



ENVIRONMENTAL DIVISION

**Per**

**ENI S.p.A.**

**Divisione Refining & Marketing**

**Raffineria di Venezia e**

**Stabilimento Produzione Lubrificanti**

**RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA  
DELLE ATTIVITA' INTEGRATIVE DI  
CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE**

**Contratto FWIENV n° 1-BH-0220**

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>8</b>
<b>2. SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>10</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>11</b>
3.1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	12
<b>4. INQUADRAMENTO DEL SITO.....</b>	<b>13</b>
4.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE .....	13
4.1.1 Raffineria Eni S.p.A. – Divisione Refining & marketing .....	13
4.1.2 Stabilimento Produzione Lubrificanti (STAP) .....	17
4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	18
4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	19
<b>5. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE .....</b>	<b>20</b>
5.1 RAFFINERIA - INDAGINI INTEGRATIVE AL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE - LUGLIO-OTTOBRE 2004 .....	21
5.1.1 Campionamento per la determinazione di PCB e Diossine .....	23
5.2 STABILIMENTO STAP - INDAGINI INTEGRATIVE AL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE - LUGLIO-OTTOBRE 2004.....	24
5.2.1 Campionamento per la determinazione di PCB e Diossine.....	25
5.3 MODALITÀ OPERATIVE DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI .....	25
5.3.1 Sondaggi realizzati in zone ad accesso limitato .....	27
5.3.2 Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati a piezometro .....	28
5.4 MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO DEI TERRENI .....	29
5.5 MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE .....	31

5.6	ESECUZIONE DEI RILIEVI FREATIMETRICI.....	33
5.6.1	<i>Rete di monitoraggio</i> .....	33
5.6.2	<i>Rilievi freatimetrici</i> .....	37
5.7	TEST IDRAULICI.....	43
5.7.1	<i>Isola di Raffineria</i> .....	43
5.7.2	<i>Isola dei serbatoi</i> .....	47
5.7.3	<i>Commenti a risultati dei Test idraulici</i> .....	48
5.8	RILIEVO TOPOGRAFICO.....	49
<b>6.</b>	<b>ATTIVITÀ DI LABORATORIO.....</b>	<b>50</b>
6.1	ANALISI CHIMICHE.....	50
<b>7.</b>	<b>RISULTATI ANALITICI.....</b>	<b>57</b>
7.1	STATO QUALITATIVO DEI TERRENI.....	57
7.1.1	<i>Isola di Raffineria</i> .....	58
7.1.2	<i>Isola dei Serbatoi</i> .....	59
7.1.3	<i>STAP</i> .....	60
7.2	STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE DI FALDA.....	60
7.2.1	<i>Falda di riporto – Isola di Raffineria</i> .....	62
7.2.2	<i>Falda di riporto – Isola dei Serbatoi</i> .....	63
7.2.3	<i>Falda di riporto – STAP</i> .....	63
7.2.4	<i>Prima falda – In Isola di Raffineria</i> .....	64
7.2.5	<i>Prima falda – Isola dei Serbatoi</i> .....	64
7.2.6	<i>Prima falda – STAP</i> .....	65
<b>8.</b>	<b>MODELLO CONCETTUALE DEL SITO.....</b>	<b>66</b>
8.1	CARATTERISTICHE AMBIENTALI ED IDROGEOLOGICHE DELL' AREA.....	66
8.1.1	<i>Strato di riporto</i> .....	67

8.1.2 Falda di riporto.....	67
8.1.3 Primo livello impermeabile.....	70
8.1.4 Primo livello sabbioso.....	70
8.1.5 Prima falda.....	71
8.1.6 Secondo livello impermeabile .....	75
8.2 STATO QUALITATIVO DELLE MATRICI AMBIENTALI.....	76
<b>9. CONCLUSIONI.....</b>	<b>80</b>

## INDICE DEGLI ALLEGATI

### ALLEGATO 1a

- Figura 1: Planimetria generale della Raffineria di Venezia (Isola dei Serbatoi e Isola di Raffineria)
- Figura 2: Planimetria con l'ubicazione dei sondaggi eseguiti e dei campionamenti di top-soil
- Figura 3: Rete di monitoraggio delle acque di falda (riporto e prima falda)
- Figura 4: Planimetria con l'ubicazione dei punti campionati in contraddittorio con ARPAV
- Figura 5: Freatimetria della falda di riporto (novembre '04)
- Figura 6: Freatimetria della prima falda (novembre '04)
- Figura 7: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nei suoli
- Figura 7a: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze a carico di Diossine rinvenute nei top-soil – Isola dei Serbatoi
- Figura 7b: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze a carico di Diossine rinvenute nei top-soil – Area Nord-Est
- Figura 8: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nelle acque di falda di riporto
- Figura 9: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nelle acque di prima falda
- Figura 10: Planimetria con l'ubicazione dei sistemi di trattamento Pump & Treat già funzionanti e in fase di esecuzione

### ALLEGATO 1b

- Figura 1: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione dei punti di indagine
- Figura 2: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nei suoli
- Figura 3: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nelle acque di riporto
- Figura 4: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nelle acque di prima falda
- Figura 5: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione dei sistemi di trattamento Pump & Treat in fase di esecuzione

**ALLEGATO 2**

- Figura 1a: Sezione geologica A-A' in area di Raffineria
- Figura 1b: Sezione geologica B-B' in area di Raffineria
- Figura 1c: Sezione geologica C-C' in Zona Nord-Est
- Figura 1d: Sezione geologica D-D' in Isola dei Serbatoi
- Figura 1e: Sezione geologica E-E' in Isola dei Serbatoi
- Figura 1f: Sezione geologica F-F' in Isola dei Serbatoi
- Figura 1g: Sezione geologica G-G' in Isola dei Serbatoi
- Figura 1h: Sezione geologica H-H' in Isola dei Serbatoi
- Figura 2: Isopache del primo strato impermeabile naturale in posto
- Figura 3: Tetto del primo strato impermeabile naturale in posto
- Figura 4: Base della prima falda – Secondo livello impermeabile

**ALLEGATO 3**

Tabelle riassuntive delle eccedenze rinvenute

**ALLEGATO 3a**

Tabulati delle analisi chimiche dei suoli – Isola di Raffineria

Tabulati delle analisi chimiche delle acque sotterranee – Isola di Raffineria

**ALLEGATO 3b**

Tabulati delle analisi chimiche dei suoli – Isola dei Serbatoi

Tabulati delle analisi chimiche delle acque sotterranee – Isola dei Serbatoi

**ALLEGATO 3c**

Tabulati delle analisi chimiche dei suoli – STAP

Tabulati delle analisi chimiche delle acque sotterranee – STAP

#### **ALLEGATO 4**

Certificati analitici dei suoli – Isola di Raffineria

Certificati analitici delle acque sotterranee – Isola di Raffineria

Certificati analitici dei suoli – Isola dei Serbatoi

Certificati analitici delle acque sotterranee – Isola dei Serbatoi

Certificati analitici dei suoli – STAP

Certificati analitici delle acque sotterranee – STAP

#### **ALLEGATO 5**

Risultati Test Idraulici

Stratigrafie dei sondaggi e dei piezometri integrativi

Tabella dei parametri chimico-fisici delle acque sotterranee

#### **ALLEGATO 6**

Documentazione Fotografica

#### **ALLEGATO 7**

Rilievo topografico

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Tecnica Descrittiva, redatta ai sensi dell'Allegato 4 del D.M. 471/99, relativa agli interventi di Caratterizzazione Ambientale integrativa, condotti presso l'Eni S.p.A. Divisione Refining & Marketing - Raffineria di Venezia (ENI R&M di seguito) e presso lo Stabilimento Eni S.p.A. Divisione Refining & Marketing di Produzione Lubrificanti e Grassi (STAP).

Le attività integrative di caratterizzazione ambientale sono state eseguite nel periodo luglio-ottobre 2004, con l'apporto specialistico della società Foster Wheeler Italiana S.p.A. - Environmental Division (FWIENV nel seguito), che ha curato tutte le fasi di perforazione, prelievo ed analisi campioni.

Gli interventi descritti nel seguito sono stati realizzati in conformità al piano di indagini presentato nel documento *"Sintesi delle attività di caratterizzazione condotte e proposte di integrazione al Piano della Caratterizzazione e di azioni di Messa in Sicurezza e di Bonifica"*, rev. 1, redatto ai sensi del D.M. 471/99 da FWIENV nel febbraio 2004.

In particolare, le attività di prelievo, identificazione, conservazione ed analisi dei campioni di terreno e di acqua di falda sono state condotte in rispetto a quanto indicato nel *"Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti ai sensi del D.M. 471/99 e dell'Accordo di programma per la chimica di Porto Marghera"* – Versione definitiva approvata nell'ambito della Segreteria Tecnica dell'Accordo di Programma per la chimica di Porto Marghera (11 giugno 2001) ed in conformità con le linee guida per le attività di caratterizzazione ambientale in siti di interesse nazionale, nonché del documento *"Caratterizzazione Raffineria ENI-Porto Marghera Venezia. Protocollo operativo di campionamento e analisi: specifiche tecniche"*, redatto da ARPAV e di quanto prescritto dalle Autorità Competenti in sede di Conferenza dei Servizi Decisoria del 27 Febbraio 2004.



In base alle indicazioni formulate dal Ministero dell'Ambiente in sede di Conferenza dei Servizi, tenutasi il 06 agosto 2004, ENI R&M e STAP, hanno provveduto ad eseguire un'analisi di tutti i risultati analitici acquisiti durante le attività di caratterizzazione, al fine di valutare la necessità di interventi di messa in sicurezza d'emergenza. I risultati di tali analisi e le attività previste e programmate per i necessari interventi di messa in sicurezza d'emergenza, sono riportati nei documenti consegnati nei mesi scorsi alle Autorità Competenti e riassunti nella nota tecnica *"Note di risposta alle osservazioni presentate dal Ministero dell'Ambiente"* (conferenza dei Servizi del 13/12/2004), consegnata nel Dicembre 2004.

Infine in base a quanto emerso durante la Conferenza dei Servizi, tenutasi il 13/12/2004 ENI R&M e STAP procederanno alla redazione dei documenti previsti (Progetto preliminare di bonifica dei suoli e Progetto Preliminare di bonifica delle acque di falda) entro il mese di febbraio 2005.

## 2. SCOPO DEL LAVORO

Il presente documento, in accordo alle prescrizioni indicate nel citato D.M. 471/99, si prefigge i seguenti obiettivi:

- ✓ descrivere le attività di indagine svolte;
- ✓ raccogliere e sistematizzare i dati raccolti;
- ✓ descrivere la geologia e l'idrogeologia del sito e del territorio circostante;
- ✓ individuare la tipologia e la localizzazione dell'eventuale contaminazione presente nelle varie componenti ambientali dell'area;
- ✓ fornire le basi progettuali di riferimento per la stesura del "Progetto di bonifica", da redigere ai sensi del D.M. 471/99;

In particolare, nella presente relazione sono riportati:

- i risultati delle indagini geognostiche ed idrogeologiche effettuate nel sito in oggetto;
- i risultati delle analisi di laboratorio;
- la mappatura della qualità dei suoli all'interno delle aree investigate;
- la mappatura della qualità delle acque di riporto e di prima falda all'interno delle aree investigate;
- la ricostruzione del Modello Concettuale del Sito.

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La Raffineria Eni R&M e lo Stabilimento STAP di Porto Marghera rientra nelle aree oggetto di indagini ambientali, nell'ambito dell'applicazione dell' "Accordo di Programma sulla Chimica a Porto Marghera".

La normativa di riferimento per il controllo della qualità dei suoli e delle acque, come specificato nel "Piano di indagine e di monitoraggio dei suoli e delle falde dell'area di Porto Marghera", è l'art. 17 del D. Lgs. 22/97 e relativo decreto ministeriale D.M. n° 471/99, pubblicato sulla gazzetta ufficiale il 15.12.99.

Viene inoltre preso come riferimento sia normativo che operativo il "Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti ai sensi del D.M. 471/99 e dell'accordo di programma per la chimica di Porto Marghera", la cui versione definitiva è stata approvata nell'ambito della Segreteria Tecnica dell'11 giugno 2001.

La normativa di riferimento (D.M. 471/99) fissa dei valori limite di accettabilità per i suoli e per le acque sotterranee, tra cui quelli d'interesse per il sito in esame. La Tabella 1 – Allegato 1 della suddetta normativa riporta, difatti, i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare, mentre i limiti per le acque sotterranee sono elencati nella Tabella 3 - Allegato 1.

In aggiunta ai parametri d'interesse tabellati nel D.M. 471/99, vengono considerati, in base a quanto prescritto dal MinAmb durante le conferenze dei servizi del 27 febbraio 2004 e del 06 agosto 2004, i parametri MTBE con limite di riferimento pari a 10 µg/l ed il parametro Idrocarburi Totali come n-alcani C10-C40, in accordo con le metodiche suggerite dal parere ISS n°4541 del 1/12/2003 per il quale si considera il limite di 10 µg/l.

### 3.1 Documentazione di riferimento

Il Piano di Caratterizzazione approvato, i dati raccolti durante le attività di caratterizzazione condotte e già presentati alle Autorità competenti sono riportati nei seguenti documenti:

- *“Sintesi delle attività di caratterizzazione condotte e proposte di integrazione al Piano della Caratterizzazione e di azioni di Messa in Sicurezza e di Bonifica”, rev. 1, redatto ai sensi del D.M. 471/99 dalla FWIENV nel febbraio 2004;*
- *“Dati analitici relativi alle attività di Caratterizzazione Ambientale (ai sensi del D.M. 471/99)” dell’Ottobre 2004, relativo all’Isola dei Serbatoi;*
- *“Dati analitici relativi alle attività di Caratterizzazione Ambientale (ai sensi del D.M. 471/99)” del Novembre 2004, relativo all’Isola di Raffineria;*
- *“Elaborato relativo alla Messa in Sicurezza d’Emergenza dei suoli e delle acque sotterranee” Novembre 2004;*
- *“Integrazioni ai dati analitici relativi alle attività di Caratterizzazione Ambientale Integrativa e Messa in Sicurezza d’Emergenza delle acque sotterranee” del Dicembre 2004, relativo allo Stabilimento di Produzione Oli Lubrificanti e Grassi – STAP;*
- *“Note di risposta alle osservazioni presentate dal Ministero dell’Ambiente (conferenza de Servizi del 13/12/2004) Dicembre 2004.*

## 4. INQUADRAMENTO DEL SITO

### 4.1 Localizzazione delle aree

#### 4.1.1 Raffineria Eni S.p.A. – Divisione Refining & marketing

La Raffineria Eni S.p.A. – Divisione Refining & Marketing di Venezia è ubicata nella zona industriale di Porto Marghera (VE), in Via dei Petroli, 4.

Come si osserva dalla planimetria di Figura 1 – Allegato 1a, la Raffineria è delimitata a nord dalla laguna veneta, ad est dalla laguna e dal confine con l'attiguo Deposito di combustibili Petroven, ad ovest dal canale industriale Brentella e dai confini con l'attiguo stabilimento Eni R&M di Produzione Lubrificanti (STAP), a sud dal canale industriale Vittorio Emanuele.

La Raffineria, presente dal 1926, occupa una superficie di circa 110 ettari ed è divisa in tre aree fondamentali:

- Raffineria, dove si trovano stoccaggi di vari prodotti come benzine, petroli, gasoli, bitume, oli combustibili e tutti gli impianti di processo;
- Zona Nord-Est, adibita allo stoccaggio ed alla spedizione via terra di prodotti finiti quali GPL, benzine, petroli, gasoli e oli combustibili, oltre al ricevimento via terra di greggio di provenienza nazionale. All'interno della Zona Nord-Est è possibile distinguere un'area denominata "Area Nazionale"; tale area - peraltro in concessione ed ora inutilizzata - è stata soggetta ad indagine specifica per l'accertamento di assenza di radioattività in quanto sono stati qui depositati dei fosfogessi (originati dalla produzione del Petrolchimico negli anni sessanta), ossia sali che derivano dalla reazione tra acido solforico ( $H_2SO_4$ ) e rocce fosfatice ( $Ca_2PO_4$ );

- Isola dei Serbatoi (chiamata anche dei Petroli), adibita allo stoccaggio del greggio, collegata tramite oleodotto surlagunare al Pontile di San Leonardo per l'attracco delle navi di rifornimento greggio.

Nel seguito del presente documento si farà riferimento all'Isola di Raffineria, intendendola comprensiva dell'area di Raffineria e dell'area Nord-Est.

La Raffineria produce i seguenti prodotti finiti:

- gas liquefatti quali propano, butano e GPL miscela;
- benzine;
- petroli aviazione e per riscaldamento;
- gasoli per trazione e riscaldamento;
- oli combustibili;
- bitume;
- zolfo.

La Raffineria riceve inoltre come materie prime da rilavorare (prevalentemente via mare):

- Virgin Naphta;
- Benzine da cracking (LCN).

I prodotti finiti sono stoccati nell'area di Raffineria e nella Zona Nord-Est. Le spedizioni possono avvenire per caricamento su autobotti, ferrocisterne (FC), oleodotti, navi cisterna.

Sono previste come aree attrezzate per la movimentazione via terra:

- pensiline di carico GPL in Zona Nord-Est, per autobotti;

- pensiline di carico idrocarburi liquidi in zona Nord-Est, per autobotti e ferrocisterne;
- pensiline di carico bitumi in Raffineria, per autobotti;
- pensiline di carico zolfo in Raffineria, per autobotti;
- pensiline di scarico greggi nazionali in zona Nord-Est.

Tre pontili attrezzati in area darsena permettono la spedizione ed il ricevimento dei prodotti.

La Raffineria è inoltre collegata mediante un oleodotto sublagunare del diametro di 107 cm e lunghezza di circa 11 Km ad un pontile, ubicato in località San Leonardo, raggiungibile da petroliere di portata fino ad 85.000 tonnellate.

#### *4.1.1.1 Attività produttive svolte in passato ed attualmente in essere*

La Raffineria di Venezia è sorta nel 1926 per iniziativa privata, ai tempi della prima industrializzazione di Porto Marghera, con il nome di DICSA “Distillazione Italiana Combustibili” che, inizialmente, comprendeva uno stabilimento per piroscissione di oli minerali con annesso laboratorio chimico sperimentale. Nel 1929 si ha un primo ampliamento con la messa in opera di un impianto di cracking, nel 1931 - con l’aggiunta di una seconda struttura di cracking - il potenziale di lavorazione passa da 50.000 t/anno a 160.000 t/anno.

Nel 1934 la DICSA cedeva i propri impianti ad Agip, che provvedeva al potenziamento della Raffineria ed alla costruzione, su un’area di circa 35 ha, di impianti idonei alla realizzazione del ciclo completo di lavorazione del petrolio greggio.

Nel 1937 la Raffineria era già nelle condizioni di trattare oltre 350.000 t/anno di olio minerale greggio di provenienza rumena, messicana ed albanese mediante un impianto di distillazione primaria Foster Wheeler della capacità di 1.300 t/d, munito dei relativi servizi.

Nel 1947 venne costituita una società denominata IROM (Industria Raffinazione Oli Minerali) con la partecipazione azionaria di Agip S.p.A. e di AIOC (Anglo Iranian Oil Company, divenuta poi BP Trading Ltd.); in quel periodo la Raffineria fu ricostruita, a causa degli ingenti danni subiti durante la guerra, e rimessa in esercizio.

Nel 1978 la Raffineria divenne interamente proprietà di AgipPetroli. Da allora la sua attività è stata caratterizzata dalle profonde e radicali trasformazioni che hanno interessato in questi ultimi anni l'economia petrolifera, imponendo l'adozione di impianti idonei ad utilizzare prevalentemente greggi medio orientali e a far fronte alle sempre più severe richieste qualitative e quantitative del mercato.

L'area usualmente indicata come "Raffineria" (cfr. Figura 1 in Allegato 1a), dove oggi si trovano gli impianti di processo ed alcuni stoccaggi intermedi, coincide con il primo insediamento del sito (anno 1926).

Successivamente, a partire dall'anno 1956, l'attività occupa anche la zona detta "Zona Nord-Est" dove ancora oggi si trovano gli stoccaggi di prodotti finiti ed il carico dei prodotti che vengono esitati sia tramite autobotti che cisterne ferroviarie.

Solo dal 1970 è stata utilizzata la zona detta "Zona nazionale" adibita al carico di autobotti destinate ai punti vendita. Tale zona, di proprietà demaniale ed in concessione alla Raffineria, non è più operativa dal 1994 e ne è prevista la cessazione della concessione e la restituzione al Magistrato alle Acque di Venezia.

Dal 1959 la Raffineria ha utilizzato l'isola denominata "Isola dei Petroli" per lo stoccaggio dei greggi, costruendovi nello stesso anno tre serbatoi (151, 152 e 153) e completando il parco negli anni successivi con la costruzione dei rimanenti dodici (dal 154 al 165).

Oggi l'insediamento Raffineria di Venezia, di proprietà di Eni S.p.A. – Divisione Refining & Marketing, si pone - dal punto di vista strettamente industriale - in un contesto strategico per la sua posizione geografica e per la dotazione di collegamenti ed infrastrutture.



La Raffineria assicura il rifornimento dei prodotti energetici, per usi industriali e civili, necessari ad una vasta area economicamente fondamentale per il paese, coprendo un hinterland operativo che si estende nell'area nord-orientale del territorio italiano.

#### 4.1.2 *Stabilimento Produzione Lubrificanti (STAP)*

Lo Stabilimento Eni R&M di Produzione Lubrificanti confina a Nord Ovest con il Canale Brentella, a Sud con la Laguna e in tutte le altre direzioni con gli impianti della Raffineria Eni S.p.A. Il sito occupa complessivamente un'area di circa 25.000 m<sup>2</sup> di cui circa 9.000 coperti.

All'interno dello stabilimento vengono prodotti ca. 20-25.000 ton/anno di oli e grassi lubrificanti, oli emulsionabili, prodotti bituminosi, prodotti a base non petrolifera destinati al mercato dell'autotrazione e dell'industria, partendo da oli base, sostanze grasse, ingredienti ed additivi vari solidi e liquidi.

Il complesso industriale dello STAP è costituito da serbatoi di stoccaggio, fabbricati e palazzine uffici, impianti di produzione e altre attrezzature accessorie quali pensiline di carico e scarico per autobotti, oleodotti, impianti per pesatura prodotti in ingresso ed in uscita e accertamento degli oli base immessi in lavorazione. All'interno dello Stabilimento sono anche presenti le seguenti strutture:

- pensiline di scarico oli base e additivi, dislocate nel settore Nord dello stabilimento in prossimità del parco serbatoi;
- pensiline di carico/scarico basi;
- centrale termica ubicata nella parte meridionale dello stabilimento e composta da 4 gruppi termici per complessivi 1.800 Kcal;
- locale compressori con tre gruppi da 122 l/s ciascuno per la produzione dell'aria compressa necessaria a STAP;

- vasca di raccolta di tutti i reflui raccolti dalla rete fognaria interna. Gli effluenti vengono rilanciati tramite pompe all'impianto di trattamento della Raffineria;
- centrale idrica per la distribuzione in stabilimento delle acque potabili e di processo.

## 4.2 Inquadramento geologico

L'area di Venezia è caratterizzata dalla presenza di serie quaternarie le cui caratteristiche litologiche sono state descritte in numerosi lavori istituzionali, eseguiti dal CNR e dal Ministero dei Lavori Pubblici.

L'area veneziana poggia su un materasso alluvionale quaternario, i cui litotipi costituiscono due differenti complessi sedimentari:

- il complesso quaternario inferiore, pleistocenico, caratterizzato principalmente da facies continentali;
- il complesso quaternario superiore, olocenico, costituito in prevalenza da facies lagunari.

Il complesso più antico, attribuibile al Pleistocene, è costituito da una sequenza di livelli sabbiosi alternati a livelli limoso-argillosi, con frequenti intercalazioni torbose.

La sommità del complesso è caratterizzata dalla presenza di uno strato di argilla fortemente sovraconsolidata, nota nella zona con il termine di "caranto", che testimonia un prolungato periodo di esposizione in epoca pre-olocenica.

L'ambiente deposizionale, come suggerito dalle strutture sedimentarie è prevalentemente di tipo fluviale, commisto ad eventi transizionali e/o marini.

Il complesso più recente, attribuibile all'Olocene, è costituito da una sequenza di livelli da sabbiosi ad argillosi, fortemente eterogenei, in cui è identificabile un megaciclo con trend a granulometria decrescente.

Le strutture sedimentarie e le litologie di questo complesso suggeriscono un ambiente deposizionale di tipo prevalentemente lagunare, con rare testimonianze di ambienti deposizionali di tipo fluviale distale.

Alla sommità di questo complesso si riconoscono sequenze tipiche di un ambiente deposizionale litoraneo, con litologie sabbiose fini e sabbioso limose.

La struttura del sottosuolo, fino alla profondità di 60÷70 m, risulta estremamente complessa: gli ambienti di deposizione ed i differenti regimi deposizionali portano a frequenti variazioni orizzontali e verticali piuttosto rapide della composizione granulometrica dei singoli litotipi. Oltre 70 m di profondità i singoli tipi litologici acquistano spessori maggiori e presentano anche notevole sviluppo di continuità.

E' importante sottolineare come in superficie l'area di Porto Marghera sia caratterizzata in numerose zone dalla presenza di materiali di colmata aventi spessori anche fino a 6 m.

### **4.3 Inquadramento idrogeologico**

Da un punto di vista idrogeologico è possibile distinguere nel sottosuolo fino ad una profondità di circa 60 m dal piano campagna un primo intervallo costituito da acquiferi a geometria lenticolare, scarsamente continui alla scala regionale.

Questi acquiferi possono avere, a scala locale, un particolare significato per la comprensione delle direttrici preferenziali di deflusso. Inferiormente, fino alla profondità di circa 350 m da dal p.c., si distingue un secondo intervallo costituito da una serie di acquiferi confinati.

In ogni caso l'area in oggetto, data la sua posizione geografica, al limite tra il mare e la terraferma si presenta particolarmente complessa dal punto di vista idrogeologico, con presenza di cunei di ingressione marina e zone di mescolamento/equilibrio tra le acque dolci continentali e le acque salmastre marine.

## 5. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE

L'area oggetto del presente documento è stata interessata, a partire dal 1999, da una serie di attività di caratterizzazione ambientale mirate all'investigazione dello stato qualitativo dei suoli e delle acque sotterranee della Raffineria e dell'adiacente Stabilimento STAP. I risultati delle indagini condotte sono riassunti nel documento *"Sintesi delle attività di caratterizzazione condotte e proposte di integrazione al Piano della Caratterizzazione e di azioni di Messa in Sicurezza e di Bonifica – Rev 1"*, redatto da FWIENV nel mese di febbraio 2004.

Al fine di ricostruire in maggior dettaglio le caratteristiche litostratigrafiche del sito e determinare la qualità dei suoli e delle acque sotterranee, nei mesi di luglio- novembre 2004 è stata effettuata un'integrazione al Piano di Caratterizzazione, che ha previsto la caratterizzazione del sottosuolo mediante terebrazione di sondaggi e piezometri (maglia integrativa 50 m x 50 m).

Per tutte le campagne d'indagine condotte è stato preso come riferimento sia normativo che operativo il *"Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti ai sensi del D.M. 471/99 e dell'accordo di programma per la chimica di Porto Marghera"*, la cui versione definitiva è stata approvata nell'ambito della segreteria tecnica dell'11 giugno 2001.

Tutte le attività di caratterizzazione ambientale effettuate da FWIENV nel sito in esame sono illustrate nel dettaglio nei seguenti paragrafi.

## 5.1 Raffineria - indagini integrative al Piano di Caratterizzazione Ambientale - Luglio-Ottobre 2004

Le indagini, eseguite in conformità a quanto previsto nel Piano della Caratterizzazione e con le modalità operative descritte nel Paragrafo 5.3, sono state così articolate:

### Isola di Raffineria

- ✓ esecuzione di n°180 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità media di 5 m e massima di 7,2 da p.c. ;
- ✓ esecuzione di n°5 piezometri nel riporto, ad integrazione della rete di monitoraggio esistente, che comprendeva 44 piezometri nel riporto;
- ✓ esecuzione di n°15 piezometri in prima falda con profondità compresa tra 12 e 15 m da p.c., a integrazione della rete di monitoraggio esistente, che comprendeva 2 piezometri in prima falda;
- ✓ prelievo di campioni di suolo;
- ✓ prelievo di campioni di acqua prelevati dai piezometri superficiali di riporto;
- ✓ prelievo di campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri profondi di prima falda;
- ✓ rilievo freaticometrico sui nuovi piezometri e su quelli esistenti;
- ✓ esecuzione di analisi chimiche di laboratorio sulla totalità dei campioni di terreno e di acqua sotterranea prelevati;
- ✓ rilievo topografico di tutti i nuovi sondaggi e dei piezometri presenti nell'area.

### Isola dei Serbatoi:

- ✓ esecuzione di n°72 nuovi sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità media di 5 m e massimo di 8,5 da p.c. ;

- ✓ esecuzione di n°3 piezometri nel riporto ad integrazione della rete di monitoraggio esistente, che comprendeva 8 piezometri nel riporto;
- ✓ esecuzione di n°5 piezometri in prima falda con profondità compresa tra 12 e 20 m da p.c., al fine di investigare la qualità delle acque;
- ✓ prelievo di campioni di campioni di suolo;
- ✓ prelievo di campioni di acqua prelevati dai piezometri di riporto;
- ✓ prelievo di campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri di prima falda;
- ✓ rilievo freaticometrico sui nuovi piezometri e su quelli esistenti;
- ✓ esecuzione di analisi chimiche di laboratorio sulla totalità dei campioni di terreno e di acqua sotterranea prelevati;
- ✓ rilievo topografico di tutti i nuovi sondaggi e dei piezometri presenti nell'area.

L'ubicazione dei punti di indagine realizzati, illustrata nella planimetria in Figura 2 – Allegato 1a, è stata individuata seguendo una griglia predefinita a maglie quadre 50 m x 50 m e tenendo conto dei principali centri di pericolo (serbatoi di stoccaggio prodotti petroliferi, area impianti e produzione, area di trattamento acque e movimentazione prodotto), in funzione delle potenziali fonti di contaminazione e dell'eventuale presenza di infrastrutture e/o ostacoli che rendono il punto stesso di difficile accesso.

I piezometri integrativi sono stati ubicati, sulla base della posizione di quelli preesistenti, in modo da disporre di dati significativi, rappresentativi e dettagliati riguardanti il livello della falda, le sue oscillazioni, l'andamento della superficie piezometrica, la direzione del flusso idrico sotterraneo e lo stato qualitativo delle acque di falda.

In particolare, i piezometri integrativi in Isola dei Serbatoi sono stati posizionati nella parte sud e nella parte ovest, in modo da sopperire alla mancanza di informazioni sullo stato qualitativo della falda del riporto in quell'area.

I piezometri nel riporto di Raffineria sono stati installati lungo il muro di cinta che ne delimita il confine nord (PZ71, PZ73, PZ74) in modo tale da implementare l'esistente rete di monitoraggio delle acque di falda superficiale che corre lungo tutto il perimetro dell'Isola di Raffineria.

Durante l'esecuzione dei lavori, su richiesta di personale ARPAV presente in campo per la validazione dei campioni di terreno, sono stati infine installati due piezometri di riporto aggiuntivi lungo la darsena (PZ81 e PZ82).

#### *5.1.1 Campionamento per la determinazione di PCB e Diossine*

Nel mese di Ottobre 2004, previa approvazione da parte di ARPAV, ENI R&M ha provveduto a prelevare campioni di top-soil (0-10 cm) per la determinazione dei parametri Diossine e PCB.

In accordo a quanto previsto dalla Conferenza dei Servizi del 6 agosto 2004, tali prelievi sono stati condotti in corrispondenza del 20% dei campioni di top-soil (0-10 cm), per un totale di n°61 punti, prelevati in corrispondenza dei punti evidenziati in Figura 2 - Allegato 1a, inoltre in accordo con ARPAV la ricerca del parametro PCB è stato ricercato in ulteriori n°44 punti ubicati nei pressi di sottostazioni elettriche. In generale i punti sono stati ubicati tenendo conto dell'accessibilità del top-soil (assenza di copertura quale asfalto, cemento ed altro) e della distribuzione areale dei campionamenti.

In corrispondenza dei punti di indagine dove è stata rilevata la presenza di Diossine (cfr paragrafo 7.1 e Figure 7a e 7b in Allegato 1a) in concentrazioni superiori ai limiti accettabili nei campioni superficiali, la ricerca di tali parametri, attualmente in corso, è stata estesa ai campioni prelevati anche negli orizzonti più profondi ed ai sondaggi eseguiti nelle maglie di indagine circostanti. In particolare, in Isola dei Serbatoi, vista la distribuzione delle eccedenze rinvenuta, si provvederà a ricercare il parametro diossine in tutti i campioni di top-soil prelevati in corrispondenza dei sondaggi eseguiti nell'area incolta, localizzata nel settore sud-ovest dell'isola, oltre la recinzione fiscale, per un totale

di circa n°35 punti. A questi andranno ad aggiungersi ulteriori n°4 punti ubicati nelle vicinanze del P12, nell'area dei bacini di contenimento.

In area Nord-Est verrà eseguito un approfondimento di indagine in corrispondenza di n°8 punti di indagine adiacenti al punto P48.

## **5.2 Stabilimento STAP - indagini integrative al Piano di Caratterizzazione Ambientale - Luglio-Ottobre 2004**

Le indagini, eseguite in conformità a quanto previsto nel Piano della Caratterizzazione e con le modalità operative descritte nel Paragrafo 5.3, sono state così articolate:

- ✓ esecuzione di n°10 nuovi sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità media di 5 m da p.c. ;
- ✓ esecuzione di n°1 piezometro in prima falda profondo 11,5 m da p.c.;
- ✓ prelievo di campioni di suolo;
- ✓ prelievo di campioni di acqua prelevati dai piezometri di riporto;
- ✓ prelievo di campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri di prima falda;
- ✓ rilievo freaticometrico sul nuovo piezometro e su quelli esistenti;
- ✓ esecuzione di analisi chimiche di laboratorio sulla totalità dei campioni di terreno e di acqua sotterranea prelevati;
- ✓ rilievo topografico di tutti i nuovi sondaggi e dei piezometri presenti nell'area.

L'ubicazione dei punti di indagine realizzati, illustrata nella planimetria in Figura 1 – Allegato 1b, è stata individuata seguendo una griglia predefinita a maglie quadre 50 m × 50 m e tenendo conto dei principali centri di pericolo (serbatoi di stoccaggio prodotti petroliferi, area impianti e produzione, area movimentazione prodotto), in funzione delle potenziali fonti di contaminazione e dell'eventuale presenza di infrastrutture e/o ostacoli che rendono il punto stesso di difficile accesso.



### 5.2.1 Campionamento per la determinazione di PCB e Diossine

Nell'ambito delle attività di campionamento, eseguite contestualmente nella Raffineria ENI R&M di Venezia, i PCB e le Diossine sono stati determinati sul 20% dei campioni di top-soil prelevati. Tra questi il punto ricadente nelle aree STAP è stato prelevato in corrispondenza del sondaggio SS10, come ubicato in Figura 2 - Allegato 1a. Dal momento che le aree STAP risultano completamente asfaltate, in linea a quanto indicato dal Ministero dell'Ambiente in Sede di Conferenza dei Servizi del 06/08/04, le analisi sono state condotte nel primo campione prelevato al di sotto dello strato di asfalto.

### 5.3 Modalità operative di esecuzione delle indagini

I sondaggi geognostici sono stati realizzati utilizzando il metodo di perforazione a carotaggio continuo ed eseguiti a secco, utilizzando un carotiere (di diametro 101 mm) e una colonna di manovra a seguire (di diametro 127 mm). Le perforazioni hanno raggiunto mediamente una profondità pari a 5 metri<sup>1</sup> da p.c.

Tale metodologia di indagine consente, infatti, la descrizione della stratigrafia verticale del suolo ed il prelievo di campioni di terreno ai fini della relativa caratterizzazione analitica. Al fine di evitare fenomeni di surriscaldamento del materiale con conseguente perdita di contaminanti volatili o termodegradabili, si è operato a bassa velocità.

Il materiale recuperato è stato conservato in apposite cassette catalogatrici, sulle quali è stato riportato il nome del sondaggio e l'intervallo di perforazione corrispondente. Le cassette sono state poi fotografate a gruppi di 4/5 metri, con l'indicazione della localizzazione, il nome del cantiere e l'intervallo di perforazione corrispondente, e conservate in ambiente chiuso presso la Raffineria, a disposizione delle Autorità Competenti.

---

<sup>1</sup> La profondità massima raggiunta, solo nel caso dei piezometri profondi, è stata di 20 m da p.c..

Le perforazioni sono state spinte fino alle profondità di rinvenimento del primo strato impermeabile, ritenuto sufficientemente consistente per garantire l'isolamento della falda di riporto. Nella maggior parte dei casi questo strato è costituito da un'argilla sovraconsolidata di colore grigio-verde (caranto) rinvenuta a una profondità compresa tra 4 e 5 m da piano campagna (raramente più in profondità).

Negli altri casi ci si è fermati al raggiungimento di uno strato argilloso sottostante lo strato di terreno torboso autoctono (barena), anch'esso rinvenuto a una profondità compresa tra i 4 e i 5 m dal piano campagna.

Tutti i dati sono stati raccolti in appositi logs di perforazione, nei quali sono indicati: la profondità raggiunta, la descrizione della stratigrafia, il numero e la profondità dei campioni di terreno prelevati, la misura del livello di falda rilevato e le caratteristiche tecniche del piezometro eventualmente installato.

Le stratigrafie dei sondaggi e dei piezometri integrativi realizzati nell'Isola di Raffineria, in Isola dei Serbatoi e in area STAP sono riportate in Allegato 5, mentre in Allegato 6 è illustrata la relativa documentazione fotografica.

Dal materiale recuperato, sono stati prelevati campioni rappresentativi di terreno successivamente sottoposti a caratterizzazione chimica, come descritto nel seguito del presente documento.

Al termine di ogni perforazione i fori di sondaggio, che non sono stati attrezzati a piezometro, sono stati opportunamente sigillati con malta cementizia.

Le operazioni di indagine del sottosuolo sono state precedute da verifiche mirate all'accertamento dell'assenza di ordigni bellici, eseguite mediante strumenti metal detector Foerster Ferex 4021. In alternativa si è usufruito dell'assistenza in avanzamento di personale qualificato.

### 5.3.1 Sondaggi realizzati in zone ad accesso limitato

All'interno dei bacini di contenimento dei serbatoi di stoccaggio e nelle zone degli impianti difficilmente accessibili, i sondaggi sono stati eseguiti mediante l'utilizzo di un'apparecchiatura a funzionamento idraulico (modello Geoprobe™) che ha permesso di indagare il sottosuolo, fino al raggiungimento del primo strato di suolo impermeabile in posto (rinvenuto a profondità variabile tra i 3,5 e i 5 m di profondità da p.c.).

Le operazioni effettuate con il sistema Geoprobe su ogni punto di campionamento per il prelievo di campioni di sottosuolo (diametro di campionamento pari a 2"), sono le seguenti:

- ✓ Posizionamento della sonda sul punto d'indagine;
- ✓ Inserimento della fustella con scarpa tagliente all'estremità, all'interno del carotiere;
- ✓ Inserimento della punta retraibile all'interno del carotiere e posizionamento all'estremità inferiore dello stesso;
- ✓ Perforazione a percussione senza l'utilizzo di fluidi di circolazione, fino alla profondità di campionamento desiderata;
- ✓ Inserimento, all'interno delle aste cave di perforazione, delle aste per la retrazione della punta di perforazione che scorrendo all'interno del carotiere viene a posizionarsi all'estremità superiore dello stesso;
- ✓ Perforazione a percussione con la scarpa tagliente e inglobamento del campione di terreno all'interno della fustella;
- ✓ Risalita delle aste cave di perforazione e recupero del campionatore;
- ✓ Svitamento della scarpa tagliente e fuoriuscita della fustella contenente il campione.

In particolare, i sondaggi effettuati all'interno dei bacini di contenimento sono stati eseguiti in punti accessibili al braccio meccanico della gru utilizzata per posizionare l'apparecchiatura di perforazione.

### 5.3.2 *Sondaggi a carotaggio continuo attrezzati a piezometro*

I sondaggi completati a piezometro sono stati attrezzati con tubo piezometrico microfessurato e cieco in PVC, di diametro 4".

Al fine di evitare l'ingresso di sabbie fini e limi, i piezometri nel riporto sono stati realizzati in maniera tale da presentare un pacco drenante di spessore adeguato e cioè sulla base delle seguenti modalità operative:

- perforazione con carotiere di diametro 101 mm fino alla profondità prevista;
- alesatura del sondaggio con diametro minimo di 177 mm;
- posizionamento dei tubi piezometrici microfessurati e ciechi in PVC da 4" con fondello conico terminale, assemblati mediante manicotti di giunzione filettati maschio-femmina, senza uso di mastici o collanti. La parte di tubo microfessurata, posizionata in modo tale da coprire tutta l'altezza dell'acquifero interessato, è provvista di aperture (slot) di dimensioni pari a 0,5 mm;
- posizionamento del dreno (ghiaietto siliceo,  $\Phi 3 \div 5$  mm) nell'intercapedine tra il tubo in PVC e la colonna di rivestimento, da fondo foro fino a circa 0,5 m al di sopra del tratto fenestrato;
- chiusura del tratto sommitale del piezometro con bentonite e malta cementizia;
- chiusura del piezometro con tappo filettato e messa in opera di una testa pozzo di protezione della parte sporgente fuori terra.

Per la realizzazione dei piezometri profondi, spinti indicativamente fino a 15 m da p.c., si è proceduto con le precauzioni necessarie ad evitare intercomunicazioni e contaminazioni fra la falda superficiale di riporto e la prima falda sottostante.

Si è operato inizialmente utilizzando un carotiere (di diametro 101 mm) e una colonna di manovra a seguire (di diametro 127 mm) fino alla profondità del primo orizzonte impermeabile, per permettere il campionamento dei suoli. Successivamente si è proceduto all'alesaggio del foro con diametro esterno pari a 220 mm, fino all'immorsamento nel primo strato impermeabile per 0,5±1 m; si è provveduto quindi all'installazione di una tubazione cieca di diametro esterno pari a 198 mm fino alla profondità di perforazione raggiunta.

Tali tubazioni, immorsate nel livello impermeabile, sono state lasciate in opera ed è stata realizzata la cementazione della corona compresa tra la tubazione ed il foro con miscela ternaria (cemento 100 kg, acqua 100 kg, bentonite 4-5 kg), iniettata a partire da fondo foro, risalendo fino al piano campagna.

Dopo il consolidamento della miscela ternaria, si è proseguito alla perforazione con un diametro esterno pari a 152 mm (6") fino al raggiungimento del letto del secondo strato impermeabile rinvenuto a partire da circa 10 m da p.c.. Al termine della perforazione, il sondaggio è stato attrezzato a piezometro da 4", come sopra descritto.

Al termine dell'installazione di ogni piezometro, si è provveduto allo spurgo e pulizia dello stesso mediante elettropompa sommersa, prolungata fino all'ottenimento di acqua limpida, esente da particelle in sospensione e comunque per un periodo di spurgo non inferiore ad un'ora, compatibilmente con le condizioni locali di ricarica della falda.

#### **5.4 Modalità di campionamento dei terreni**

Nel corso delle attività di indagine integrativa svolte da FWIENV, al fine di determinare lo stato qualitativo del sottosuolo e o la distribuzione di una possibile contaminazione, in ogni strato omogeneo dal punto di vista litologico, sono stati prelevati dei campioni di terreno, secondo i criteri e le indicazioni descritte nel "*Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti ai sensi del D.M. 471/99 e dell'Accordo di programma per la chimica di Porto Marghera*".

In particolare il campionamento del suolo è stato eseguito nel seguente modo:

- a partire dal top-soil, seguendo il criterio dell'omogeneità stratigrafica, un campione medio almeno per ogni metro ed un campione per ogni strato omogeneo di almeno 30 cm di spessore. In caso di un'evidenza di contaminazione prelievo di un campione puntuale;
- un campione medio rappresentativo della base dell'acquifero nel riporto (relativo ai primi 50 cm del primo livello impermeabile).

Nel caso di perforazioni spinte fino alla profondità indicativa di 15 m, per la realizzazione di piezometri in prima falda, oltre ai campioni raccolti con le modalità sopra descritte, sono stati raccolti:

- un campione medio rappresentativo degli strati permeabili omogenei di spessore superiore a 30 cm posti al di sopra della base impermeabile della prima falda;
- un campione medio rappresentativo della base dell'acquifero di prima falda (relativo ai primi 50 cm del livello impermeabile).

Ogni campione, è stato suddiviso in tre aliquote, riposte in contenitori da 750 ml (vasetti in vetro chiaro con tappo a chiusura ermetica).

In particolare, per ciascun campione di terreno:

- 1 aliquota da 750 g, debitamente etichettata e sigillata, è stata consegnata giornalmente al laboratorio CHELAB di Resana (TV), incaricato della caratterizzazione analitica;
- 1 aliquota da 750 g, debitamente etichettata e sigillata, è stata destinata alle Autorità di Controllo e conservata all'interno dell'area di Raffineria, in un locale opportunamente refrigerato;

- 1 aliquota da 750 g, debitamente etichettata e sigillata, è stata conservata nel suddetto locale refrigerato interno all'area di Raffineria, per eventuali controanalisi.

Per il campionamento dei composti volatili è stato eseguito, in corrispondenza di ogni campione prelevato come sopra descritto, un campionamento secondo quanto previsto dalla metodica ASTM 4547-98 (prelievo puntuale con microcarotatori ed utilizzo di vials prepesate con 10 ml di metanolo).

Per quanto concerne le modalità di campionamento dei terreni in corrispondenza dei sondaggi eseguiti con sistema Geoprobe, come descritto nel paragrafo 5.3.1, ogni campione di terreno è stato prelevato direttamente dal campionatore (fustella della lunghezza di 1,2 m) al momento della sua estrazione dal sottosuolo, unitamente alla risalita delle aste cave di perforazione. Alla luce del fatto che non è stato possibile recuperare un quantitativo sufficiente di materiale, per ogni campione sono state confezionate due sole aliquote di terreno, di cui:

- 1 aliquota da 500 g, debitamente etichettata e sigillata, è stata consegnata giornalmente al laboratorio CHELAB di Resana (TV), incaricato della caratterizzazione analitica;
- 1 aliquota da 500 g, debitamente etichettata e sigillata, è stata conservata nel suddetto locale refrigerato interno all'area di Raffineria, per eventuali controanalisi.

In corrispondenza di tali punti, dove il campionamento è stato condotto in contraddittorio con ARPAV, al fine di recuperare un sufficiente quantitativo di materiale per entrambe le parti, sono state eseguite, per ogni punto di indagine, due perforazioni a distanza non superiore a 10 cm l'una dall'altra.

## **5.5 Modalità di campionamento delle acque sotterranee**

Nel corso delle attività di caratterizzazione integrative, al fine di delineare il quadro idrochimico delle falde, sono stati prelevati campioni d'acqua dai piezometri preesistenti e da quelli di nuova realizzazione.

Per il campionamento delle acque sotterranee è stata seguita la seguente procedura:

- ✓ misurazione del livello statico della falda ed individuazione dell'eventuale presenza di prodotto surnatante tramite sonda ad interfaccia;
- ✓ misurazione della profondità del piezometro tramite rotella metrica con piombo sul fondo;
- ✓ spurgo del piezometro e misurazione in continuo, mediante sonda multiparametrica, dei parametri chimico- fisico (potenziale redox, ossigeno disciolto pH, temperatura, conducibilità, cfr. tabella in Allegato 5);
- ✓ raggiunta la stabilizzazione dei parametri chimico-fisici (variabilità  $\pm 10\%$ ) e svuotato un volume d'acqua pari a 3/5 volte il volume d'acqua nel piezometro, è stata eseguita la misurazione della torbidità (espressa in FTU) e, in seguito, è stato eseguito il campionamento dinamico dell'acqua, in modalità basso flusso.

La portata di spurgo, pari a circa 3 litri/minuto, è stata determinata sulla base dei parametri di conducibilità idraulica e portata naturale della falda, già noti da precedenti ed analoghe attività, in modo tale da garantire un ricambio di circa 3/5 volumi d'acqua nel piezometro, evitando un abbassamento troppo spinto della tavola d'acqua sotto emungimento, il possibile surriscaldamento della pompa e l'estensione dell'area d'influenza ad un volume troppo ampio (e quindi non significativo) della falda.

Il campionamento è stato eseguito mediante utilizzo di pompa sommersa dotata di regolatore di portata<sup>2</sup>. Prima e dopo il prelievo di ogni campione di acqua si è provveduto al lavaggio dell'attrezzatura di campionamento, al fine di evitare ogni possibile fenomeno di cross-contamination.

---

<sup>2</sup> Nei piezometri dotati di sistema di messa in sicurezza, essendo l'acqua di falda emunta in continuo, il campionamento è stato eseguito mediante prelievo dall'apposito rubinetto idraulico.



Per ogni piezometro è stato prelevato un campione costituito da 4 bottiglie in vetro con tappo a vite da 1 litro ciascuna, da due vials da 40 cc e da un contenitore in PE da 100 cc. Nei casi in cui la misura della torbidità è risultata superiore a 50 FTU, è stata prelevata, secondo quanto concordato con ARPAV, un'aliquota dopo avvenuta filtrazione dell'acqua in contenitore in PE da 100 cc. Tale aliquota, dove esiste, è stata considerata come significativa per la determinazione dei metalli.

I contenitori - nuovi - utilizzati per il campionamento, sono stati riempiti d'acqua fino all'orlo verificando l'assenza di bolle d'aria all'interno prima di essere immediatamente sigillati.

I campioni raccolti e destinati al controllo analitico sono stati mantenuti ad una temperatura intorno a 4°C, evitando una prolungata esposizione alla luce, e consegnati al laboratorio chimico incaricato dell'esecuzione delle analisi di interesse, facendo uso di contenitori frigo portatili.

Le analisi di laboratorio sono state eseguite in accordo alle metodiche analitiche così come indicate nel seguente Capitolo. Il laboratorio è stato in grado di documentare il raggiungimento dei limiti di rilevabilità richiesti per ogni matrice.

Le analisi relative alle sostanze volatili sono state eseguite sul campione di suolo contenuto all'interno delle vials, mentre per le sostanze non volatili, le analisi sono state eseguite sulla frazione passante al vaglio di 2 mm, previa essiccazione e setacciatura.

## **5.6 Esecuzione dei rilievi freaticometrici**

### *5.6.1 Rete di monitoraggio*

Al termine delle attività integrative, la rete di monitoraggio delle acque sotterranee presente nella Raffineria ENI R&M e nello stabilimento STAP è costituita complessivamente da:

Isola di Raffineria:

- ✓ n°49 piezometri di riporto (n.5 piezometri di nuova realizzazione a integrazione della rete di monitoraggio esistente, che comprendeva n.44 piezometri nel riporto);
- ✓ n.17 piezometri in prima falda - profondità tra 12-15 m da p.c. (n.15 piezometri di nuova realizzazione ad integrazione della rete di monitoraggio esistente, che comprendeva n.2 piezometri in prima falda);

Isola dei Serbatoi

- ✓ n.11 piezometri nel riporto (3 piezometri di nuova realizzazione ad integrazione della rete di monitoraggio esistente, che comprendeva 8 piezometri nel riporto);
- ✓ n.5 piezometri in prima falda (profondità tra 12-15 m da p.c.).

Stabilimento di Produzione Lubrificanti (STAP)

- ✓ n.5 piezometri nel riporto (rete di monitoraggio esistente);
- ✓ n.1 piezometro in prima falda (di nuova realizzazione profondità tra 12-15 m da p.c.).

Nella seguente Tabella 5.1 vengono elencati i piezometri che costituiscono la rete di monitoraggio complessiva, suddivisi per area di appartenenza. L'ubicazione di tutti i piezometri presenti nell'Isola di Raffineria è illustrata in Figura 3 - Allegato 1a, mentre nelle Figure 2 e 3, in Allegato 1b, solo riportati i piezometri di riporto e di prima falda dell'area STAP, rispettivamente.

**Tabella 5.1: Rete di monitoraggio delle acque di falda**

Area	Punto di campionamento	Profondità piezometro [m]	Corpo idrico intercettato
Raffineria	PZ07	5	riporto
	PZ08	5	
	PZ09	5	
	PZ10	5	
	PZ11	5	
	PZ12	5	
	PZ13	5	
	PZ14	5	
	PZ15	5	
	PZ16	5	
	PZ17	5	
	PZ18	5	
	PZ19	5	
	PZ20	5	
	PZ21	5	
	PZ22	5	
	PZ23	5	
	PZ24	5	
	PZ25	5	
	PZ26	5	
	PZ28	5	
	PZ29	5	
	PZ30	5	
	PZ31	5	
	PZ32	5	
	PZ33	5	
	PZ34	5	
	PZ43	5	
PZ44	5		
PZ45	5		
PZ46	5		
PZ47	5		
PZ48	5		

Area	Punto di campionamento	Profondità piezometro [m]	Corpo idrico intercettato
Raffineria	PZ71	4	riporto
	PZ73	5	
	PZ74	5	
	PZ81	5	
	PZ82	5	
	PZ53	10	prima falda
	PZ54	12	
	PZ63	13	
	PZ64	15	
	PZ65	12,5	
	PZ66	12,5	
	PZ67	12	
	PZ68	12	
	PZ69	13,5	
	PZ70	15	
	PZ72	13	
	PZ75	15	
	PZ76	14	
Zona Nord-Est	PZ01	5	riporto
	PZ02	5	
	PZ03	5	
	PZ04	5	
	PZ05	5	
	PZ06	5	
	PZ27	5	
	PZ49	5	
	PZ50	5	
	PZ51	5	
	PZ52	5	
	PZ77	13,5	prima falda
	PZ78	13	
	PZ79	12	
PZ80	12		

Area	Punto di campionamento	Profondità piezometro [m]	Corpo idrico intercettato
Isola dei Serbatoi	PZ35	5	riporto
	PZ36	5	
	PZ37	5	
	PZ38	5	
	PZ39	5	
	PZ40	5	
	PZ41	5	
	PZ42	5	
	PZ56	4	
	PZ57	6	
	PZ59	5	
	PZ55	12	prima falda
	PZ58	13	
	PZ60	12	
PZ61	15		
PZ62	15		
STAP	P01	5	riporto
	P02	4	
	P03	5	
	P04	5	
	P05	5	
	P06	11,5	prima falda

### 5.6.2 Rilievi freaticometrici

Nel mese di novembre 2004, è stata eseguita una serie di rilievi freaticometrici di tutta la rete di monitoraggio, sia della falda di riporto sia della prima falda.

I rilievi sono stati effettuati nelle seguenti condizioni:

1. acquisizione del dato relativo al livello piezometrico, nei piezometri indicati nelle Tabelle 5.2, 5.3 e 5.4, in condizioni di marea pari a circa + 0,20–0,25 metri sul livello medio del mare misurato dal mareografo della Stazione di Venezia. Si evidenzia che il livello medio del mare attuale si attesta a 0,23 m sul livello medio del mare misurato nella stazione di Venezia.
2. acquisizione del dato relativo al livello piezometrico nei piezometri di prima falda ubicati nell'Isola di Raffineria, in Isola dei Serbatoi e in area STAP, in condizioni (Tabella 5.5) di bassa (-0,25 m s.l.m.m.) ed alta marea (+0,6 m s.l.m.m.).

Nelle tabelle che seguono, unitamente alla quota assoluta della falda, misurata in condizioni medie di marea (0,2 - 0,25 m s.l.m.m.), si riportano i valori di conducibilità elettrica delle acque riscontrati al momento della misura.

I dati acquisiti nelle modalità di cui al punto 1 sono stati utilizzati per la ricostruzione dell'andamento piezometrico delle falde. Nelle Figure 5 e 6, in Allegato 1a, è illustrato l'andamento piezometrico della falda di riporto e della prima falda, rispettivamente.

I dati acquisiti nelle modalità di cui al punto 2, sono stati utilizzati per la valutazione dell'influenza del ciclo di marea sul livello piezometrico della prima falda. Come illustrato in tabella, l'escursione del livello piezometrico della prima falda, tra le condizioni di bassa e di alta marea, risulta alquanto limitato, mediamente pari a circa 0,13 m.

**Tabella 5.2: Livelli piezometrici – Isola di Raffineria (condizioni medie di marea – novembre 2004)**

Piezometro	Quota falda [m s.l.m.m.]	Conducibilità elettrica [mS/cm]
PZ01	1,924	9.044
PZ02	1,707	3.500
PZ03	1,591	7.648
PZ04	0,799	9.234
PZ05	1,427	860
PZ06	1,527	3.915
PZ07	2,087	2.406
PZ08	1,620	1.767
PZ09	1,808	770
PZ10	1,770	7.360
PZ11	acque in emungimento	2.030
PZ12	acque in emungimento	1.374
PZ13	-0,180	3.320
PZ14	1,676	2.899
PZ15	0,970	2.020
PZ16	acque in emungimento	11.817
PZ17	acque in emungimento	2.170
PZ18	acque in emungimento	12.802
PZ19	acque in emungimento	4.371
PZ20	acque in emungimento	1.220
PZ21	1,350	3.300
PZ22	1,150	327
PZ23	1,910	1.560
PZ24	2,170	1.650
PZ25	1,396	1.610
PZ26	1,490	1.161
PZ27	1,666	2.232
PZ28	1,930	3.242
PZ29	1,403	3.870
PZ30	1,666	882
PZ31	1,280	1.822

Piezometro	Quota falda s.l.m.m.] [m	Conducibilità elettrica [mS/cm]
PZ32	Acque in emungimento	2.750
PZ33	1,360	1.620
PZ34	1,570	1.816
PZ43	0,940	1.980
PZ44	Acque in emungimento	5.120
PZ45	2,050	940
PZ46	1,345	1.705
PZ47	0,078	4.680
PZ48	1,360	2.100
PZ49	1,343	2.225
PZ50	1,248	2.790
PZ51	1,058	10.544
PZ52	Acque in emungimento	30.560
PZ53	0,860	22.160
PZ54	0,750	31.880
PZ63	0,841	12.450
PZ64	0,173	52.100
PZ65	0,370	23.260
PZ66	1,250	44.350
PZ67	0,800	37.950
PZ68	1,560	8.950
PZ69	1,000	32.500
PZ70	1,140	47.200
PZ71	1,660	7.255
PZ72	0,840	48.630
PZ73	1,800	1.970
PZ74	1,890	4.266
PZ75	1,140	11.625
PZ76	0,940	29.984
PZ77	1,045	51.530
PZ78	1,201	50.800
PZ79	1,062	38.410
PZ80	1,069	4.470
PZ81	0,770	3.168
PZ82	1,360	1.160



**Tabella 5.3: Livelli piezometrici – Isola dei Serbatoi (condizioni medie di marea – novembre 2004)**

Piezometro	Quota falda s.l.m.m.] [m	Conducibilità elettrica [mS/cm]
PZ35	1,325	15.800
PZ36	1,310	3.750
PZ37	1,402	338
PZ38	1,485	348
PZ39	1,154	1.115
PZ40	2,027	345
PZ41	1,743	1.127
PZ42	1,385	1.976
PZ55	0,641	55.377
PZ56	0,423	n.d.
PZ57	-0,638	36.300
PZ58	0,702	42.100
PZ59	-0,292	40.206
PZ60	0,570	57.250
PZ61	0,405	32.100
PZ62	0,742	16.035

n.d. = dato non disponibile

**Tabella 5.4: Livelli piezometrici – Stabilimento STAP (condizioni medie di marea – novembre 2004)**

Piezometro	Quota falda [m s.l.m.m.]	Conducibilità elettrica [mS/cm]
P01	0,203	2.240
P02	0,005	1.063
P03	0,194	650
P04	-0,214	28.840
P05	0,772	1.071
P06	0,590	9.270

**Tabella 5.5: Livelli piezometrici della prima falda (Bassa e alta marea - novembre 2004)**

Piezometro	Quota falda in alta marea [m s.l.m.m.]	Quota falda in bassa marea [m s.l.m.m.]	D bassa-alta marea [m]
PZ63	1,021	0,961	0,06
PZ64	0,333	0,283	0,05
PZ65	0,77	0,71	0,06
PZ66	1,26	1,21	0,05
PZ67	1,36	1,28	0,08
PZ68	1,34	1,12	0,22
PZ69	1,33	0,89	0,44
PZ72	0,99	0,95	0,04
PZ75	0,97	0,85	0,12
PZ76	1,2	1,03	0,17
PZ77	1,335	1,055	0,28
PZ78	1,341	1,271	0,07
PZ79	1,242	1,152	0,09
PZ80	1,239	1,189	0,05

## 5.7 Test idraulici

### 5.7.1 Isola di Raffineria

Al fine di acquisire i parametri idraulici (trasmissività e conducibilità idraulica) relativi alla “prima falda” e alla “falda di riporto”, sono state condotte:

- n. 2 prove a gradini di portata e n.2 prove a portata costante di lunga durata nei piezometri in prima falda, PZ54 e PZ68;
- n.3 Slug-Test nei piezometri di riporto, PZ43, PZ46, PZ49.

L’ubicazione dei piezometri oggetto delle prove idrauliche condotte è riportata nella Figura 4 in Allegato 1a.

#### 5.7.1.1 Modalità esecutive delle prove a gradini di portata

Nel mese di Novembre 2004, al fine di valutare la capacità di ricarica dei piezometri profondi PZ54 e PZ68, è stata eseguita una prova di pompaggio a gradini di portata adottando lo schema seguente:

1° gradino  $q_1=0,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

2° gradino  $q_2=0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

3° gradino  $q_3 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

4° gradino  $q_4=1,8 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

5° gradino  $q_5=3,6 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Ogni gradino è stato mantenuto per 100 min o fino a stabilizzazione del livello piezometrico; gli abbassamenti indotti dal pompaggio sono stati misurati mediante freatimetro nel piezometro stesso.

#### 5.7.1.2 *Modalità esecutive delle prove a portata costante*

Una volta ripristinatosi il livello di falda precedente all'esecuzione della prova a gradini, è stata effettuata una prova di pompaggio a portata costante nei piezometri PZ54 e PZ68 (2 m<sup>3</sup>/h e 3 m<sup>3</sup>/h rispettivamente).

La portata emunta durante la prova di lunga durata è stata individuata mediante l'analisi dei risultati delle prove a gradini.

Durante la prova, il piezometro in emungimento è stato utilizzato per il monitoraggio degli abbassamenti, indotti dal pompaggio, nella prima falda.

Su ciascun piezometro, la prova ha avuto una durata pari a 36 ore. Al termine della prova è stata spenta la pompa ed è stata misurata la risalita del livello piezometrico per un periodo minimo di 24 h e comunque fino al recupero del 90% del livello statico antecedente alla prova.

#### 5.7.1.3 *Modalità esecutive degli Slug-Test*

Sono state eseguite n°3 prove di permeabilità in pozzo (prove di estrazione di tipo Slug Test) nei piezometri superficiali PZ43, PZ46, PZ49. Per ogni piezometro, è stato eseguito il test secondo la seguente procedura:

- 1) Acquisizione, mediante freatimetro, del valore di soggiacenza statica dell'acqua di falda;
- 2) Estrazione "istantanea" dal piezometro, mediante un contenitore cilindrico cavo, di un volume di acqua noto;
- 3) Acquisizione dei dati di livello piezometrico, mediante trasduttore di pressione completo di datalogger per la registrazione delle misure di livello piezometrico con una frequenza di acquisizione pari a 0,5 minuti, fino a ristabilizzazione di almeno il 90% del livello statico iniziale (punto 1).

#### 5.7.1.4 Elaborazione dati - Prove a gradini di portata e a portata costante

L'esecuzione delle prove a gradini di portata, finalizzate all'individuazione della portata ottimale per il test a portata costante, ha consentito di individuare una portata critica dei piezometri PZ54 e PZ68 maggiore di  $0,8 \text{ m}^3/\text{h}^3$  e  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  rispettivamente.

In base ai risultati delle prove a gradini, si è scelto di condurre le prove a portata costante, in PZ54 e in PZ68, mantenendo una portata di emungimento pari a  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  rispettivamente. I dati acquisiti sono stati interpretati mediante i consueti metodi di analisi (Cooper & Jacob \_Time - Drawdown, Theis Recovery Test).

In Tabella 5.6 si riportano i risultati numerici delle elaborazioni effettuate. Come si può osservare, il valore di conducibilità idraulica della falda è compreso tra  $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  (PZ54) e  $2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  (PZ68). Il valore di conducibilità idraulica particolarmente alto ottenuto (interpolando anche la prima parte del grafico di risalita) dall'elaborazione dei dati del test condotto in corrispondenza del piezometro PZ68, è stato escluso dal calcolo della media, in quanto non concordante con l'analisi dei dati relativi alla discesa.

Gli elaborati grafici relativi ai test effettuati sono riportati in Allegato 5. Per una descrizione dettagliata dei metodi citati si rimanda ai testi specializzati.

Durante l'esecuzione dei test a portata costante, è stato monitorato il valore di conducibilità elettrica dell'acqua emunta.

Tale valore, durante tutta la durata della prova, si è mantenuto pressoché costante, nell'ordine di  $45.000 \mu\text{S}/\text{cm}$  per entrambi i piezometri. Il valore riscontrato, che risulta in linea con quanto registrato nel 70% dei piezometri di prima falda, mette in evidenza, anche nella zona centrale dell'isola di Raffineria, una probabile ingressione di acque

---

<sup>3</sup> A causa di problemi tecnici verificatisi durante l'esecuzione della prova sul piezometro PZ54, l'emungimento è stato arrestato al 3° gradino.

salmastre (provenienti dai canali marittimi circostanti l'isola di raffineria stessa), nonché una scarsa mobilità ed alimentazione della prima falda (cfr. capitolo 8).

**Tabella 5.6: Risultati numerici delle elaborazioni (test a portata costante condotti sui piezometri PZ54 e PZ68)**

<b>Portata costante PZ54</b>	
<b>Metodo di analisi</b>	<b>Conducibilità idraulica (m/s)</b>
<i>Cooper-Jacob</i>	1,09E-04
<i>Theis-Recovery</i>	1,89E-04
<b>Media</b>	<b>1,49E-04</b>
<b>Portata costante PZ68</b>	
<b>Metodo di analisi</b>	<b>Conducibilità idraulica (m/s)</b>
<i>Cooper-Jacob</i>	1,93E-04
<i>Theis-Recovery</i>	2,18E-04
<i>Theis-Recovery*</i>	<b>3,52E-04</b>
<b>Media</b>	<b>2,06E-04</b>

\* Valore, ottenuto interpolando anche la prima parte del grafico di risalita, non incluso nel calcolo della media

#### 5.7.1.5 Elaborazione dati - Slug-Test

L'interpretazione dei dati ottenuti mediante l'esecuzione degli Slug Test sui piezometri PZ43, PZ46, PZ49, per la stima del coefficiente di conducibilità idraulica, è stata effettuata secondo la metodologia elaborata da Bower & Rice (1976) e da Hvorslev (1951).

In Tabella 5.7 si riportano i risultati numerici delle elaborazioni effettuate. Come si può osservare, il valore di conducibilità idraulica stimato è compreso tra  $1,3 \cdot 10^{-6}$  m/s e  $4,27 \cdot 10^{-6}$  m/s.

Gli elaborati grafici relativi ai test effettuati sono riportati in Allegato 5. Per una descrizione dettagliata dei metodi citati si rimanda ai testi specializzati.

**Tabella 5.7: Risultati numerici delle elaborazioni (Slug Test condotti sui piezometri PZ54-PZ68)**

<b>Slug-Test PZ43</b>	
Metodo di analisi	Conducibilità idraulica (m/s)
<i>Hvorslev</i>	2,03E-06
<i>Bower &amp; Rice</i>	2,58E-06
<b>Media</b>	<b>2,31E-06</b>
<b>Slug-Test PZ46</b>	
Metodo di analisi	Conducibilità idraulica (m/s)
<i>Hvorslev</i>	1,24E-06
<i>Bower &amp; Rice</i>	1,32E-06
<b>Media</b>	<b>1,28E-06</b>
<b>Slug-Test PZ49</b>	
Metodo di analisi	Conducibilità idraulica (m/s)
<i>Hvorslev</i>	4,06E-06
<i>Bower &amp; Rice</i>	4,47E-06
<b>Media</b>	<b>4,27E-06</b>

#### 5.7.2 Isola dei serbatoi

Al fine di acquisire i parametri idraulici (trasmissività e conducibilità idraulica) relativamente alla “falda di riporto”, in isola dei serbatoi, sono stati condotti n. 3 Slug-Test nei piezometri superficiali PZ40, PZ41 e PZ42, la cui ubicazione è illustrata nella Figura 3 in Allegato 1a.

In Tabella 5.8 si riportano i risultati numerici delle elaborazioni effettuate, che hanno permesso di stimare un valore di conducibilità idraulica compreso tra  $1,5 \cdot 10^{-8}$  m/s e  $5,5 \cdot 10^{-7}$  m/s, valori mediamente più bassi rispetto a quanto riscontrato in Isola di Raffineria.

**Tabella 5.8: Risultati numerici delle elaborazioni (Slug-Test condotti sui piezometri PZ40, PZ41 e PZ42)**

<b>Slug-Test PZ40</b>	
<b>Metodo di analisi</b>	<b>Conducibilità idraulica (m/s)</b>
<i>Hvorslev</i>	4,97E-07
<i>Bower &amp; Rice</i>	5,48E-07
<b>Media</b>	<b>5,23E-07</b>
<b>Slug-Test PZ41</b>	
<b>Metodo di analisi</b>	<b>Conducibilità idraulica (m/s)</b>
<i>Hvorslev</i>	2,84E-08
<i>Bower &amp; Rice</i>	3,06E-08
<b>Media</b>	<b>2,95E-08</b>
<b>Slug-Test PZ42</b>	
<b>Metodo di analisi</b>	<b>Conducibilità idraulica (m/s)</b>
<i>Hvorslev</i>	1,51E-08
<i>Bower &amp; Rice</i>	1,62E-08
<b>Media</b>	<b>1,57E-08</b>

### 5.7.3 Commenti a risultati dei Test idraulici

In base ai risultati dei test effettuati (Test a Potata Costante), si evince che la prima falda è caratterizzata da una conducibilità idraulica dell'ordine di  $10^{-4}$  m/s, valore compatibile con le caratteristiche dei materiali sabbiosi che costituiscono l'acquifero.

Per quanto concerne i test effettuati sulla falda di riporto (Slug-Test), è stato stimato un valore di conducibilità idraulica dell'ordine di  $10^{-6}$  m/s in isola di Raffineria e di  $10^{-7}/10^{-8}$  in Isola dei Serbatoi. I risultati ottenuti risultano compatibili con i materiali fini che caratterizzano lo strato di riporto. Si evidenzia tuttavia che, diversamente dai test di pompaggio a portata costante, il tipo di test effettuato sulla falda di riporto, scelto alla luce della bassa permeabilità presunta dei materiali indagati, permette di indagare le caratteristiche dell'acquifero solo a livello puntuale; pertanto possono essere ottenuti risultati anche molto diversi da punto a punto specie nei materiali maggiormente eterogenei.



## 5.8 Rilievo topografico

Tutti i punti di sondaggio eseguiti e tutte le teste pozzo relative sia ai piezometri di nuova realizzazione sia a quelli preesistenti, sono stati oggetto di una campagna di rilievo topografico, per la determinazione delle coordinate plano-altimetriche assolute, rilevate in coordinate Gauss-Boaga.

I risultati ottenuti dall'esecuzione del rilievo topografico sono riportati in Allegato 7.

## 6. ATTIVITÀ DI LABORATORIO

### 6.1 Analisi chimiche

Nell'ambito delle attività di indagine oggetto del seguente documento, sono stati prelevati ed inviati al laboratorio per le analisi i campioni di suolo e delle acque di falda.

Complessivamente sono stati analizzati:

#### Isola di Raffineria

- n°803 campioni di suolo;
- n°49 campioni di acqua prelevati dai piezometri nel riporto (PZ12 campionato due volte e PZ16 non campionato, in quanto privo di acqua al momento del campionamento);
- n°18 campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri di prima falda (PZ65 campionato due volte).

#### Isola dei Serbatoi

- n°350 campioni di suolo;
- n°9 campioni di acqua prelevati dai piezometri nel riporto (PZ56 e PZ59 non campionati, in quanto privi di acqua al momento del campionamento);
- n°5 campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri di prima falda.

#### STAP

- n°34 campioni di suolo;

- n°5 campioni di acqua prelevati dai piezometri nel riporto;
- n°1 campione di acqua di falda prelevato dal piezometro di prima falda.

I piezometri PZ12 e PZ65 già campionati da ENI R&M, rispettivamente in data 09/09/04 e 02/09/04, i cui risultati sono riportati nel documento *“Dati analitici relativi alle attività di Caratterizzazione Ambientale (ai sensi del D.M. 471/99)” del Novembre 2004 - relativo alla macroisola “Isola di Raffineria”,* sono stati successivamente ricampionati alla presenza di ARPAV. Tutti i dati analitici già consegnati alle Autorità Competenti sono, per completezza, riportati integralmente nel presente documento (Allegati 3a, 3b, 3c)

Il numero di campioni di suolo e di acqua di falda prelevati in presenza delle Autorità Locali Competenti (ARPAV) e sottoposti ad analisi in contraddittorio con le autorità stesse, riassunti nelle Tabelle 6.1 e 6.2, complessivamente, è il seguente:

- n°108 campioni di suolo;
- n°6 campioni di suolo top-soil per la determinazione di Diossine e PCB;
- n°2 di acqua di falda di riporto;
- n°4 di acqua di prima falda.

**Tabella 6.1: Campioni di suolo in contraddittorio con ARPAV**

Punto di indagine	Campioni in contraddittorio	Numero Verbale ARPAV	Area di appartenenza	Data di prelievo dei campioni
<b>PZ63</b>	C01, C02	562/04	Raffineria	06/08/04
<b>PZ65</b>	C01 ÷ C04	546/04	Raffineria	10/08/04
<b>PZ65</b>	C05, C06	547/04	Raffineria	10/08/04
<b>PZ82</b>	C01 ÷ C04	1063/04	Raffineria	31/08/04
<b>S185_bis</b>	C02, C04	562/04	Raffineria	06/08/04
<b>S199</b>	C02 ÷ C05	1058/04	Raffineria	10/08/04
<b>S207</b>	C01 ÷ C04	564/04	Raffineria	12/08/04
<b>S215</b>	C01 ÷ C05	1061/04	Raffineria	24/08/04
<b>S218</b>	C01 ÷ C05	1062/04	Raffineria	24/08/04
<b>S219</b>	C01, C02	1062/04	Raffineria	24/08/04
<b>S224</b>	C01, C02	564/04	Raffineria	12/08/04
<b>S248</b>	C04, C05	562/04	Raffineria	06/08/04
<b>S269</b>	C01 ÷ C05	570/04	Raffineria	08/09/04
<b>S280</b>	C01 ÷ C04	1208/04	Raffineria	07/09/04
<b>S281</b>	C03 ÷ C05	1208/04	Raffineria	07/09/04
<b>S270</b>	C01 ÷ C03	571/04	Raffineria	08/09/04
<b>S304</b>	C01 ÷ C04	565/04	Zona Nord-Est	26/08/04
<b>S319</b>	C01 ÷ C04	565/04	Zona Nord-Est	26/08/04
<b>S346</b>	C01 ÷ C04	572/04	Zona Nord-Est	15/09/04
<b>S350</b>	C01 ÷ C04	573/04	Zona Nord-Est	15/09/04
<b>S354</b>	C01 ÷ C04	574/04	Zona Nord-Est	16/09/04
<b>S359</b>	C01 ÷ C04	575/04	Zona Nord-Est	16/09/04
<b>PZ61</b>	C03, C04	542/04	Isola dei Serbatoi	27/07/04
<b>S114</b>	C01 ÷ C04	557/04	Isola dei Serbatoi	22/07/04
<b>S121</b>	C01 ÷ C04	556/04	Isola dei Serbatoi	22/07/04
<b>S126</b>	C01 ÷ C04	544/04	Isola dei Serbatoi	02/08/04
<b>S129</b>	C01 ÷ C04	544/04	Isola dei Serbatoi	02/08/04
<b>S148</b>	C03, C04	542/04	Isola dei Serbatoi	27/07/04
<b>S153</b>	C04, C05	542/04	Isola dei Serbatoi	27/07/04
<b>S170</b>	C02 ÷ C04	1064/04	Isola dei Serbatoi	31/08/04
<b>S172</b>	C02 ÷ C05	1063/04	Isola dei Serbatoi	31/08/04

Punto di indagine	Campioni in contraddittorio	Numero Verbale ARPAV	Area di appartenenza	Data di prelievo dei campioni
<b>P38</b>	C01	1175/04	Raffineria	21/10/04
<b>P32</b>	C01	1175/04	Raffineria	21/10/04
<b>P23</b>	C01	1175/04	Raffineria	21/10/04
<b>P48</b>	C01	1175/04	Zona Nord-Est	21/10/04
<b>P1 (sond. S120)</b>	C01	1175/04	Isola dei Serbatoi	21/10/04
<b>P3 (sond. S115)</b>	C01	1175/04	Isola dei Serbatoi	21/10/04

**Tabella 6.2: Campioni di acqua di falda in contraddittorio con ARPAV**

Piezometro	Tipologia di punto	Numero Verbale ARPAV	Area di appartenenza	Data di prelievo dei campioni
<b>PZ60</b>	pz di prima falda	00548/04	Isola dei Serbatoi	24/08/04
<b>PZ62</b>	pz di prima falda	00548/04	Isola dei Serbatoi	24/08/04
<b>PZ76</b>	pz di prima falda	00566/04	Raffineria	01/09/04
<b>PZ57</b>	pz di riporto	01060/04	Isola dei Serbatoi	18/08/04
<b>PZ12</b>	pz di riporto	1254/04	Raffineria	21/10/04
<b>PZ65</b>	pz di prima falda	1254/04	Raffineria	21/10/04

Per la validazione completa dei dati analitici relativi alle acque di falda, in base alle indicazioni fornite da ARPAV, si dovrà procedere al campionamento in contraddittorio dei piezometri di prima falda PZ75 e PZ77, ubicati in Isola di Raffineria.

Tutti i campioni di suolo e di acqua sotterranea prelevati (compresi quelli preparati dal laboratorio ARPAV) sono stati analizzati presso il laboratorio CHELAB di Resana (TV), certificato ai sensi delle norme UNI CEI 45001 ed accreditato SINAL.

I parametri determinati nel corso delle analisi e le relative metodologie sono riportate nelle seguenti Tabelle 6.3 e 6.4, relative ai terreni e alle acque sotterranee, rispettivamente. L'elenco degli analiti tiene conto delle richieste emerse in sede di Conferenza dei Servizi Decisoria del 6 agosto 2004.

**Tabella 6.3: Analiti e metodologie analitiche per i terreni**

Parametri	Metodica	Tecnica	Limite di Rilevabilità [mg/Kg]
pH	DM 13/09/99 All XIII-1		
Umidità	SM 2540G/91	Gravimetrica	0,1 %
Scheletro (% campione < 2 mm)	DM 13/09/99 met II.6	Gravimetrica	0,1 %
Carbonio Organico	DM 13/09/99 All VII-2	Trimetria	100 ppm
Capacità di scambio cationico	DM 13/09/99 All XIII-1	Trimetria	
Alluminio	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,1
Antimonio	EPA 7742/94	AA Idruri	0,1
Arsenico	EPA 7062/94	AA Idruri	0,1
Berillio	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,1
Cadmio	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,1
Cobalto	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,1
Cromo tot	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,1
Cromo VI	EPA 7197	Spettrofotometria	0,5
Mercurio	EPA 7471 B/98	AA MHS	0,1
Nichel	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,5
Piombo	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,5
Piombo Tetraetile	-	GC MS	1
Rame	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,5
Selenio	EPA 7742/94	AA Idruri	0,1
Stagno	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,5
Tallio	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,5
Vanadio	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,5
Zinco	EPA 6010 C/00	ICP AES	0,5
Idrocarburi Totali <C12	EPA 8015/96	GC FID	10
Idrocarburi Totali >C12	EPA 8015/96	GC FID	10
BTEX	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0,05
MTBE	EPA 8260B/96	GC FID	1
Composti Organoalogenati	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0,01
IPA Totali (+ o - tossici)	EPA 8270 D/98	HRGC LRMS	0,02
Fenoli Volatili	EPA 8270 D/98	HRGC LRMS	0,1
PCB totali (*)	EPA 8082/96	GC ECD	0,001
Cianuri liberi	IRSA Q64/92	Spettrofotometria	0,5
Fluoruri solubili	EPA 300.0/93	Cromatografia ionica	10,0
Diossine (*)	EPA 1613/87	HRGC HRMS	1 X 10 <sup>-7</sup>

Nota (\*): PCB e Diossine sono stati determinati sul 20% dei campioni di top-soil (0-10 cm).

**Tabella 6.4: Analiti e metodologie analitiche per le acque sotterranee**

Parametri	Metodica	Tecnica	Limite di Rilevabilità [µg/l]
pH	IRSA Q100 2080	Potenziometria	
Carbonio Organico (TOC)	EPA 9060	IR	0,1 (mg/l)
Alluminio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Antimonio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Argento	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Arsenico	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Berillio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Cadmio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Cobalto	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Cromo tot	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Cromo VI	EPA 7197	-	0,5
Ferro	EPA 6010 C/00	ICP AES	5
Manganese	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Mercurio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Nichel	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Piombo	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Piombo Tetraetile	-	GC MS	1
Rame	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Selenio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,5
Stagno	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Tallio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Vanadio	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
Zinco	EPA 200.8/94	ICP MS	0,1
(n-esano)	EPA 8015 C/00	GC FID	5
Idrocarburi totali (n-paraffine C10-C40)	(*)	(*)	5
BTEX	EPA 8260 B/96	HRGC LRMS	0.03
MTBE	EPA 8260 B/96	GC MS	1

Nota: (\*) in accordo con le metodiche suggerite dal parere ISS n°4541 del 1/12/2003

**Tabella 6.4: Analiti e metodologie analitiche per le acque sotterranee**

Parametri	Metodica	Tecnica	Limite di Rilevabilità [µg/l]
Clorometano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
Cloroformio	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
Cloruro di vinile	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
1,2-dicloroetano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
1,1-dicloroetilene	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
1,2-dicloropropano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
1,1,2-tricloroetano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
Tricloroetilene	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
1,2,3-tricloropropano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
1,1,2,2-tetracloroetano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
Tetracloroetilene	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
Esaclorobutadiene	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.0001
1,1 dicloroetano	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0.05
1,2-dicloroetilene	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0.06
tribromometano	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0.03
1,2 dibromoetano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.001
dibromoclorometano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.07
bromodiclorometano	MP-1123-R0/03	MP-HRGC HRMS	0.03
Monoclorobenzene	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0.04
1,2 Diclorobenzene	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0.05
1,4 Diclorobenzene	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0.04
1,2,4 - Triclorobenzene	EPA 8260B/96	HRGC LRMS	0.09
1,2,4,5 - Tetraclorobenzene	EPA 8270 D/98	HRGC LRMS	0.01
Pentaclorobenzene	EPA 8270 D/98	HRGC LRMS	0.01
Esaclorobenzene	EPA 8270 D/98	HRGC LRMS	0.01
IPA Totali	-	MP-HRGC HRMS	0.0001
Fenoli Volatili	EPA 8270 D/98	HRGC LRMS	0.05
PCB totali	EPA 1668/98	MP-HRGC HRMS	0.0001
Cianuri liberi	EPA 9014/96	Spettrofotometria	5
Fluoruri solubili	EPA 300.1/97	Cromatografia ionica	100



## 7. RISULTATI ANALITICI

In base ai risultati puntuali delle caratterizzazioni analitiche, è stata effettuata una mappatura delle eccedenze rispetto ai limiti di riferimento, rinvenute nei terreni e nelle acque sotterranee delle aree in esame (cfr. Figure 7, 8, 9 Allegato 1a e Figure 2, 3 e 4 in Allegato 1b).

L'elaborazione dei risultati analitici, come descritto nei paragrafi seguenti, si sviluppa mantenendo distinte le seguenti aree:

- Isola di Raffineria, costituita da due aree: "Raffineria" e "Zona Nord-Est";
- Isola dei Serbatoi;
- Stabilimento Produzione Lubrificanti (STAP).

I tabulati completi dei risultati delle analisi condotte sui campioni di terreno e di acqua investigati sono riportati nelle tabelle in Allegato 3a, 3b e 3c, mentre i certificati analitici emessi dal laboratorio incaricato sono riportati in Allegato 4.

### 7.1 Stato qualitativo dei terreni

Confrontando i risultati analitici dei campioni di suolo prelevati, con i limiti previsti dal D.M. 471/99 per le aree ad uso Commerciale ed Industriale, si evidenzia la presenza di non conformità diffuse nei primi metri di sottosuolo in diverse zone dell'Isola di Raffineria e dell'Isola dei Serbatoi, relative sia a composti inorganici sia a sostanze organiche.

Per i metalli, le eccedenze più rilevanti riguardano i parametri Arsenico, Piombo, Zinco, Cadmio, Mercurio, Antimonio e Rame, presenti in tutte le aree indagate, con valori più elevati nell'Isola dei Serbatoi e nella Zona Nord-Est dell'Isola di Raffineria.

La contaminazione derivante da Idrocarburi Leggeri (C<12) e Pesanti (C>12) a carico del sottosuolo al di sopra del primo strato impermeabile rinvenuto alla profondità media di 5 m da p.c., interessa invece principalmente l'Isola di Raffineria. In tale area, sono state riscontrate alcune eccedenze anche per i Composti Aromatici e gli IPA, mentre i Composti Organo-alogenati rispettano i limiti previsti dalla normativa vigente in tutti i campioni di suolo prelevati, ad esclusione di un unico punto interno all'Isola di Raffineria.

Il numero di eccedenze di BTEXS ed IPA rinvenuto rappresenta comunque una frazione, in percentuale, molto limitata sul totale dei campioni prelevati.

Le Diossine, infine, superano il limite normativo principalmente nel settore Sud-Ovest dell'Isola dei Serbatoi, oltre la recinzione fiscale in area non operativa, dove si hanno le eccedenze più significative. Non conformità al limite sono state riscontrate anche in Zona Nord-Est, limitatamente ad un solo punto di indagine.

Alla luce di tali evidenze la ricerca del parametro Diossine è stata estesa ai campioni più profondi e verrà estesa arealmente. In particolare, in Isola dei Serbatoi, si procederà a ricercare il parametro diossine in tutti i campioni di top-soil prelevati in corrispondenza dei sondaggi eseguiti nell'area incolta, localizzata nel settore sud-ovest dell'isola, oltre la recinzione fiscale, per un totale di circa n°35 punti. A questi andranno ad aggiungersi ulteriori n°4 punti ubicati nelle vicinanze del P12, nell'area dei bacini di contenimento. In area Nord-Est verrà eseguito un approfondimento di indagine in corrispondenza di n°8 punti di indagine, adiacenti al punto P48. I risultati di tutti gli approfondimenti eseguiti saranno funzionali alla redazione del Progetto Preliminare di Bonifica dei suoli e saranno consegnati contestualmente al progetto stesso, alla fine del mese di Febbraio 2005.

I restanti parametri analitici investigati nei campioni di suolo prelevati (Clorobenzeni e PCB) rispettano i limiti normativi in tutti i punti di indagine realizzati.

### *7.1.1 Isola di Raffineria*

Dal confronto dei risultati analitici ottenuti con i limiti previsti dal D.M. 471/99 per le aree ad uso Commerciale ed Industriale, si evince come la contaminazione dei terreni,

riscontrata a profondità compresa tra piano campagna e 6 m da p.c., sia da attribuire ai metalli pesanti, principalmente Arsenico, Cadmio, Mercurio e Zinco, Composti Organici Aromatici (BTEXS), Idrocarburi Policiclici Aromatici (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene e Benzo(b)fluorantene, Crisene, Pirene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Benzo(a)pirene e Benzo(b)fluorantene), Esaclorobenzene, Composti Organo-clorurati (Tricloroetilene e Tetracloroetilene), Idrocarburi Leggeri (C<12) e Pesanti (C>12) e Diossine.

I dati relativi alle eccedenze rinvenute nei suoli internamente all'area di Raffineria e alla Zona Nord-Est sono riassunti nella Tabella 7.1 – Allegato 3. La rappresentazione grafica di tali risultati è riportata in Figura 7 – Allegato 1a.

#### 7.1.2 Isola dei Serbatoi

Confrontando i risultati analitici ottenuti con i limiti previsti dal D.M. 471/99 per le aree ad uso Commerciale ed Industriale, si evidenzia la presenza di un certo numero di eccedenze, dovute per lo più alla presenza di metalli negli strati del riporto (profondità inferiore a 3,5 m da p.c.). La contaminazione riscontrata è imputabile alla singolare stratigrafia dell'Isola, che è stata segnata nel corso della sua storia da numerosi rimaneggiamenti. In particolare alcune zone dell'Isola sono state costruite ex novo utilizzando materiali di riporto, provenienti dalle adiacenti zone industriali.

Le eccedenze più rilevanti sono dovute alla presenza di metalli (Antimonio, Arsenico, Zinco, Cadmio e Mercurio, e, in maniera minore, Piombo, Rame e Vanadio) negli strati del riporto (profondità inferiore a 5 m da p.c.), diffusi in tutta l'area.

Relativamente alla contaminazione da sostanze organiche, nei terreni si rileva come non vi siano eccedenze da Idrocarburi Aromatici, mentre gli IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(a)pirene e Indeno(1,2,3-c,d)pirene) superano i limiti solo puntualmente, in alcuni campioni di suolo prelevati a profondità variabili da subsuperficiali fino a 4,2 m da p.c..

Come si evince dalla Figura 7 in Allegato 1a, le eccedenze relative agli Idrocarburi C>12 sono distribuite in prossimità della laguna (fatta eccezione per S177), tre delle quali lungo il lato prospiciente il Canale di grande Navigazione Vittorio Emanuele III, a profondità inferiori ai 5 metri da p.c.. La contaminazione del suolo per la presenza di Diossine in concentrazione superiore al limite normativi, invece, interessa principalmente il settore Sud-Ovest dell'isola, da piano campagna fino a 3 m di profondità da p.c..

I dati relativi alle eccedenze rinvenute nei suoli dell'Isola dei Serbatoi sono riassunti nella Tabella 7.2 – Allegato 3. La rappresentazione grafica di tali risultati è riportata in Figura 7 – Allegato 1a.

### 7.1.3 STAP

L'elaborazione dei risultati delle analisi condotte sui campioni di suolo prelevati in area STAP, ha permesso di evidenziare la presenza di non conformità al limite normativo di due soli analiti investigati, gli Idrocarburi Leggeri (C<12) e gli Idrocarburi Pesanti (C>12). Tali parametri eccedono il limite normativo a profondità compresa tra 0,5 e 1,2 m da p.c., in corrispondenza del sondaggio SS01, ubicato a Nord-Ovest dello Stabilimento. I valori rinvenuti in corrispondenza del sondaggio, sono riassunti nella Tabella 7.3 – Allegato 3, mentre la relativa rappresentazione grafica è riportata nella Figura 2 – Allegato 1b.

Non si ha infine evidenza della presenza di Diossine e PCB.

## 7.2 Stato qualitativo delle acque di falda

Nei mesi di agosto e settembre 2004 si è proceduto alla caratterizzazione analitica delle acque di falda. A tale scopo, sono stati prelevati ed analizzati, secondo le procedure descritte, i campioni relativi a 57 piezometri che captano l'acquifero nel riporto (48 dei

quali ubicati in Isola di Raffineria e 9 in Isola dei Serbatoi)<sup>4</sup> e a 23 piezometri di prima falda (17 dei quali ubicati in Isola di Raffineria, 1 in STAP e 5 in Isola dei Serbatoi).

I risultati completi delle analisi condotte sui campioni di acqua sotterranea prelevati nell'ambito della campagna di indagine integrativa (luglio-ottobre 2004) sono illustrati nelle tabelle in Allegato 3a, 3b e 3c, che riportano i risultati analitici e, per confronto, i relativi limiti previsti dalla normativa vigente.

Si osserva che i superamenti dei limiti della normativa di riferimento sono imputabili sia a sostanze organiche sia inorganiche. In particolare la contaminazione è da attribuire ai seguenti parametri:

- Metalli pesanti e fluoruri;
- Idrocarburi aromatici;
- Idrocarburi totali (nC10-nC40);
- IPA;
- Composti alifatici clorurati ed alogenati;
- PCB;
- MTBE.

---

<sup>4</sup> Per la scarsa capacità di ricarica riscontrata, il piezometro di riporto PZ16, ubicato in area di Raffineria, non è stato campionato, mentre in Isola dei Serbatoi, per lo stesso motivo, non sono stati campionati i piezometri superficiali PZ59 e PZ56.

### 7.2.1 Falda di riporto – Isola di Raffineria

I risultati completi delle analisi condotte sui campioni di acqua prelevati dai 48 piezometri di riporto campionati in Isola di Raffineria sono riportati nella Tabella 7, in Allegato 3a, mentre la rappresentazione delle eccedenze è riportata in Figura 8 - Allegato 1a.

Per quanto riguarda i comportamenti inorganici, si evidenziano superamenti dei limiti tabellari previsti per la qualità delle acque della falda di riporto relativamente ai parametri Ferro, Manganese, Arsenico, Antimonio, Alluminio, Piombo, Nichel, Cadmio, Cromo totale e Fluoruri. In particolare, per parametri Ferro, Manganese e Arsenico si è riscontrata una contaminazione diffusa sia in area di Raffineria, sia in zona Nord-Est; il Piombo, il Cadmio e il Cromo totale sono stati rilevati in concentrazione non conforme al limite in Zona Nord-Est e i fluoruri eccedono leggermente soltanto in Raffineria.

Tra le sostanze organiche, i Composti Organici Aromatici, gli Idrocarburi Totali (nC10-nC40) e gli IPA (Benzo(a)pirene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene e Benzo(g,h,i)perilene), presentano non conformità al limite normativo sia in Raffineria sia in Zona Nord-Est.

Per i Composti Organo-alogenati, si riscontrano alcune eccedenze per i parametri Dicloroetilene, Tricloroetilene e Cloruro di Vinile, in piezometri ubicati in Raffineria, mentre l'Esaclorobenzene ed i PCB risultano non conformi in alcuni dei piezometri di riporto ubicati in Zona Nord-Est.

Anche per l'MTBE, le analisi eseguite mostrano superamenti del limite di riferimento (10 µg/l), in alcuni piezometri di riporto campionati, uno dei quali in Zona Nord-Est.

Nella Tabella 7.4 – Allegato 3 sono riportate le eccedenze rilevate nei piezometri della falda di riporto, ubicati nell'Isola di Raffineria.

### 7.2.2 Falda di riporto – Isola dei Serbatoi

Si sottolinea che, a causa della scarsa capacità di ricarica riscontrata in corrispondenza dei piezometri superficiali PZ59 e PZ56, è stato possibile campionare solo 9 degli 11 piezometri nel riporto esistenti.

I risultati analitici completi sono riportati in Tabella 7, in Allegato 3b, mentre una rappresentazione delle eccedenze è riportata in Figura 8 - Allegato 1a.

Relativamente ai Composti inorganici, si evidenziano superamenti dei limiti tabellari previsti per la qualità delle acque sotterranee relativamente ai parametri Ferro, Manganese, Arsenico, Antimonio e Fluoruri.

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (Benzo(a)pirene e Benzo(g,h,i)perilene) presentano non conformità al limite in un unico piezometro, mentre i restanti parametri analitici investigati rispettano i limiti normativi in tutti i piezometri di riporto campionati.

Nella Tabella 7.5 – Allegato 3 sono riassunte le eccedenze rilevate nei piezometri della falda di riporto, ubicati nell'Isola dei Serbatoi.

### 7.2.3 Falda di riporto – STAP

I risultati completi delle analisi condotte sui campioni di acqua prelevati dai 5 piezometri di riporto presenti nell'area di Stabilimento sono riportati in Allegato 3c, mentre la rappresentazione delle eccedenze è riportata in Figura 3 - Allegato 1b.

L'elaborazione dei dati raccolti ha permesso di constatare la presenza di una contaminazione a carico della falda di riporto, relativa ai composti inorganici (Ferro, Manganese e Arsenico), all'MTBE e ai Composti alifatici clorurati, per il solo parametro Dicloroetilene.

Nella Tabella 7.6 – Allegato 3 sono riportate le eccedenze rilevate.

#### *7.2.4 Prima falda – In Isola di Raffineria*

I risultati analitici relativi allo stato qualitativo rilevato nelle acque dei n°17 piezometri di prima falda, ubicati nell'area della Raffineria e in Zona Nord-Est, sono riportati in Tabella 7 - Allegato 3a.

Dal confronto tra i valori rilevati ed i limiti previsti dal D.M. 471/99, si evidenzia il superamento delle concentrazioni massime ammissibili relativamente ai seguenti Composti inorganici: Arsenico, Ferro, Manganese (eccedente solo in area di Raffineria) e Fluoruri, agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (Benzo(a)pirene e Benzo(g,h,i)perilene) e all'MTBE, leggermente eccedente il limite di riferimento prescritto dal MinAmb in un unico piezometro in ara di Raffineria.

Non ci sono invece evidenze di superamento dei limiti previsti per Composti Organici Aromatici, Idrocarburi, Composti Organo-alogenati, PCB e Clorobenzeni.

I valori di concentrazione relativi alle eccedenze rinvenute, descritte nel seguito, sono riassunti nella Tabella 7.7- Allegato 3, mentre la rappresentazione grafica di tali risultati è riportata in Figura 9 - Allegato 1a.

#### *7.2.5 Prima falda – Isola dei Serbatoi*

I risultati analitici relativi allo stato qualitativo rilevato nelle acque dei n°5 piezometri di prima falda sono riportati nella Tabella 7 - Allegato 3b.

Dal confronto tra i valori rilevati ed i limiti previsti dal D.M. 471/99, si evidenzia il superamento delle concentrazioni massime ammissibili relativamente ai parametri Arsenico, Ferro e Manganese; di questi, il Ferro eccede in tutti i piezometri di prima falda campionati, mentre l'Arsenico e il Manganese superano in n°4 piezometri.



Non ci sono invece evidenze di superamento dei limiti previsti per le altre famiglie di parametri investigati (Composti Organici Aromatici, Idrocarburi, IPA, Composti Organoclorogenati, PCB, Clorobenzeni ed MTBE).

I valori di concentrazione relativi alle eccedenze rinvenute, descritte nel seguito, sono riassunti in Tabella 7.8 – Allegato 3. La rappresentazione grafica di tali risultati è riportata in Figura 9 - Allegato 1a.

#### 7.2.6 *Prima falda – STAP*

I risultati analitici completi relativi allo stato qualitativo delle acque del piezometro di prima falda sono riportati in Allegato 3c.

Dal confronto tra i valori rilevati ed i limiti previsti dal D.M. 471/99, si evidenzia il superamento delle concentrazioni massime ammissibili relativamente ai parametri Arsenico, Ferro, Manganese.

I valori di concentrazione relativi alle eccedenze rinvenute, descritte nel seguito, sono riassunti nella Tabella 7.9 – Allegato 3, mentre la rappresentazione grafica di tali risultati è riportata in Figura 4 - Allegato 1b.

## 8. MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

### 8.1 Caratteristiche ambientali ed idrogeologiche dell'area

La Raffineria Eni di Venezia e lo Stabilimento STAP sono situati nella zona industriale di Porto Marghera (VE), in Via dei Petroli, in un contesto fortemente industrializzato.

Le aree in esame sono delimitate a nord dalla laguna veneta, ad est dalla laguna e dal confine con l'attiguo Deposito di combustibili Petroven, ad ovest dal canale industriale Brentella, a sud dal canale industriale Vittorio Emanuele, ed occupano complessivamente una superficie di circa 112,5 ettari.

Sulla base delle informazioni ricavate nel corso delle attività di caratterizzazione ambientale, si può affermare che, da un punto geologico, tutta l'area di studio è caratterizzata da una stratificazione che può essere così schematizzata:

- strato di riporto, sede di una falda di modesto spessore (falda di riporto);
- primo strato impermeabile, base della falda di riporto;
- strato costituito da sabbie medio-fini spesso limose, sede della prima falda;
- secondo strato impermeabile costituito da limi argillosi, base della prima falda;

Per la stratigrafia dei sondaggi e dei piezometri realizzati si rimanda all'Allegato 5, mentre in Allegato 2 sono riportate alcune sezioni geologiche significative.

### 8.1.1 *Strato di riporto*

Lo strato di riporto è costituito da un primo spessore di materiale eterogeneo (primo strato di riporto), di pezzatura variabile (da piano campagna fino circa 0,5 - 0,8 m di profondità in Isola dei Serbatoi e fino a circa 1 m di profondità in Isola di Raffineria); si va dalle sabbie medie miste a limi, presenti nelle aree meno antropizzate dell'Isola dei Serbatoi, alle ghiaie miste a ciottoli utilizzate per i sottfondi stradali e per i cordoli lato strada di Raffineria.

Al di sotto si trova uno spessore (variabile tra 1,5 m e 2 m) di terreno di riporto (secondo strato di riporto) più omogeneo costituito da limi e sabbie fini.

In alcune zone dell'Isola dei Serbatoi lo strato di riporto è costituito da materiale fangoso di colore bruno-rossastro. Sulla base delle informazioni storiche disponibili, si tratterebbe di fanghi bauxitici provenienti dagli scarti industriali utilizzati per imbonire varie zone della laguna di Venezia.

### 8.1.2 *Falda di riporto*

Primo e secondo strato di riporto ospitano un orizzonte saturo superficiale (falda di riporto) avente spessore pari a circa 2 m in Isola di Raffineria e a circa 3 m in Isola dei Serbatoi, variabile in funzione della stagionalità della falda. Si tratta di un acquifero di natura periodica, influenzato pressoché unicamente dagli eventi meteorici. Il livello di falda, al momento del rilievo freaticometrico, è stato registrato ad una profondità media di 1,2 m da piano campagna sia in Isola dei Serbatoi che in Raffineria (i.e. circa 1,3 m s.l.m.m.). A titolo esemplificativo si riporta, in Figura 8.1, l'andamento della soggiacenza da p.c. della falda di riporto in Isola di Raffineria nei diversi mesi dell'anno e le altezze delle precipitazioni medie mensili relativamente al periodo gennaio 2003 – settembre 2004.

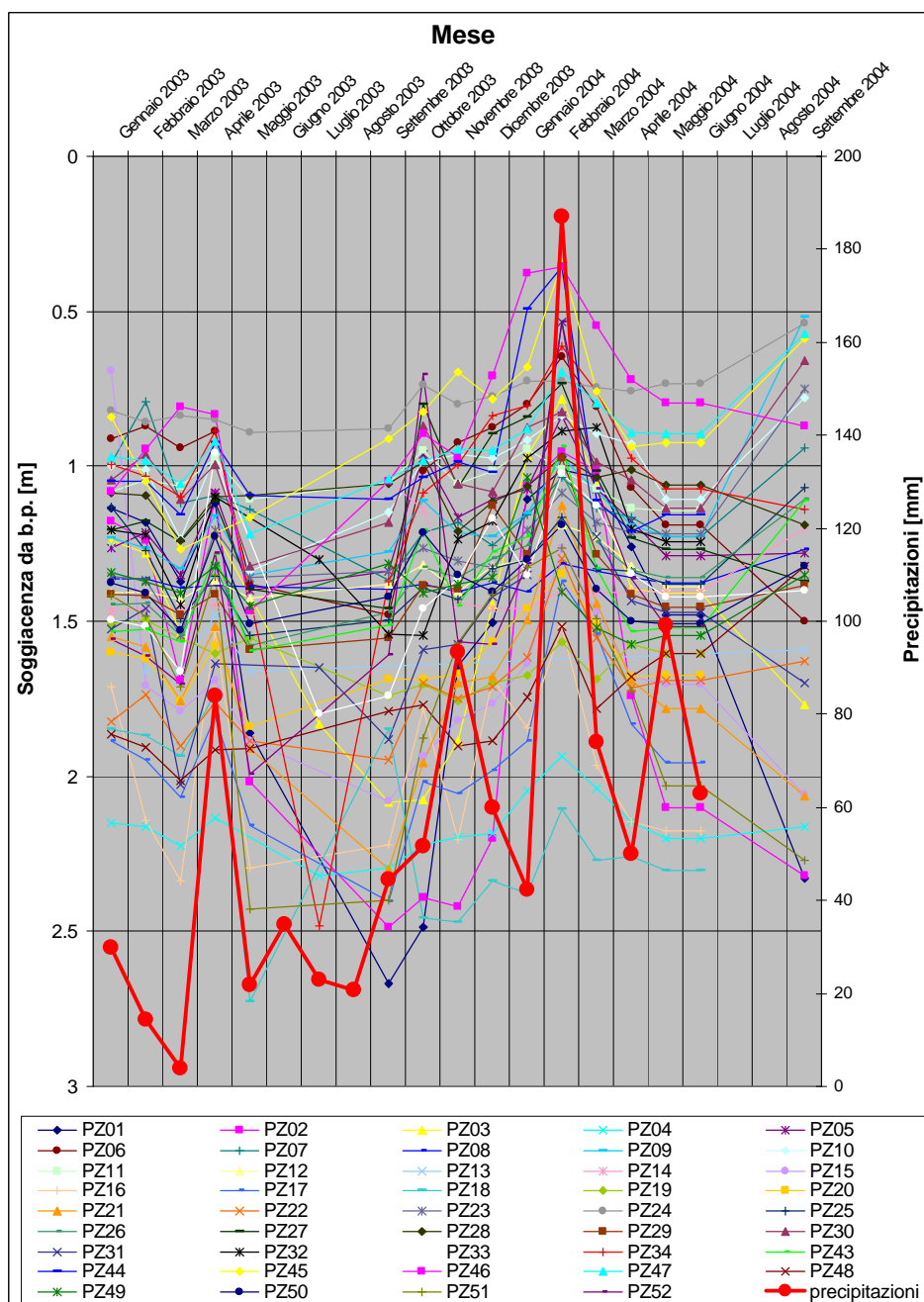
Prove idrauliche (slug test) condotte in corrispondenza della falda di riporto, hanno evidenziato una conducibilità idraulica dell'ordine di  $10^{-6} \div 10^{-8}$  m/s (cfr. paragrafo 5.7). Il primo orizzonte impermeabile in posto si attesta mediamente a 3 m di profondità da piano campagna in Isola di Raffineria e fino a 4 m in Isola dei Serbatoi.

Dal punto di vista idrogeologico, i rilievi freaticometrici condotti sui piezometri superficiali hanno permesso di ricostruire l'andamento delle isopieze (riportato in Figura 5 - Allegato 1a). La falda superficiale, nel periodo Novembre 2004, è stata riscontrata ad una quota media di 0,90 m sul livello medio del mare.

La determinazione di una direzione principale di deflusso appare difficoltosa, a causa dell'esiguità del corpo idrico sotterraneo e della probabile discontinuità causata dalle numerose lenti limose che caratterizzano alcuni strati del riporto. Si distingue tuttavia, sia in Isola di Raffineria sia in Isola dei Serbatoi la tendenza delle acque della falda di riporto a defluire verso la laguna.

Al fine di verificare l'eventuale influenza delle oscillazioni della marea, sul livello piezometrico della falda di riporto, in corrispondenza dei piezometri superficiali PZ59 e PZ41 (ubicati in Isola dei Serbatoi), è stato effettuato il monitoraggio del livello piezometrico, per un periodo di 24 ore. La misura del livello piezometrico è stata eseguita con una frequenza di acquisizione di 10 minuti. In base ai risultati ottenuti, per entrambi i piezometri, non si evidenzia un'apprezzabile oscillazione del livello piezometrico per effetto del ciclo di marea. Si suppone che ciò sia dovuto al modesto spessore dell'acquifero ed alla bassa conducibilità idraulica del materiale ivi riscontrato (cfr. paragrafo 5.7).

**Figura 8.1: Andamento della soggiacenza da p.c. della falda di riporto in Isola di Raffineria**



### 8.1.3 *Primo livello impermeabile*

Le indagini svolte hanno permesso di ricostruire l'andamento del primo livello impermeabile in posto. In tutta l'area di indagine è stato rinvenuto un livello di materiale impermeabile al di sotto dello strato di riporto, alla profondità media di circa 3 m da piano campagna in Isola di Raffineria e di 4 m in Isola dei Serbatoi.

In Isola di Raffineria le indagini profonde, condotte per la realizzazione dei piezometri in prima falda, hanno messo in evidenza che il primo livello impermeabile è costituito da una successione di sedimenti a granulometria fine (argille e limi) non sovraconsolidati e/o dalla sequenza barena-caranto (caratteristica delle aree della laguna veneziana). La sequenza stratigrafica barena-caranto è stata riscontrata in tutte le indagini profonde eseguite in Isola dei Serbatoi .

Nelle Figure 2 e 3, in Allegato 2, si riporta l'andamento delle isopache e del tetto del primo strato impermeabile naturale in posto. Come si può osservare gli spessori vanno da 1 a 3,6 m in Isola di Raffineria e superano anche gli 8 m in alcuni settori dell'Isola dei Serbatoi.

La presenza di un livello a bassa permeabilità, rinvenuto in tutti i punti di indagine effettuati, porta a ritenere falda di riporto e prima falda idraulicamente separate. Tale ipotesi potrà essere comunque verificata mediante la realizzazione di test idraulici specifici.

### 8.1.4 *Primo livello sabbioso*

Si tratta di uno strato costituito da sabbie medio-fini, sabbie limose fini e limi sabbiosi, rinvenuto al di sotto del primo strato impermeabile (sia esso costituito dalla successione barena-caranto che dal solo strato impermeabile argilloso o limoso). Tale strato di sottosuolo ha uno spessore mediamente variabile tra 1 e 4 m, con punte fino a 7 m in alcune zone dell'Isola di Raffineria e dell'Isola dei Serbatoi.

### 8.1.5 Prima falda

In tale livello sabbioso è ospitata la cosiddetta prima falda. Si tratta di una falda leggermente in pressione e dalla scarsa mobilità (il tetto impermeabile si trova a una quota media di -4 m s.l.m.m. in Isola di Raffineria e -7 m s.l.m.m. in Isola dei Serbatoi). Il livello di falda si trova a una quota media di 0,90 m s.l.m.m. in Isola dei Serbatoi, e 1,3 m s.l.m.m. in Isola di Raffineria, mentre la base della stessa (secondo livello impermeabile) si attesta a una quota media di -10 m s.l.m.m. in Isola dei Serbatoi e -9,5 m s.l.m.m. in Isola di Raffineria.

Come per la falda di riporto, per la prima falda, il cui andamento è rappresentato graficamente in Figura 6 – Allegato 1a, non si riscontra una direzione prevalente di deflusso. Ciò è attribuibile alla presumibile interazione tra le acque di prima falda e le acque della laguna che circonda la Macroisola dei Petroli, all'interno della quale si colloca la Raffineria.

A supporto di tale ipotesi, nella stessa Figura 6 (vedi anche Tabelle 5.2, 5.3 e 5.4 - paragrafo 5.6), si riportano i valori di conducibilità elettrica delle acque prelevate dai piezometri. Come si può osservare, i valori registrati nel 70% dei piezometri di prima falda sono compresi tra 30.000 e 57.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (il valore della conducibilità elettrica misurato nelle acque della Darsena è pari a 51.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); è quindi presumibile una significativa interazione tra le acque della laguna e quelle della prima falda. Da un esame della distribuzione delle quote assolute del letto della prima falda, unitamente alla batimetria dei canali circostanti l'Isola di Raffineria e dei Serbatoi, illustrata nella Figura 4 in Allegato 2, è possibile verificare come la quota del letto della prima falda si assesti a profondità analoga a quella dei canali Vittorio Emanuele III e delle Tresse. Per quanto concerne il canale Brentella si stima una profondità dello stesso ordine dei canali sopra menzionati.

L'insieme dei canali preclude pertanto la possibilità di una significativa alimentazione da monte idrogeologico. La prima falda risulta quindi un corpo idrico potenzialmente statico e scarsamente alimentato da acque dolci.

Da un confronto dei carichi piezometrici di prima falda con quelli della falda di riporto (relativi a novembre 2004), si evidenzia che i livelli di prima falda, nella quasi totalità delle isole, risultano mediamente inferiori a quelli della falda di riporto. Il confronto dei livelli piezometrici è stato effettuato sia correggendo i livelli di prima falda in funzione di una densità dell'acqua stimata in base alla conducibilità elettrica delle acque, sia in assenza della correzione. In particolare, in entrambe le situazioni il livello della falda di riporto risulta circa di 0,5-0,7 m superiore a quello della prima falda.

In fase di esecuzione dei test a portata costante eseguiti sui piezometri profondi PZ54 e PZ68, è stato possibile verificare in continuo, per un periodo di 4/5 giorni, l'influenza del ciclo di marea sul livello piezometrico della prima falda.

Come si può osservare dai grafici di seguito riportati (Figure 8.2 e 8.3), a seguito di un'oscillazione di marea dell'ordine di +/- 40 cm, si ha un'oscillazione del livello piezometrico della prima falda dell'ordine di +/- 5 cm.

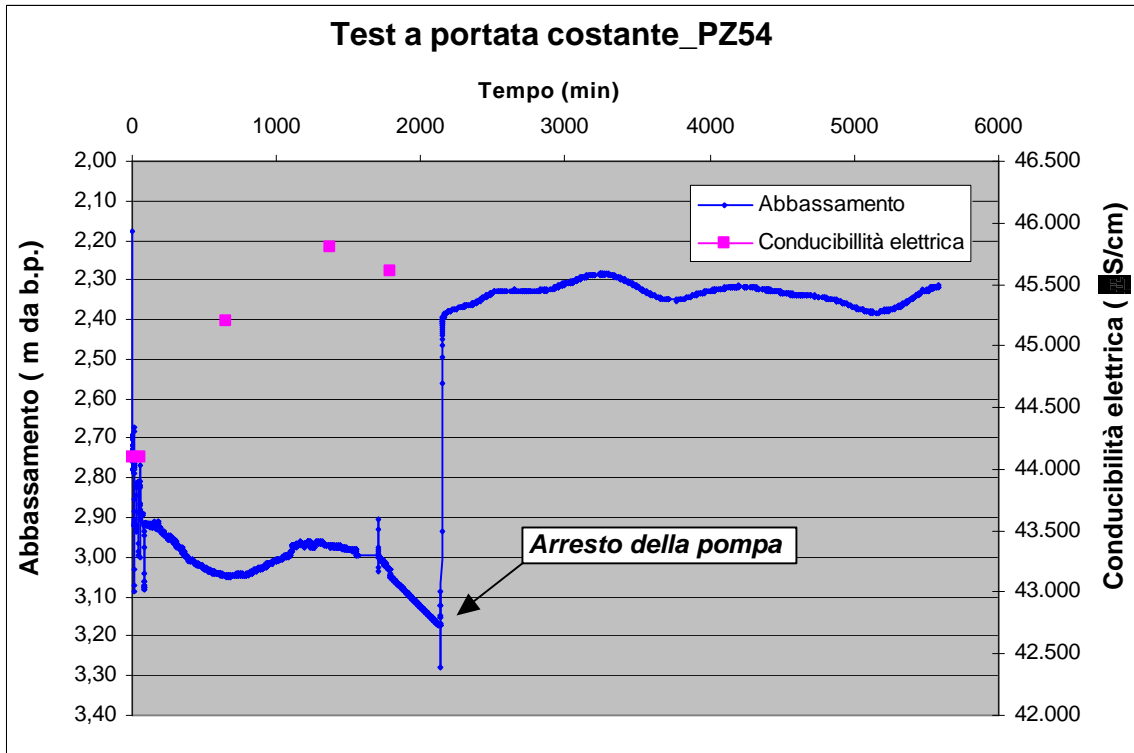
L'oscillazione del livello piezometrico di prima falda (cfr. paragrafo 5.8), unitamente al valore di conducibilità elettrica\* delle acque emunte, conferma quanto sopra esposto.

---

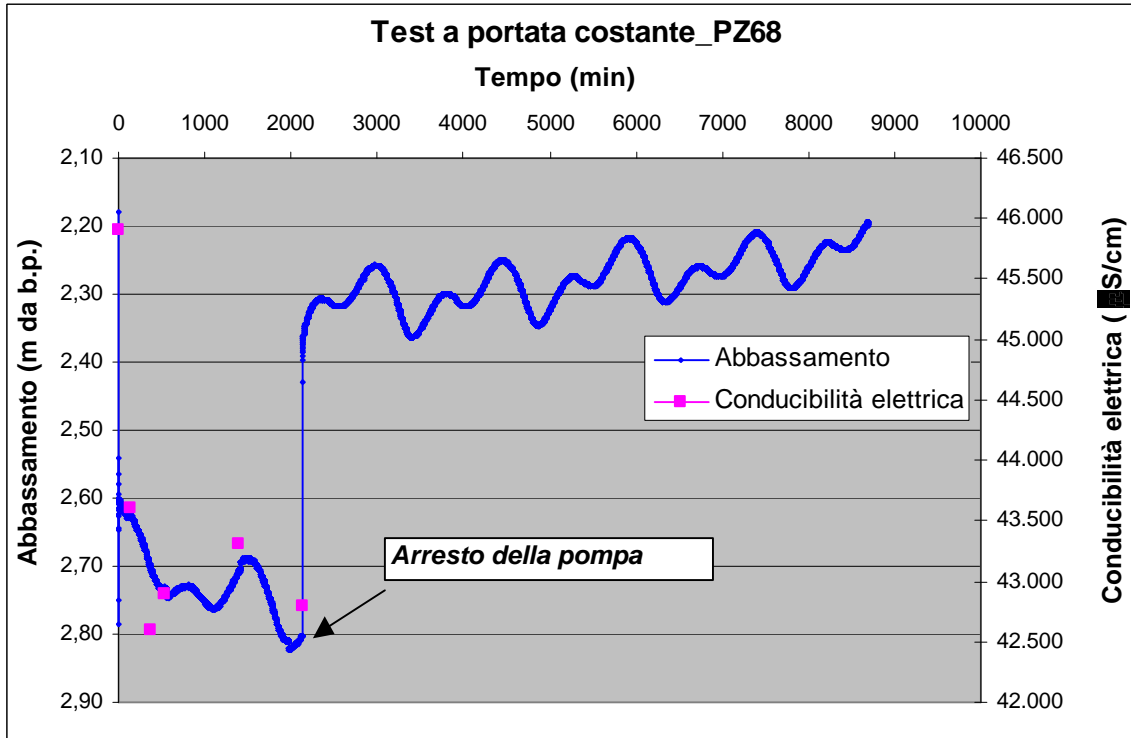
\* Il valore di conducibilità elettrica riscontrato in PZ68 durante il test idraulico (circa 45.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) risulta superiore a quello riscontrato (9000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nel medesimo piezometro nel corso del monitoraggio delle acque (Figura 5 - Allegato 1a); poiché durante il test il dato è stato acquisito più volte, il valore di 9000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  è stato pertanto ritenuto meno attendibile.



**Figura 8.2: Test a portata costante PZ54**



**Figura 8.3: Test a portata costante  
PZ68**

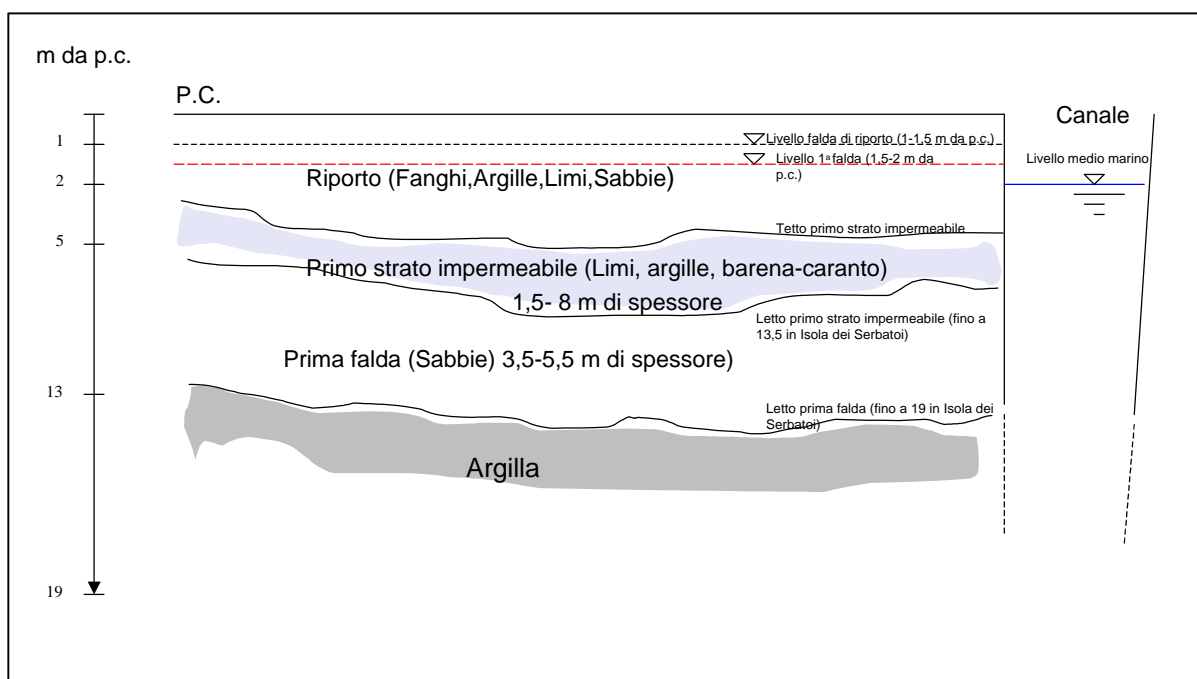


### 8.1.6 Secondo livello impermeabile

Rappresenta la base della prima falda, si trova a una quota media di -10 m s.l.m.m. in Isola dei Serbatoi e -9,5 m s.l.m.m. in Isola di Raffineria, ed è prevalentemente costituito da argille limose o limi argillosi. Nessun sondaggio effettuato ha attraversato questo orizzonte impermeabile e non è stato pertanto possibile indagarne lo spessore.

La seguente Figura 8.4 sintetizza quanto descritto sino ad ora riguardo alle caratteristiche idrogeologiche principali del sito, mentre nelle Figure 1a÷1h, in Allegato 2, è riportata la rappresentazione grafica di alcune sezioni geologiche interne all'Isola di Raffineria e all'Isola dei Serbatoi.

**Figura 8.4: Schema del modello concettuale idrogeologico**



## 8.2 Stato qualitativo delle matrici ambientali

Dall'elaborazione dei risultati delle analisi chimiche condotte sui campioni di suolo prelevati nell'ambito degli interventi integrativi di caratterizzazione ambientale (luglio-ottobre 2004) e dal confronto dei risultati analitici ottenuti con i limiti previsti dal D.M. 471/99 per le aree ad uso commerciale ed industriale, si evince la presenza di non conformità, relative sia a composti inorganici sia a sostanze organiche, negli strati di sottosuolo indagati limitatamente ai primi 5 m di sottosuolo.

In particolare, la contaminazione è da attribuire ai seguenti parametri ricercati:

- Metalli (As, Sb, Cd, Hg, Cu, Pb e Zn);
- BTEXS;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici;
- Composti Organo-alogenati;
- Clorobenzeni;
- Idrocarburi Leggeri (C<12) e Pesanti (C>12);
- Diossine.

La contaminazione da metalli interessa gli strati di terreno di riporto, in particolare nella Zona Nord-Est e nell'Isola dei Serbatoi.

La causa di tale contaminazione è imputabile alla singolare stratigrafia delle aree indagate, dovuta alla loro realizzazione mediante l'utilizzo di materiali di riporto provenienti dalle adiacenti zone industriali.

Gli Idrocarburi Leggeri (C<12) e Pesanti (C>12), in Raffineria e in Zona Nord-Est, nei primi metri di sottosuolo, sono distribuiti più o meno uniformemente in tutta l'Isola di Raffineria, mentre in Isola dei Serbatoi, il relativo numero di eccedenze rappresenta una frazione molto limitata sul totale dei campioni prelevati, limitatamente agli Idrocarburi Pesanti.

Tra gli altri parametri indagati, il Benzene, gli IPA e i Composti Organo-alogenati eccedono i limiti normativi principalmente in Raffineria e Zona Nord-Est, con distribuzione puntuale, mentre le Diossine sono presenti in concentrazione superiore al limite normativo in Isola dei Serbatoi, nell'area incolta posta oltre la recinzione fiscale.

Lo stato qualitativo delle acque sotterranee del sito, definito attraverso la caratterizzazione analitica, è complessivamente caratterizzato dalla presenza di metalli e composti organici in concentrazioni eccedenti i limiti di legge.

In particolare la contaminazione della falda di riporto è da attribuire ai seguenti parametri:

- Metalli (Fe, Mn, As, Sb, Al, Pb, Ni, Cd e Cr tot) e fluoruri;
- BTEXS;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici;
- Composti Organo-alogenati;
- Clorobenzeni;
- PCB;
- MTBE.

Nella falda di riporto, per quanto riguarda i metalli, è presente una contaminazione di tipo diffuso; le eccedenze più rilevanti riguardano il Manganese, che supera il limite normativo pressoché in tutti i piezometri di riporto campionati, il Ferro e l'Arsenico.

Le principali eccedenze di composti organici in Isola di Raffineria riguardano gli IPA (Benzo(a)pirene e Benzo(g,h,i)perilene), rinvenuti in concentrazione superiore al limite principalmente nel settore Sud-Est del sito. Gli Idrocarburi Aromatici risultano non conformi al limite in alcuni dei piezometri ubicati nella parte Nord-Est delle aree indagate, mentre le eccedenze riscontrate per gli Idrocarburi Totali interessano cinque piezometri (tre dei quali in Raffineria e due in Zona Nord-Est), tutti ubicati lungo il confine Sud-Ovest della rispettiva area di appartenenza.

I composti organo-alogenati superano in due soli piezometri di riporto, entrambi ubicati in Raffineria, mentre i PCB sono presenti solamente nel settore sud-orientale della Zona Nord-Est.

I superamenti riscontrati per il parametro MTBE, infine, riguardano soprattutto i piezometri ubicati nell'area di Raffineria.

In Isola dei Serbatoi, invece, i BTEXS, gli Idrocarburi Totali e le sostanze organo-alogenate sono conformi ai limiti previsti dalla normativa vigente in tutti i piezometri campionati, mentre gli IPA e i PCB eccedono il limite normativo, rispettivamente in un unico piezometro.

Rispetto a quanto riscontrato per la falda di riporto, il quadro idrochimico relativo alla prima falda è generalmente migliore.

Le eccedenze riscontrate nei campioni di acqua di prima falda prelevati nei piezometri indagati sono relative principalmente ai composti inorganici. In particolare, in Isola dei Serbatoi si rilevano concentrazioni superiori ai limiti normativi per l'Arsenico, la cui presenza è diffusa pressoché in tutti i piezometri profondi perimetrali, il Manganese, il Ferro e il Nichel. Per quest'ultimo è stata rilevata una sola eccedenza localizzata a Sud – Ovest dell'isola (PZ58), in prossimità della laguna.

Si ritiene che le non conformità riscontrate nella prima falda (esclusivamente sostanze inorganiche quali arsenico, manganese e ferro) non siano attribuibili alle lavorazioni

tipiche della Raffineria, ma possano derivare da fenomeni naturali di mobilizzazione in fase disciolta di tali sostanze (grazie alle condizioni fortemente riducenti presenti nell'acquifero), naturalmente presenti nella matrice solida costituente l'acquifero della prima falda (depositi sabbioso/limosi di origine lagunare).

A tale proposito, la Raffineria ha già preso contatti con ARPAV per procedere ad un approfondimento di tali tematiche, mediante analisi dei dati pregressi e sviluppo di attività sperimentali, secondo quanto indicato nel documento EniTecnologie *“Presenza di Arsenico nelle acque sotterranee a Porto Marghera- Proposta di ricerca”* riportato nel documento *“Elaborato relativo alla Messa in Sicurezza d’Emergenza dei suoli e delle acque sotterranee”* redatto nel Novembre 2004 - Allegato1 cui si rimanda (cfr. paragrafo 8.2.1).

Per quanto riguarda i composti organici investigati, le uniche eccedenze riguardano gli IPA (Benzo(a)pirene e Benzo(g,h,i)perilene) e l'MTBE, limitatamente ai piezometri PZ54 e PZ63 rispettivamente, entrambi ubicati lungo il confine Sud-Est dell'Isola di Raffineria.

## 9. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto emerso nel corso degli interventi di caratterizzazione ambientale, svolti nel periodo luglio-novembre 2004, è stato possibile delineare il quadro idrogeologico e lo stato qualitativo del sottosuolo di pertinenza della Raffineria Eni R&M di Venezia e dell'adiacente Stabilimento Produzione Lubrificanti e Grassi (STAP).

I risultati delle elaborazioni dei dati morfologici, geologici e idrogeologici rilevati, nel corso della campagna integrativa di indagine, hanno evidenziato la presenza di uno strato di riporto avente uno spessore mediamente variabile tra 1,5 e 4 m in cui risiede la cosiddetta "falda di riporto", di natura periodica, la cui tavola d'acqua si trova a una quota media di 1,2 m s.l.m.m.. La base di tale acquifero è costituita da uno strato impermeabile in posto costituito dalla successione barena-caranto o da materiali argillosi o limosi.

Al di sotto di tale strato di spessore variabile si trova uno strato di sabbie limose con intercalazioni limoso-argillose, sede della prima falda. Il complesso litologico rappresentato dallo strato impermeabile che si rinviene ad una profondità compresa tra 3 e 4 m da piano campagna costituisce elemento di separazione idraulica tra la falda superficiale di riporto e la falda profonda.

Le prove idrauliche e i test di portata (Slug Test), condotti su alcuni piezometri interni al sito, hanno permesso una più approfondita comprensione dell'assetto geologico ed idrogeologico del sito, nonché della mobilità dell'eventuale contaminazione nelle falde.

Il grado di contaminazione dei suoli, definito attraverso la caratterizzazione analitica, è dovuto sia alla presenza di sostanze inorganiche sia a composti organici eccedenti i limiti normativi. Confrontando i risultati analitici dei campioni di suolo prelevati, con i limiti previsti dal D.M. 471/99 per le aree ad uso Commerciale ed Industriale, si evidenzia la presenza di non conformità diffuse nei primi metri di sottosuolo (profondità inferiore a 5 m da p.c.), in diverse zone dell'Isola di Raffineria e dell'Isola dei Serbatoi.



Per i metalli, le eccedenze più rilevanti riguardano i parametri Arsenico, Piombo, Zinco, Cadmio, Mercurio, Antimonio e Rame, presenti in tutte le aree indagate, con valori più elevati nell'Isola dei Serbatoi e nella Zona Nord-Est dell'Isola di Raffineria. La contaminazione derivante da Idrocarburi Leggeri (C<12) e Pesanti (C>12) a carico del sottosuolo, sopra del primo strato impermeabile, rinvenuto alla profondità media di 5 m da p.c., invece, interessa principalmente l'Isola di Raffineria. In tale area, sono state riscontrate alcune eccedenze anche per i Composti Aromatici e gli IPA, mentre i Composti Organo-alogenati rispettano i limiti previsti dalla normativa vigente in tutti i campioni di suolo prelevati, ad esclusione di un unico punto interno alla Raffineria.

Il numero di eccedenze di BTEXS ed IPA rinvenuto rappresenta comunque una frazione molto limitata sul totale dei campioni prelevati.

Le Diossine, infine, superano il limite normativo nel settore Sud-Ovest dell'Isola dei Serbatoi, nell'area incolta posta oltre la recinzione fiscale, dove si hanno le eccedenze più rilevanti. Una non conformità al limite è stata riscontrata anche in Zona Nord-Est, limitatamente ad un punto di indagine.

In accordo a quanto prescritto dal MinAmb in sede di Conferenza dei Servizi Decisoria del 6 agosto 2004, ENI R&M sta provvedendo ad un approfondimento di indagine per la ricerca del parametro Diossine.

I restanti parametri analitici investigati nei campioni di suolo prelevati (Clorobenzeni e PCB) rispettano i limiti normativi in tutti i punti di indagine realizzati.

Per quanto riguarda la qualità delle acque di falda, in corrispondenza dei piezometri costituenti la rete di monitoraggio presenti in sito, si è rilevato che la contaminazione dell'orizzonte acquifero superficiale (falda di riporto) è di tipo diffuso per quanto riguarda i composti inorganici e riguarda principalmente Manganese e Ferro; puntuali sono invece le eccedenze rispetto ai limiti fissati dal D.M. 471/99, relativamente agli altri analiti investigati (principalmente Idrocarburi Totali, BTEXS e IPA).

Per quanto concerne la prima falda, si evidenzia la presenza diffusa di composti inorganici (Arsenico, Manganese e Ferro); si ritiene che tali non conformità siano attribuibili a fenomeni naturali di mobilizzazione in fase disciolta di tali sostanze (grazie alle condizioni fortemente riducenti presenti nell'acquifero), naturalmente presenti nella matrice solida costituente l'acquifero della prima falda (depositi sabbioso/limosi di origine lagunare). A tale proposito la Raffineria ENI R&M ha già preso contatti con ARPAV per procedere ad un approfondimento di tali tematiche, mediante analisi dei dati pregressi, sviluppo di attività sperimentali e monitoraggi periodici, per valutare l'origine e l'andamento temporale della presenza di sostanze inorganiche (rif. Allegato 1 del documento *"Elaborato relativo alla Messa in Sicurezza d'Emergenza dei suoli e delle acque sotterranee"* - Novembre 2004).

Sulla base del quadro ambientale sopra riportato, alla luce di quanto emerso dal modello concettuale delineato, ENI R&M ha predisposto nei mesi scorsi le strategie d'intervento per l'attenuazione e/o la completa eliminazione delle criticità ambientali riscontrate, che sta nel contempo implementando. A tale scopo ENI R&M e STAP stanno procedendo ad attrezzare con idonei sistemi Pump & Treat alcuni piezometri, la cui ubicazione è illustrata nella planimetria di Figura 10 – Allegato 1a e nella Figura 5 – Allegato 1b. Contestualmente ENI R&M e STAP stanno provvedendo a sviluppare un'analisi di rischio al fine di stimare il potenziale rischio indotto dalla presenza degli hot-spot presenti nei suoli e nelle acque. Tale analisi di rischio viene condotta secondo i criteri indicati nel documento APAT, ISS e ARPAV *"Proposta di criteri di valutazione analisi di rischio per il sito di interesse nazionale di Porto Marghera"*

Inoltre, sulla base dei risultati della caratterizzazione integrativa e delle valutazioni sopra esposte, in merito alle azioni di messa in sicurezza, necessarie alla risoluzione delle criticità riscontrate, la Raffineria ENI R&M di Venezia ha preso contatti con il Magistrato alle Acque ed il Consorzio Venezia Nuova al fine di valutare le possibili sinergie nell'ambito degli interventi di bonifica/messa in sicurezza delle acque sotterranee.

I risultati dell'analisi di rischio, attualmente in fase di elaborazione, saranno consegnati alla fine del mese di Gennaio 2005, mentre il Progetto Preliminare di Bonifica dei Suoli e del Progetto Definitivo di Bonifica delle Acque Sotterranee, secondo quanto prescritto dal MinAmb in sede di Conferenza dei Servizi del 13 Dicembre 2004, saranno trasmessi indicativamente entro il 28/2/05.

## Allegato 1a

- Figura 1: Planimetria generale della Raffineria di Venezia (Isola dei Serbatoi e Isola di Raffineria)
- Figura 2: Planimetria con l'ubicazione dei sondaggi eseguiti e dei campionamenti di top-soil
- Figura 3: Rete di monitoraggio delle acque di falda (riporto e prima falda)
- Figura 4: Planimetria con l'ubicazione dei punti campionati in contraddittorio con ARPAV
- Figura 5: Freatimetria della falda di riporto (novembre '04)
- Figura 6: Freatimetria della prima falda (novembre '04)
- Figura 7: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nei suoli
- Figura 7a: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze a carico di Diossine rinvenute nei top-soil – Isola dei Serbatoi
- Figura 7b: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze a carico di Diossine rinvenute nei top-soil – Area Nord-Est
- Figura 8: Planimetria con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nelle acque di falda di riporto

## ALLEGATO 1b

- Figura 1: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione dei punti di indagine
- Figura 2: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nei suoli
- Figura 3: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nelle acque di riporto
- Figura 4: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione delle eccedenze rinvenute nelle acque di prima falda
- Figura 5: Planimetria dello Stabilimento STAP con l'ubicazione dei sistemi di trattamento Pump & Treat in fase di esecuzione

## **ALLEGATO 2**

- Figura 1a: Sezione geologica A-A' in area di Raffineria
- Figura 1b: Sezione geologica B-B' in area di Raffineria
- Figura 1c: Sezione geologica C-C' in Zona Nord-Est
- Figura 1d: Sezione geologica D-D' in Isola dei Serbatoi
- Figura 1e: Sezione geologica E-E' in Isola dei Serbatoi
- Figura 1f: Sezione geologica F-F' in Isola dei Serbatoi
- Figura 1g: Sezione geologica G-G' in Isola dei Serbatoi
- Figura 2: Isopache del primo strato impermeabile naturale in posto
- Figura 3: Tetto del primo strato impermeabile naturale in posto
- Figura 4: Base della prima falda – Secondo livello impermeabile

## **ALLEGATO 3a**

Tabulati delle analisi chimiche dei suoli – Isola di Raffineria

Tabulati delle analisi chimiche delle acque sotterranee – Isola di Raffineria

---

Gennaio 2005  
Rev. 0  
87 di 93

Eni S.p.A. – Divisione Refining & Marketing  
Raffineria Eni e Stabilimento STAP di Porto Marghera (VE)  
Relazione Tecnica Descrittiva delle attività  
integrative di Caratterizzazione Ambientale  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0220*

## **ALLEGATO 3b**

Tabulati delle analisi chimiche dei suoli – Isola dei Serbatoi

Tabulati delle analisi chimiche delle acque sotterranee – Isola dei Serbatoi

---

Gennaio 2005  
Rev. 0  
88 di 93

Eni S.p.A. – Divisione Refining & Marketing  
Raffineria Eni e Stabilimento STAP di Porto Marghera (VE)  
Relazione Tecnica Descrittiva delle attività  
integrative di Caratterizzazione Ambientale  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0220*



## **ALLEGATO 3c**

Tabulati delle analisi chimiche dei suoli – STAP

Tabulati delle analisi chimiche delle acque sotterranee – STAP

## **ALLEGATO 4**

Certificati analitici dei suoli – Isola di Raffineria

Certificati analitici delle acque sotterranee – Isola di Raffineria

Certificati analitici dei suoli – Isola dei Serbatoi

Certificati analitici delle acque sotterranee – Isola dei Serbatoi

## **ALLEGATO 5**

### Risultati Slug Test

Stratigrafie dei sondaggi e dei piezometri integrativi

Tabella dei parametri chimico-fisici delle acque sotterranee

## **ALLEGATO 6**

### Documentazione Fotografica

---

Gennaio 2005  
Rev. 0  
92 di 93

Eni S.p.A. – Divisione Refining & Marketing  
Raffineria Eni e Stabilimento STAP di Porto Marghera (VE)  
Relazione Tecnica Descrittiva delle attività  
integrative di Caratterizzazione Ambientale  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0220*

## **ALLEGATO 7**

### Rilievo topografico

---

Gennaio 2005  
Rev. 0  
93 di 93

Eni S.p.A. – Divisione Refining & Marketing  
Raffineria Eni e Stabilimento STAP di Porto Marghera (VE)  
Relazione Tecnica Descrittiva delle attività  
integrative di Caratterizzazione Ambientale  
*Contratto FWIENV n° 1-BH-0220*