzazione delle acque di falda

Per la caratterizzazione idrochimica dell'acquifero presente nel sottosuolo dell'area in oggetto, sono stati realizzati in questa fase di indagine 226 piezometri di monitoraggio/pozzi di bonifica e 61 piezometri di monitoraggio. I piezometri sono stati ubicati in modo da disporre di dati significativi, rappresentativi e dettagliati riguardanti il livello della falda superficiale, le sue oscillazioni, l'andamento della superficie piezometrica, la direzione del flusso idrico sotterraneo e lo stato di contaminazione delle acque di falda superficiale.

Ubicazione e profondità dei piezometri

I piezometri per il campionamento delle acque sono stati completati, previa misura dei livelli dei fluidi mediante un apposita sonda di interfaccia (strumento che permette di individuare la presenza di eventuali spessori di prodotto idrocarburico in fase separata), con un piezometro in PVC o HDPE dalle seguenti caratteristiche:

- diametro: 150 mm (DN 6") e 100 mm (DN 4")
- tubazione cieca fino ad una distanza minima di 1 m sopra il livello del fluido nel foro e microfessurata fino a fondo foro (slot 0,5-0,7 mm – 0,3-0,5 mm);
- dreno in ghiaietto siliceo monogranulare (3-5 mm) lavato e naturalmente arrotondato;
- sigillatura superficiale con bentonite o argilla espansa e bioacca cemento-bentonite;
- completamento: in corrispondenza dei piezometri DN 6" è stata installata una testa pozzo completata con flangia e contro flangia (DN 150, PN 10), ingegnerizzata per scopi ambientali e protetta con l'installazione di un pozzetto (60x60x60) con chiusino carrabile (classe C400) nelle zone carrabili, di tipo pedonabile nelle altre zone. In corrispondenza dei piezometri DN 4" è stato installato un chiusino carrabile (30x30) nelle zone carrabili e una protezione metallica rilevata da p.c. in zone non carrabili.

Per ciascun piezometro installato, oltre alle informazioni relative al sondaggio (stratigrafia), sono riportate sulle apposite schede le seguenti informazioni:

- Diametro piezometro;
- Schema costruttivo del pozzo redatti e sottoscritti;
- Posizione e tipologia delle fessurazioni (filtri);

- Materiale di costruzione;
- Posizione setti impermeabili, isolamenti e drenaggi;
- Quota del boccapozzo, ricavata da apposita livellazione;
- Quota della falda superficiale misurata da boccapozzo;
- Eventuale spessore di prodotto surnatante.

Il piezometro è stato installato nel foro di sondaggio all'interno del rivestimento provvisorio, che è stato sfilato contestualmente all'immissione del ghiaietto e dei setti impermeabili, per evitare franamenti.

Dopo l'installazione, il piezometro è stato sviluppato mediante metodo ad aria compressa (air lifting).

Modalità di campionamento delle acque sotterranee

Il campionamento per le determinazioni analitiche in laboratorio è stato eseguito almeno 24 ore dopo il condizionamento ed è stato effettuato previo spurgo di un quantitativo d'acqua pari a 3-5 volte il volume della colonna d'acqua presente nel tubo e con portate non eccedenti i 3-6 l/min; le acque di spurgo sono state inviate all'impianto di trattamento acque o allo slop.

Sono stati monitorati, mediante misuratori da campo, i seguenti parametri chimico fisici:

- temperatura;
- ossigeno disciolto;
- PH;
- Conducibilità elettrica.

Tutte le attrezzature di campionamento e di spurgo sono state opportunamente decontaminate tra un campionamento e l'altro, con riferimento alle procedure riportate nel manuale interno Agip Petroli COSAM

Per le particolari condizioni idrogeologiche del sottosuolo nel settore SG10 dello stabilimento, alcuni dei piezometri di monitoraggio installati sono risultati secchi e pertanto non sono stati campionati.

In caso di presenza di surnatante, in corrispondenza di 42 punti, è stato effettuato un campionamento statico mediante campionatori manuali monouso (bailer), evitando fenomeni di turbolenza e di aerazione.

Nel caso di piezometri ove non sia stata rilevata la presenza di prodotto surnatante la falda superficiale, è stato effettuato un solo campionamento in modalità dinamica: al termine delle attività di spurgo è stata ridotta la portata della pompa a regime minimo possibile ed i campioni sono stati prelevati direttamente alla mandata della pompa. Per quanto riguarda i contenitori, le modalità di conservazione si rimanda alle procedure IRSA-CNR corrispondenti. I contenitori sono stati comunque sciacquati con il liquido da campionare, e sono stati riempiti totalmente, senza la presenza di bolle d'aria residue.

Trasporto e conservazione dei campioni

Per le acque sono stati utilizzati contenitori in vetro da 1.000 ml, PE da 100 ml e vials per l'analisi dei composti volatili. Per i terreni sono stati utilizzati contenitori bormioli a tenuta da 500 gr e vials da 40 gr

Su ogni contenitore è stato riportato:

- sito di provenienza;
- data e ora di prelievo;
- tipo di campione;
- identificativo del campione (punto di provenienza e profondità);

I campioni trasferiti sono stati accompagnati da una apposita documentazione (catena di custodia) che ha incluso, oltre alle informazioni riportate sull'etichetta di ciascun contenitore, le informazioni relative al trasporto, alle condizioni dei campioni al momento della consegna e le analisi chimiche da eseguire da parte del laboratorio.

Il trasporto e la conservazione sono stati effettuati in appositi contenitori isotermitici refrigerati e antiurto.

Altra documentazione di riferimento è stata:

- registro di cantiere;
- piano di sicurezza per gli operatori;
- protocollo di campionamento e analisi.

Campagne di misure piezometriche e rilievo topografico

Successivamente alla campagna di campionamento delle acque sono state effettuate le misurazioni del livello freatico in ogni piezometro. Il rilievo freaticometrico è stato condotto tra il 10 giugno e il 13 luglio 2005 mediante un'apposita *sonda di interfaccia*, uno strumento che, oltre a misurare il livello dell'acqua nel piezometro, permette di rilevare la presenza di eventuali idrocarburi in fase separata, determinandone lo spessore con una sensibilità di 1 mm.

Nel caso in cui sia stata individuata la presenza di eventuale prodotto surnatante, ne è stato misurato lo *spessore apparente* sempre con l'apposita sonda di interfaccia.

È stato realizzato un rilievo plano-altimetrico di precisione delle teste pozzo e delle verticali dei sondaggi (Tabella 1). Le teste dei piezometri ed i sondaggi sono stati quotati altimetricamente (precisione +- 1 cm) con georeferenziazione nel sistema Gauss-Boaga con la precisione di un metro per le coordinate x e y,

In corrispondenza di ciascun piezometro è stata apposta una targhetta indelebile ed inamovibile, riportante il codice univoco identificativo dello stesso.

Prove di permeabilità

Nei piezometri installati, almeno 24 ore dopo il campionamento, sono stati effettuati dei test di permeabilità (*slug tests*), consistenti nella rimozione improvvisa di una quantità nota di acqua dal piezometro e nella misura della risalita nel tempo del livello.

I dati sono stati interpretati secondo il metodo di Bower & Rice per acquiferi freatici, per consentire la determinazione dei parametri caratteristici dell'acquifero ed in particolare la sua permeabilità e trasmissività.

A.14. Caratterizzazione analitica

I campioni prelevati di terreni, acque e prodotto idrocarburico sono stati inviati, per l'esecuzione delle analisi previste, ad un laboratorio certificato ai sensi delle norme UNI CEI 45001:

- Gruppo CSA – Via Al Torrente, 22 - 47900 Rimini;

La caratterizzazione analitica è stata condotta eseguendo analisi specifiche, relative agli inquinanti connessi con le attività antropiche che hanno avuto luogo o attualmente presenti nelle aree omogenee identificate.

I campioni sono stati conservati e trasferiti al laboratorio seguendo le abituali prassi per il prelievo e la conservazione dei campioni. Il laboratorio ha effettuato alcune analisi di controllo utilizzando campioni a concentrazione nota (campioni standard di riferimento). I metodi analitici utilizzati sono presentati nelle Tabelle riportate nei paragrafi successivi.

Le metodiche analitiche utilizzate hanno raggiunto limiti di rivelabilità strumentale inferiori di almeno un ordine di grandezza i valori di riferimento del D.M. 471/99.

Documentazione e prassi di campionamento

Al fine di garantire il controllo e la qualità delle operazioni di raccolta ed invio dei campioni al laboratorio di analisi, è stata fornita un'adeguata documentazione di accompagnamento, contenente:

- Chain of custody dei campioni inviati, con dati identificativi del campione e contenente le informazioni relative al corriere, alle date/ore d'invio, ai tecnici che hanno eseguito il prelievo;
- registro per la raccolta delle informazioni di campo (localizzazione del sito, tempistica delle operazioni svolte, scopo delle attività, ecc.);
- misure di sicurezza per gli operatori ed equipaggiamento di sicurezza adottato;
- decontaminazione delle attrezzature di campionamento (modalità e sostanze utilizzate);
- quantità di campione prelevato;

- documentazione a scheda attestante le modalità di conservazione, trasporto e movimentazione dei campioni;
- etichettatura dei campioni;
- protocollo di campionamento.

Analisi dei terreni

Le analisi di campioni di terreno sono state condotte, in tutti i campioni, sulla frazione di terreno di granulometria fine (passante al setaccio da 2 mm e >10 mesh).

Nel caso siano state riscontrate, nella frazione fine, concentrazioni rilevanti, (almeno di un ordine di grandezza superiore al limite di riferimento), è stato generalmente effettuato un test di eluizione sulla porzione di terreno non passante il setaccio di 2 mm per valutare l'eventuale rilascio dalla frazione grossolana delle sostanze risultate di interesse. Per il test di eluizione è stata utilizzata come soluzione estraente acqua deionizzata satura di CO₂; il tempo di contatto solido/liquido non è stato inferiore alle 24 ore ed il rapporto liquido/solido è stato di 5 in peso.

Sono state effettuate analisi della frazione di carbonio organico su un numero di campioni statisticamente rappresentativo dell'intera area di indagine.

Nell'esecuzione delle analisi sono comunque state rispettate le seguenti prescrizioni:

- le analisi di laboratorio sono state effettuate nel più breve tempo possibile a partire dal momento del prelievo;
- sono stati applicati metodi analitici ufficiali, riconosciuti a livello internazionale;
- il laboratorio di analisi è accreditato ai sensi delle norme UNI CEI 45001;

Per ciascun punto di indagine sono stati analizzati i seguenti composti:

- As, Cd, Hg, Pb, Cr tot, Cr [VI], Cu, Se, Zn, V, Be, Sb;
- Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene (BTEX);
- MTBE
- Idrocarburi < C12;
- Idrocarburi > C12;
- Piombo tetraetile;

Nella seguente tabella sono riportate le metodiche analitiche di riferimento.

Metodiche Analitiche per i Terreni

Parametri	Tecnica analitica	Metodi
Umidità a 105 °C	Gravimetria	CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984
Scheletro	Gravimetria	DM 13/09/1999 SO n°185 GU n° 248 21/10/1999 Met II. 1

Antimonio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3050B 1996 + EPA 7041 1986
Arsenico	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3050B 1996 + EPA 7060A 1994
Berillio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3050B 1996 + EPA 7091 1986
Cadmio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3050B 1996 + EPA 7131A 1994
Cromo totale	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
Cromo esavalente	Spettrofotometria molecolare	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986
Mercurio	Spettrometria ad assorbimento atomico (AMA)	EPA 7473 1998
Piombo	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3050B 1996 + EPA 7421 1986
Rame	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
Selenio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3050B 1996 + EPA 7740 1986
Vanadio	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
Zinco	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3050B 1996 + EPA 6010C 2000
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
Benzene	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Etilbenzene (A)	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Toluene (B)	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Xilene (C)	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Sommatoria organici aromatici (A,B,C)	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
IDROCARBURI		
Idrocarburi leggeri C<12	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
Idrocarburi pesanti C>12	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 3550C 2000 + EPA 8270D 1998
ALTRE SOSTANZE		
Piombo tetraetile	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996
MTBE (metilterzbutilene)	Gasromatografia spettrometria di massa	EPA 5021A 2003 + EPA 8260B 1996

Analisi delle acque

Per ciascun punto di indagine sono stati analizzati i seguenti composti:

- As, Cd, Hg, Pb, Cr tot, Cr [VI], Cu, Se, Zn, V, Be, Sb;
- Benzene, Toluene, Etilbenzene, p-Xilene (BTEX);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b,kj)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Dibenzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-a,b)pirene, Crisene, Antracene Acenaftene, Fenantrene, Fluorene, Fluorantene, Naftalene;

- Fenoli
- PCB
- Idrocarburi lineari di origine petrolifera C10-40
- MTBE;
- Piombo Tetraetile;

Metodiche Analitiche per le Acque

Parametri	Tecnica analitica	Metodi
Antimonio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Arsenico	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Berillio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Cadmio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Cromo totale	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Cromo esavalente	Spettrofotometria molecolare	CNR IRSA 3080 Met B1 Q 100 1994
Mercurio	Spettrometria ad assorbimento atomico (AMA)	EPA 7473 1998
Piombo	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Rame	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Selenio	Spettrometria ad assorbimento atomico (ETA-AAS)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Vanadio	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
Zinco	Spettrometria ad emissione atomica (ICPOES)	EPA 3005A 1992 + EPA 200.8 1994
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
Benzene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B1996
Etilbenzene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B1996
Toluene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B1996
p-Xilene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B1996
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI		
Naftaline	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Acenafilene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Acenafene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Fluorene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Fenantrene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Antracene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Fluorantene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Pirene	Gascromatografia spettrometria di massa	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998

Benzo (a) antracene	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Crisene	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Benzo (b) fluorantene (A)	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Benzo (k) fluorantene (B)	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Benzo (ghi) perilene (C)	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Benzo (a) pirene	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Indeno (1,2,3-cd) pirene (D)	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Dibenzo (a,h) antracene	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
Somm. Policiclici aromatici (A,B,C,D)	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510 1996 + EPA 8270D 1998
FENOLI E CLOROFENOLI			
2-Clorofenolo	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
2,4 - Diclorofenolo	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
2,4,6 - Triclorofenolo	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Pentaclorofenolo	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
ALTRE SOSTANZE			
Policlorobifenili	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 1998
Idrocarburi alifatici lineari C10-C40	Gascromatografia massa	spettrometria di	UNI EN ISO 9377-2 2002
MTBE (metilterbutiletere)	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996
Piombo tetraetile	Gascromatografia massa	spettrometria di	EPA 5030C 2003 + EPA 8260B 1996

**APPENDICE 2 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI
DETTAGLIO**

A.2.1. Introduzione

La presente nota è strutturata in tre sezioni, la prima sezione descrive sei profili geologici di dettaglio ricostruiti sulla base delle interpretazioni delle stratigrafie dei sondaggi geognostici e dei piezometri, la seconda sezione descrive i risultati delle prove idrauliche effettuate su 125 piezometri all'interno della raffineria, la terza sezione descrive la freaticimetria della falda superficiale, basata sui rilievi effettuati tra il 10 giugno e il 13 luglio 2005.

A.2.2. Quadro geologico e geomorfologico

La geologia di superficie è mascherata dalla presenza delle strutture del polo petrolchimico e dalla copertura dei terreni agrari; in linea generale, la successione verticale di rocce e terreni è rappresentata graficamente nello schema stratigrafico di Figura 1 nel testo, dove si riconoscono in profondità le rocce più antiche, di età oligomiocenica (iniziata 30 milioni di anni fa), a cui si sovrappongono quelle via via più recenti sino alla attuale superficie topografica, come descritte di seguito:

- **Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico**
(età Oligocene – Miocene 30 – 23 m.a.).
- **Calcarenite e sabbia fossilifera**
(età Pleistocene inferiore > 0.3 m.a).
- **Argilla grigio-azzurra**
(età Pleistocene medio 0.3 – 0.1 m.a).
- **Alternanza di sabbia e calcarenite organogena**
(età Pleistocene medio 0,3 - 0,1 m.a).
- **Argilla, argilla limosa e limo argilloso giallo ocra**
(età Pleistocene medio 0,3 – 0,1 m.a).
- **Alluvioni e depositi di spiaggia**
(età Olocene recente < 0,01 m.a)
- **Terreno vegetale e di riporto**

Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico:

Si tratta di calciruditi e calcareniti di colore bianco e bianco giallo, spesso costituite da livelli a biolititi algali, mostrano intensa fratturazione, con evidenti fenomeni di ricristallizzazione e di riempimento da parte di materiali fini. Altro fenomeno diffuso è il carsismo con numerose cavità, solo raramente riempite da materiale limoso argilloso.

Questo termine affiora estesamente nell'area investigata, rappresentando quasi integralmente il settore monte ferrovia fino alla zona della scuola aziendale. Sono anche riconoscibili due affioramenti in valle ferrovia, sotto le coperture attuali, nell'area orientale quasi a ridosso dell'attuale linea di costa (sezioni A A' e C C').

Calcarenite e sabbia fossilifera:

Si tratta perlopiù di calcareniti di colore giallo da moderatamente a poco cementate con frequenti livelli di sabbia, non affiorano nell'area investigata ma sono riconoscibili nel sottosuolo in numerosi sondaggi (sezioni A A', B B', C C'), si trovano a diretto contatto sui termini del *Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico* con mancanza dei depositi sia del miocene superiore (messiniano) sia di quelli di tutto il Pliocene. Lateralmente e superiormente passano alle successive argille grigio-azzurre. La Figura seguente mostra una ricostruzione schematica dei rapporti stratigrafici tra le diverse unità riconosciute nell'area.

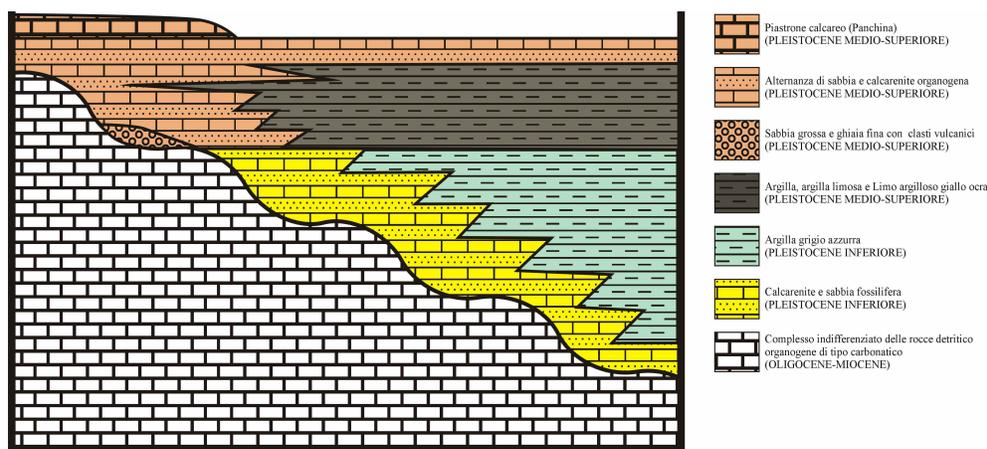


Figura 1 schema dei rapporti stratigrafici

Argilla grigio-azzurra:

L'argilla grigio-azzurra, come il litotipo precedente, non affiora nell'area investigata ma risulta ben riconoscibile nel sottosuolo, (sezione C C') generalmente mostra un rapporto di chiara eteropia con la precedente *Sabbia e calcarenite fossilifera* di cui rappresentano il termine deposizionale distale. Verso l'alto invece passano, o alla successiva *Alternanza di sabbia e calcarenite organogena*, o gradualmente alle argille giallo ocra (sezione C C').

Alternanza di sabbia e calcarenite organogena:

Sono date da un'alternanza di calcareniti, massive o a stratificazione incrociata, e di livelli sabbiosi di colore giallo, spesso presentano intercalazioni di lenti argilloso-siltose e conglomeratiche. Queste lenti sono più frequenti nella parte bassa della formazione con di spessori variabili da pochi decimetri a qualche metro. Le lenti conglomeratiche basali sono

costituite da clasti lavici in matrice sabbiosa e rappresentano il termine trasgressivo della formazione. Nell'area investigata questa alternanza rappresenta il litotipo più frequente in affioramento (circa il 75% dell'intera area).

Argilla, argilla limosa e limo argilloso giallo ocra:

E' il termine in eteropia laterale con la precedente *alternanza di sabbia e calcarenite organogena* sono costituite da argille, argille limose e limi argillosi, di colore da giallo ocra a marrone chiaro, affiorano limitatamente ad un piccolo settore in area SG10, ma sono riconoscibili in sottosuolo sia in SG10 che in gran parte del settore a valle ferrovia, dove nell'area settentrionale sono state individuate in continuità stratigrafica con le *Argille grigio-azzurre* (sezione C C').

Alluvioni e depositi di spiaggia:

Il materiale alluvionale è composto per lo più di un'alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose con livelli di ghiaie e ciottoli spesso vulcanici che affiorano estesamente lungo il Vallone della Neve e lungo il Torrente Bondifè. Presentano spessore variabile da pochi decimetri a qualche metro.

In prossimità dell'attuale linea di costa, al di sotto del riporto è presente un livello di sabbia sciolta e sabbia limosa con resti algali che rappresenta il deposito costiero attuale.

Terreno vegetale e di riporto:

Il primo è costituito da materiale fino da limo a sabbia limosa, con frequenti clasti per lo più calcarenitici; il riporto invece ha composizione eterogenea con granulometria variabile da blocchi (scogliera artificiale) ad argille, costituiscono un largo settore di affioramento nella porzione orientale della raffineria costituendo il materiale dell'espansione verso mare di questa area (Sezioni A A', B B' e C C'), oltre che in quest'area si rinviene nei sondaggi dell'SG12, lungo il Vallone della Neve e in modesti spessori in area parcheggio autobotti e in SG10.

TETTONICA

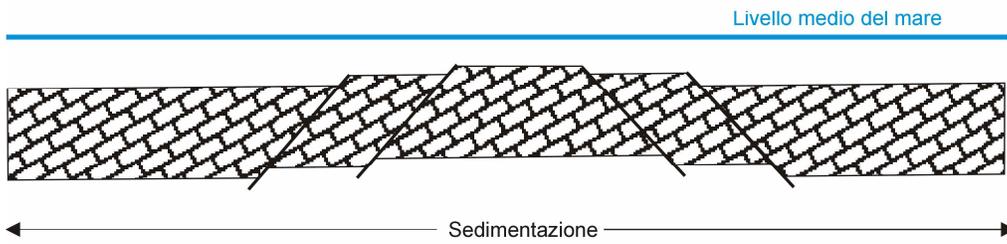
L'intera area investigata risulta interessata dalla presenza di fratture di dislocazione della crosta terrestre (le faglie) queste hanno portato in tempi recenti (a partire da 65 m.a. per l'area orientale iblea) al sollevamento ed all'abbassamento di porzioni del territorio. Durante il pleistocene la costa di Gigia rappresentava una zona elevata (Horst), non sommersa dal mare di allora e quindi soggetta a fenomeni erosivi, infatti, oggi qui affiorano le rocce più antiche in quanto la deposizione di quelle più recenti non avvenne. Viceversa la piana di Augusta rappresentava una depressione morfologica costituente un braccio di mare (bacino di sedimentazione), in cui avveniva la sedimentazione dei detriti erosi dalle zone circostanti compresa la costa di Gigia.

Durante tutto il pleistocene, in questo bacino si depositavano le rocce appartenenti alla successione stratigrafica descritta sopra: le calcareniti e le sabbie nelle zone più prossime alla costa e meno profonde, le argille grigio-azzurre nelle zone più distali e più profonde.

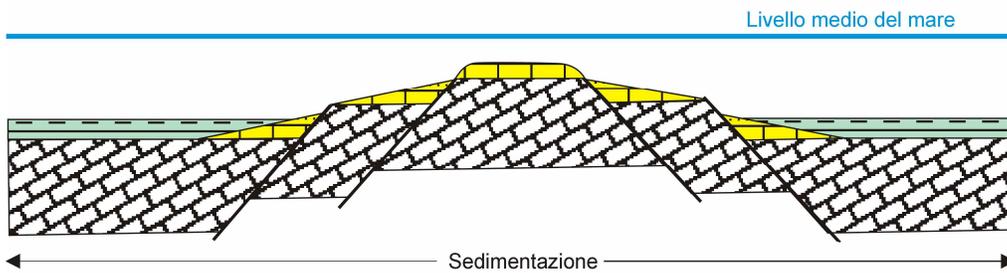
La sedimentazione di queste rocce avveniva in un contesto geologico caratterizzato dalla emersione del bacino sedimentario anzidetto, che andava gradualmente acquisendo la conformazione attuale: aree precedentemente sommerse venivano così a giorno e soggette ad erosione, i detriti prodotti, una volta trasportati in mare, si risedimentavano, dando origine alle sabbie e calcareniti nei tratti meno profondi ed alle argille limose color giallo ocra nei tratti più profondi (vedi Figura 2 di seguito).

La complessità della geologia del sottosuolo nell'ambito della raffineria è l'effetto di quanto descritto, le sezioni geologiche di dettaglio correlano le stratigrafie dei singoli sondaggi con i complessi fenomeni geologici descritti.

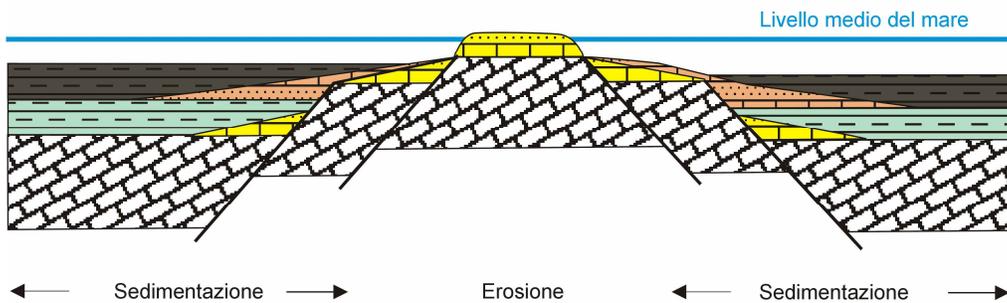
Situazione all'inizio del Pleistocene



Situazione nel Pleistocene medio-inferiore



Situazione nel Pleistocene medio-superiore



-  Alternanza di sabbia e calcarenite organogena (PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE)
-  Argilla, argilla limosa e Limo argilloso giallo ocra (PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE)
-  Argilla grigio azzurra (PLEISTOCENE INFERIORE)
-  Calcarenite e sabbia fossilifera (PLEISTOCENE INFERIORE)
-  Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico (OLIGOCENE-MIOCENE)

Figura 2 – Schema geologico strutturale della Costa di Giga

A.2.3. Descrizione delle sezioni geologiche

Sezione geologica A-A'

La sezione geologica di Figura 4a è orientata da ovest verso est e si estende dal parco serbatoi dell'area SG10 fino al mare Ionio in area SG11, il suo tracciato e rappresentato in Figura 3 (carta geologica).

La sezione è lunga tre chilometri e mezzo ed ha un dislivello in quota assoluta di circa 70 m, le scale di rappresentazione sono 1:2500 per l'asse longitudinale e 1:200 per l'asse delle altezze, per la sua realizzazione, sono stati utilizzate 61 stratigrafie di sondaggi superficiali e di piezometri.

Nella sezione si riconoscono i seguenti termini litologici:

- *Terreno di riporto*
- *Terreno vegetale*
- *Piastrone calcareo (Panchina)*
- *Alternanza di sabbia e calcarenite organogena*
- *Argilla e limo argilloso giallo ocra*
- *Calcarenite e sabbia fossilifera*
- *Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico*

La prima parte della sezione interessa un settore con caratteristiche geologiche omogenee, è il settore su cui è realizzata l'area stoccaggio SG10. In esso si riconoscono: un modesto lembo del piastrone calcareo (spessore circa due metri), che interessa la porzione più occidentale della sezione; l'alternanza di sabbia e calcarenite organogena; argilla giallo ocra, quest'ultima mostra un aumento di spessore procedendo verso est dove è anche presente una facies di transizione tra i due litotipi sabbioso e argilloso; questa facies è costituita da livelli a sabbie limose e limi sabbiosi, distinti nella sezione da una simbologia diversa. In questo settore sono presenti oltre le coperture di terreni vegetali e di riporto, limitati lembi di alluvioni limoso ghiaiose, in corrispondenza dell'alveo del torrente Bondifè e del Vallone della Neve. In corrispondenza di quest'ultimo esiste un sistema di faglie a gradinata che mette in contatto il precedente settore con un alto strutturale (horst), composto dal *Complesso indifferenziato delle rocce di tipo carbonatico*. Questo complesso rappresenta il substrato investigato per la restante parte della sezione.

Il rilievo strutturale individuato degrada rapidamente verso Est e in corrispondenza del passante ferroviario CT-SR è sede di una limitata copertura dell'*alternanza di sabbia e calcarenite organogena* che passa ad *argilla giallo ocra* procedendo lungo strada L e fino in SG11 dove passa alla *calcarenite e sabbia fossilifera*. La sezione si conclude nell'area dell'attuale linea di costa dove si evidenzia un notevole spessore di materiale di riporto

(circa 6 metri) costituito da materiale grossolano della scogliera artificiale e da materiale eterometrico costituente il riempimento retrostante alla scogliera stessa.

Le sabbie e calcareniti organogene sono sede di una falda di superficiale modesto spessore (inferiore a 10m) e di scarsa produttività. Tale falda è sostenuta dalle sottostanti argille giallo ocra di spessore variabile ma non superiore a 4 metri.

L'andamento della freaticimetria della falda superficiale è rappresentato dalla linea a tratteggio azzurra.

Sezione geologica B-B'

La sezione geologica di Figura 4b è orientata da ovest verso est, si estende dalla scuola aziendale fino al mare Ionio; il suo tracciato è rappresentato in Figura 3.

La sezione è lunga quasi due chilometri ed ha un dislivello in quota assoluta di circa 30 m, le scale di rappresentazione sono 1:2500 per l'asse longitudinale e 1:200 per l'asse delle altezze, per la sua realizzazione, sono stati utilizzate 38 stratigrafie di sondaggi superficiali e di piezometri.

Nella sezione si riconoscono i seguenti termini litologici:

- *Terreno di riporto*
- *Deposito di spiaggia attuale*
- *Terreno vegetale*
- *Alternanza di sabbia e calcarenite organogene*
- *Argilla, argilla limosa e limo argilloso giallo ocra*
- *Calcarenite e sabbia fossilifera*
- *Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico*

La sezione interessa nella parte più occidentale i depositi detritico organogeni di tipo carbonatico; nella zona di strada 7 questi sono ricoperti da un lembo con spessore massimo di 4 metri dell'alternanza di sabbia e calcarenite, riaffiorano nell'area del CR5 e si riconoscono nel sottosuolo nell'ultima stratigrafia della sezione. Oltre al precedente lembo di strada 7 l'alternanza si riconosce lungo strada N verso mare, qui si sovrappone direttamente sulla calcarenite e sabbia fossilifera da cui è distinta per l'interposizione di un modesto livello di sabbia grossolana con clasti vulcanici. In sezione si ha l'evidenza di due dislocazioni tettoniche, la prima tra M7B16 e M6B01, la seconda più a valle tra N2B06 e N2S08; la prima è evidenziata da un salto di spessore dell'alternanza mentre la seconda mette in contatto i vari depositi calcarenitici e sabbiosi con le argille giallo ocra, si può supporre per direzione e verso che facciano parte del sistema di faglie di S. Cusumano.

Verso mare, coperti da uno spessore di alcuni metri di materiale di riporto che costituisce la scogliera artificiale ed il riempimento retrostante, si hanno lembi di sabbia e sabbia limosa dei depositi costieri attuali.

Sezione geologica C-C'

La sezione geologica di Figura 4c è orientata da sud a nord, si estende quasi parallelamente all'attuale linea di costa dall'area SG11 fino all'area cantieri imprese (strada O); il suo tracciato è rappresentato in Figura 3.

La sezione è lunga circa un chilometro e mezzo ed ha un andamento sub pianeggiante, le scale di rappresentazione sono 1:2500 per l'asse longitudinale e 1:100 per l'asse delle altezze, per la sua realizzazione, sono stati utilizzate 22 stratigrafie di sondaggi superficiali e di piezometri.

Nella sezione si riconoscono i seguenti termini litologici:

- *Terreno di riporto*
- *Terreno vegetale*
- *Deposito di spiaggia attuale*
- *Alternanza di sabbia e calcarenite organogena*
- *Argilla e argilla limosa giallo ocra*
- *Argilla grigio azzurra*
- *Calcarenite e sabbia fossilifera*
- *Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico*

La prima parte della sezione interessa un settore con caratteristiche geologiche omogenee, si ha infatti una potente copertura di materiale di riporto, che anche qui costituisce la scogliera artificiale ed il suo riempimento retrostante, poggiante su depositi di spiaggia attuale a loro volta insistenti su un substrato composto dalle rocce detritico organogene di tipo carbonatico. Questo settore omogeneo si interrompe nei pressi del N1B05 dove la sezione attraversa il sistema di faglie di S. Cusumano in parte sepolto. Oltre si hanno i sedimenti dell'alternanza sulle argille giallo ocra che approfondendosi passano gradualmente ad argille grigio azzurre.

Sezione geologica D-D'

La sezione geologica di Figura 4d è orientata da sud verso nord e si estende dal parco serbatoi dell'area SG12 lungo strada 7 fino a strada P, il suo tracciato è rappresentato in Figura 3.

La sezione è lunga un chilometro e duecento metri ed ha un debole dislivello di circa 5 m, le scale di rappresentazione sono 1:2500 per l'asse longitudinale e 1:100 per l'asse delle altezze, per la sua realizzazione, sono stati utilizzate 22 stratigrafie di sondaggi superficiali e di piezometri.

Nella sezione si riconoscono i seguenti termini litologici:

- *Terreno di riporto*
- *Terreno vegetale*
- *Alternanza di sabbia e calcarenite organogena*
- *Limo argilloso giallo ocra*

- *Argilla e argilla limosa giallo ocra*
- *Complesso indifferenziato delle rocce detritico organogene di tipo carbonatico*

La sezione attraversa nella sua parte più meridionale il sistema di faglie a gradinata del Vallone della Neve, questo sistema risulta occultato dalle coperture recenti ed attuali, e mette in contatto laterale i sedimenti limoso argillosi e le argille del Pleistocene medio e superiore con i termini carbonatici oligomiocenici. Verso Nord si ha un lembo di *alternanza di sabbia e calcarenite organogena* potente anche 9 metri bruscamente troncata da un'altra faglia anch'essa appartenente al sistema del Vallone della Neve.

Procedendo verso Nord sono presenti ancora i termini oligomiocenici carbonatici coperti da modesti spessori di terreno vegetale e di riporto. Tra S94 e O7S13 è presente una dislocazione con andamento quasi Est-Ovest databile al Pleistocene medio.

Sezione geologica E-E'

La sezione geologica di Figura 4e è orientata da sud verso nord attraversando il parco serbatoi dell'area SG10, il suo tracciato è rappresentato in Figura 3.

La sezione è lunga circa un chilometro e trecento metri ed ha un dislivello in quota assoluta di circa 20 m, le scale di rappresentazione sono 1:2500 per l'asse longitudinale e 1:200 per l'asse delle altezze, per la sua realizzazione, sono stati utilizzate 23 stratigrafie di sondaggi superficiali e di piezometri.

Nella sezione si riconoscono i seguenti termini litologici :

- *Terreno di riporto*
- *Terreno vegetale*
- *Deposito alluvionale*
- *Alternanza di sabbia e calcarenite organogena*
- *Argilla e argilla limosa giallo ocra*
- *Calcarenite e sabbia fossilifera*

Questa sezione geologica attraversa il greto del Torrente Bondifè, questo torrente divide la sezione in due settori con caratteristiche geologiche diverse: il settore a sud del torrente ed il settore a nord.

La successione stratigrafica del settore meridionale è costituita dall'alto verso il basso, ad esclusione dei terreni di riporto e vegetali, dall'*alternanza di sabbie e calcareniti organogene*, sovrapposta ad un livello di *argilla e argilla limosa giallo ocra* situato ad una profondità di circa sette - otto metri.

A differenza il settore a nord del torrente Bondifè è caratterizzato da un dislivello di quota rispetto al precedente e da una morfologia blanda;

questo settore è stato investigato solo da alcuni sondaggi superficiali che hanno evidenziato la presenza della *calcarenite e sabbia fossilifera* e della sovrastante *argilla giallo ocra* e da un lembo di deposito alluvionale in corrispondenza dell'alveo del torrente Bondifè e in prossimità del Vallone della Neve dove risulta coperto da circa due metri di terreno vegetale e di riporto.

L'andamento della freaticimetria della falda superficiale è rappresentato dalla linea a tratteggio azzurra.

Sezione geologica F-F'

La sezione geologica di Figura 4f è orientata da sud verso nord e si estende nel parco serbatoi dell'area SG10, il suo tracciato è rappresentato in Figura 3.

La sezione è lunga circa ottocento metri ed ha un andamento altimetrico sub pianeggiante, le scale di rappresentazione sono 1:2500 per l'asse longitudinale e 1:100 per l'asse delle altezze, per la sua realizzazione, sono stati utilizzate 21 stratigrafie di sondaggi superficiali e di piezometri. Nella sezione si riconoscono i seguenti termini litologici :

- *Terreno di riporto*
- *Terreno vegetale*
- *Alternanza di sabbia e calcarenite organogena*
- *Argilla e argilla limosa giallo ocra*

La sezione attraversa un settore omogeneo costituito dalla sovrapposizione dell'alternanza di sabbia e calcarenite sull'argilla giallo ocra ad una profondità di circa dieci metri dal piano campagna, superficialmente invece si hanno anche grossi spessori di materiale di riporto e di terreno vegetale.

A.2.4. Idrogeologia dell'acquifero superficiale

Permeabilità

Nell'ambito delle attività integrative della caratterizzazione della Raffineria ErgMed di Priolo, sono state eseguite 125 prove idrauliche tipo slug test, su altrettanti piezometri distribuiti su tutta la raffineria, con l'obiettivo di valutare il grado di permeabilità dell'acquifero superficiale.

La permeabilità di un acquifero esprime la sua attitudine a lasciarsi attraversare dall'acqua nel sottosuolo, ed ha la stessa unità misura della velocità (metri o centimetri al secondo).

Il coefficiente di permeabilità (k) esprime numericamente il grado di permeabilità di un acquifero, esso può essere sperimentalmente determinato da prove in sito o in laboratorio, oppure calcolato utilizzando i principi di base della idrogeologia (legge di Darcy, ecc.).

Le prove idrauliche tipo slug test si prestano in tutte quelle condizioni in cui non è possibile effettuare una prova di tipo tradizionale (tipo prova di pompaggio), ad esempio quando il piezometro è di piccolo diametro o la permeabilità è modesta, e non necessitano di un piezometro spia.

Con gli slug test si misura il tempo di recupero necessario per ristabilire il livello d'acqua iniziale (condizioni statiche) all'interno del piezometro su cui si effettua la prova, dopo avere prelevato (tecnica rising) o immesso (tecnica falling) un noto quantitativo d'acqua.

I risultati della elaborazione statistica delle prove idrauliche eseguite permette di ottenere un quadro d'insieme più rappresentativo delle variazioni di distribuzione della Permeabilità della prima falda nell'area di raffineria.

L'insieme dei dati analizzati si avvale di prove idrauliche distribuite nell'area interna stabilimento, ed accorpate in tre unità logiche:

- SG10;
- settore ovest ferrovia (monte ferrovia);
- settore est ferrovia (valle ferrovia).

Tutte le prove sono state interpretate con il metodo di Bouwer-Rice, per acquiferi non confinati, confrontato con altri metodi interpretativi in situazioni in cui la distribuzione dei dati sperimentali dava luogo a curve non standard.

Solo il 3% dei risultati delle prove sono state escluse dall'elaborazione in quanto ritenute poco attendibili per la rapida risalita o per la distribuzione dei dati.

I valori di conducibilità idraulica ottenuti sono quindi stati soggetti ad una analisi statistica seguendo un approccio di tipo tradizionale (statistica descrittiva) che ha permesso di calcolare la deviazione standard, la varianza, la media, la mediana, l'errore standard, la confidenza al 95% e 99%, i valori minimi e massimi della distribuzione di dati.

La media restituisce la media aritmetica degli argomenti.

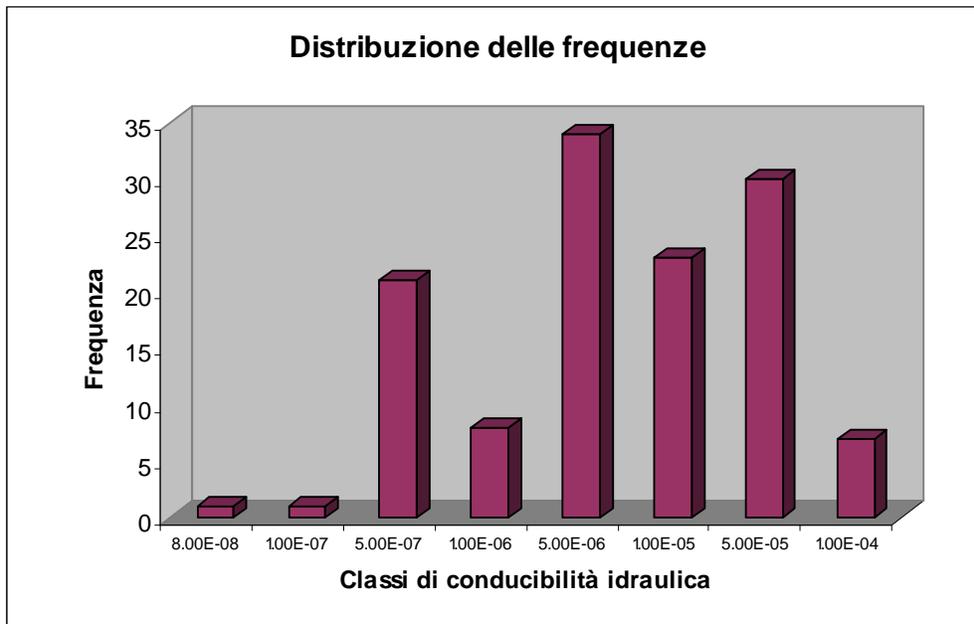
La mediana è il numero che occupa la posizione centrale di un insieme di numeri, vale a dire che una metà dei numeri ha un valore superiore rispetto alla mediana, mentre l'altra metà ha un valore inferiore.

L'intervallo di confidenza è dato da un intervallo di valori che precedono o seguono una media campione.

La varianza è un indicatore di dispersione in quanto è nulla solo nei casi in cui tutti i valori sono uguali tra di loro (e pertanto uguali alla loro media) e cresce con il crescere delle differenze reciproche dei valori.

La deviazione standard è una misura che indica quanto i valori si discostano dal valore medio (la media).

In genere i dati risultano essere omogenei e concentrati in un ristretto range di valori, con piccole distribuzioni agli estremi della curva di distribuzione.



Il valore medio di conducibilità idraulica risulta essere di $1,18 \cdot 10^{-5}$ m/s, mentre il valore della mediana è di $4,77 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Di rilevante importanza è la stima della confidenza che permette di ricavare l'intervallo che contiene i valori più probabili della grandezza stimata.

In pratica viene ricavato l'intorno della media nel quale ricade una percentuale, in genere, del 96% dei dati analizzati, questo significa che si ha la probabilità del 96% che il valore reale ricada in tale intervallo.

I valori di k (conducibilità idraulica) sono quindi compresi tra $8,81 \cdot 10^{-6}$ e $1,48 \cdot 10^{-5}$ m/s.

L'area investigata risulta essere idrogeologicamente omogenea, con locali variazioni di conducibilità idraulica legate a possibili variazioni granulometriche o addensamenti del terreno.

Di seguito vengono riportati, in una tabella riassuntiva, i parametri statistici ricavati.

ELABORAZIONE STATISTICA DEI RISULTATI DEGLI SLUG TESTS (I VALORI SONO ESPRESSE IN M/S).	
Valore Max	0,0000971
Valore minimo	7,14E-08
Media	1,183E-05
Mediana	4,77E-06
Errore standard	1,511E-06
Varianza	2,853E-10
Deviazione standard	1,689E-05
Confidenza 95%	2,961E-06
Confidenza 99%	3,891E-06

I valori sono espressi in m/s.

I risultati ottenuti confermano quanto riscontrato nelle precedenti indagini; il valore medio di k , che esprime la media geometrica è infatti pari a 2×10^{-5} m/s, mentre la mediana, che esprime il valore medio della popolazione, risulta essere ancora pari 8×10^{-6} m/s, gli intervalli di confidenza hanno valori intermedi rispetto a questi dati, la varianza è molto bassa.

Il diverso grado di permeabilità governa le modalità di deflusso delle acque sotterranee, i settori che hanno una permeabilità più alta vengono attraversati più velocemente dalle acque sotterranee e, a parità di spessore saturo anche da un quantitativo d'acqua maggiore.

Le variazioni di permeabilità possono dare luogo ad una distorsione della freaticimetria, ciò avviene perchè la falda è facilitata (passaggio da permeabilità più bassa a più alta) oppure ostacolata (passaggio da permeabilità più alta a più bassa), durante il suo tragitto.

A.2.5. Freaticimetria dell'acquifero superficiale

La falda superficiale è contenuta in un acquifero costituito generalmente dalle sabbie e calcareniti organogene ed in parte da terreni di riporto. Ha uno spessore modesto (inferiore a 6 m) ed una scarsa produttività. Il deflusso delle acque si sviluppa da ovest verso est in direzione quindi, del suo recapito naturale qual è il Mare Ionio.

La falda superficiale è freatica; in questo tipo di falda è possibile distinguere una porzione dell'acquifero satura d'acqua (la falda vera e propria) e da una porzione non satura e priva di circolazione idrica sotterranea.

L'andamento della freaticimetria della falda superficiale è rappresentato nella carta idrogeologica di Figura 16, le curve isofreatiche (rappresentate in azzurro) sono espresse in metri sul livello medio del mare, esse raccordano

i punti di egual potenziale della superficie della falda (superficie freatica), gli intervalli sono di due metri nel settore SG10, infittendosi verso est.

La morfologia della superficie freatica è controllata da diversi fattori quali:

la morfologia del tetto delle argille grigio-azzurre o giallo ocra;

la morfologia della linea di costa;

la presenza di strutture tettoniche;

le variazioni locale della permeabilità.

Le argille grigio-azzurre sono presenti nel settore SG10 e nell'area a nord della faglia del Vallone della Neve (vedi Figura 3), esse costituiscono l'elemento di separazione tra la falda superficiale e quella profonda, la superficie superiore di queste argille è inclinata verso est ed piuttosto irregolare. Ciò influisce sul deflusso delle acque della falda superficiale, che si comporta come se scivolasse un piano inclinato, delimitato lateralmente (a nord e a sud) dalle stesse argille grigio-azzurre.

La faglia del Vallone della Neve influenza il passaggio delle acque di falda tra il settore a sud della faglia stessa e quello a nord, l'effetto è il raffittimento delle curve isofreatiche nella zona della faglia.

Le variazioni locali di permeabilità facilitano (passaggio da permeabilità più bassa a più alta) oppure ostacolano (passaggio da permeabilità più bassa a più alta) il deflusso naturale delle acque di falda. Nel primo caso le curve isofreatiche tendono a ridurre il gradiente e quindi a diradarsi, nel secondo caso le isofreatiche subiscono un innalzamento del gradiente e quindi si raffittiscono. Ciò è ben evidente osservando i passaggi laterali tra settori con diverso grado di permeabilità nella carta idrogeologica di Figura 16.