

Preparato per:
Edison S.p.A.
via per Statte s.n.
74100 Taranto



Analisi di Rischio sito specifica per lo stabilimento Edison di Taranto ai sensi del D.Lgs. 152/2006

ENSR Italia S.r.l.
Ottobre 2006
R.10/11048039

Preparato per:
Edison S.p.A.
via per Statte s.n.
74100 Taranto

Analisi di Rischio sito specifica per lo stabilimento Edison di Taranto ai sensi del D.Lgs. 152/2006

Preparato da S. Ceccon, C. Perozzo

Rivisto da R. Scazzola, A. Tognoni

Approvato da R. Ruggeri

ENSR Italia S.r.l.
Ottobre 2006
R.10/11048039

Indice

1.0 Introduzione.....	1-1
1.1 Riepilogo dell'iter amministrativo e obiettivi del documento.....	1-1
2.0 Risultati delle indagini del luglio 2006.....	2-1
2.1 Monitoraggio delle acque di falda	2-1
2.1.1 Falda superficiale	2-1
2.1.2 Falda profonda	2-2
2.2 Indagini integrative per la determinazione di parametri sito-specifici	2-2
2.2.1 Fingerprint degli idrocarburi	2-3
2.2.2 Analisi granulometrica.....	2-3
2.2.3 Carbonio Organico Totale.....	2-4
3.0 Aspetti generali dell'Analisi di Rischio.....	3-1
3.1 Premessa.....	3-1
3.2 Principali riferimenti bibliografici e approccio metodologico.....	3-1
3.3 Criteri di accettabilità del rischio.....	3-2
3.4 Assunzioni generali e limitazioni	3-3
3.5 Parametri chimico-fisici e tossicologici dei contaminanti indice.....	3-4
4.0 Modello Concettuale	4-1
4.1 Sintesi delle caratteristiche ambientali sito specifiche.....	4-1
4.1.1 Geologia	4-1
4.1.2 Idrogeologia.....	4-2
4.1.3 Matrici ambientali considerate	4-2
4.1.4 Altri parametri.....	4-3
4.1.5 Caratteristiche delle aree sorgenti e selezione dei contaminanti indice	4-3
4.1.6 Identificazione dei recettori e parametri d'esposizione	4-6
4.1.7 Percorsi di migrazione ed esposizione.....	4-6
4.1.8 Descrizione di dettaglio della modellazione dei percorsi di inalazione outdoor e indoor	4-8
5.0 Risultati dell'Analisi di Rischio	5-1
5.1 Terreni insaturi	5-1
5.2 Acque di falda superficiale	5-2
6.0 Conclusioni.....	6-1
7.0 Bibliografia.....	7-1
Elenco delle Tavole.....	ii
Elenco degli Allegati.....	iii

1.0 Introduzione

ENSR Italia S.r.l. (nel seguito ENSR) in nome e per conto della Società EDISON S.p.A. (nel seguito EDISON), ha predisposto il presente documento costituente l'Analisi di Rischio sito-specifica (AdR) ai sensi del D.Lgs. 152/06 dello stabilimento Edison di Taranto, ubicato nel complesso industriale in via per Statte s.n., nel comune di Taranto.

1.1 Riepilogo dell'iter amministrativo e obiettivi del documento

Il presente documento si inserisce in un iter autorizzativo che ha visto lo svilupparsi di tutte le fasi conoscitive e progettuali previste dalla normativa allora in vigore (Ex D.M. 471/99). Di seguito è riportato il repertorio della documentazione prodotta e delle attività svolte sul sito in oggetto.

La procedura di Caratterizzazione Ambientale ex art. 9 del DM 471/99 delle centrali ex ISE di Taranto è stata attivata, per iniziativa della società ISE S.r.l. in data 01 Marzo 2001.

Il piano d'indagine, descritto nel documento "Piano di Caratterizzazione - Relazione Tecnica Descrittiva" è stato redatto dal Dr. Ing. C. Fornaro e dal Dr. Geol. C. Altavilla per conto di ISE S.r.l. e consegnato agli Enti competenti il 26 marzo 2001.

Il documento suddetto è stato approvato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio durante la Conferenza dei Servizi decisoria del 25/07/2002, svoltasi presso il Ministero dell'Ambiente a Roma (prot. verbale C.d.S. n. 7794/Ri.Bo./Di/B).

Il piano d'indagine è stato successivamente integrato sulla base delle richieste emerse nel corso della riunione tecnica con le Pubbliche Amministrazioni locali (Provincia di Taranto e ARPA di Taranto), tenutasi in data 28/01/2004 presso gli uffici della centrale ISE.

Le indagini di prima fase, in accordo con gli Enti locali, sono state eseguite nel periodo Febbraio – Maggio 2004. Le attività periodiche di monitoraggio dei livelli piezometrici e dello stato qualitativo delle acque di falda si sono invece protratte per un periodo di almeno 17 mesi.

I risultati dell'indagine suddetta ed il modello concettuale preliminare dello stabilimento sono stati descritti nel documento "Relazione della Caratterizzazione e Modello Concettuale dello stabilimento Edison di Taranto", n. doc. R.3/11048008, consegnata agli Enti di Controllo nel febbraio 2005.

Sulla base delle richieste del Ministero dell'Ambiente e del Territorio formulate durante la Conferenza dei Servizi decisoria del 15 settembre 2005 ed in accordo con quanto descritto nel Piano della Caratterizzazione approvato il 25 luglio 2002, è stata predisposta una campagna di indagini di seconda fase, al fine di "infittire le indagini di caratterizzazione fino a raggiungere un numero di punti di campionamento equivalente a quello risultante dall'adozione di una griglia con maglia di lato di 50 ". Come richiesto durante la Conferenza dei Servizi sopra citata, il numero e l'ubicazione esatta dei sondaggi integrativi è stato concordato con gli Enti Locali, durante una riunione tecnica con ARPA di Taranto e Provincia di Taranto, tenutasi presso lo stabilimento Edison di Taranto in data 20 settembre 2005.

Nel periodo Ottobre – Novembre 2005 sono state eseguite le indagini integrative di seconda fase per la caratterizzazione ambientale del sottosuolo dello stabilimento in esame.

Durante la Conferenza dei Servizi decisoria del 15 Settembre 2005 furono inoltre verbalizzate le seguenti richieste:

"2) atteso che le campagne analitiche effettuate sulle acque di falda hanno evidenziato una notevole variabilità delle concentrazioni riscontrate, è necessario proseguire le campagne di monitoraggio, in

accordo con l'Ente di controllo, fornendo indicazioni puntuali circa le modalità di campionamento e di effettuazione delle analisi;

Pur sottolineando come la “notevole variabilità” riscontrata nei risultati delle campagne analitiche sia da ricondursi alla complessità dell’acquifero sottostante non solo l’area Edison, ma l’intera zona industriale di Taranto e pur ritenendo solo parziale il contributo di ulteriori indagini nella sola zona di proprietà Edison, è stata prevista una fase di indagine integrativa delle acque di falda, pianificata in conformità con le prescrizioni pervenute.

Le modalità di campionamento e le metodiche di analisi per la prosecuzione del monitoraggio delle acque di falda sono state discusse e concordate con ARPA di Taranto e Provincia di Taranto durante la riunione tecnica del 21 dicembre 2005, avvenuta presso lo stabilimento Edison di Taranto.

Il “Protocollo di indagine delle acque di falda dello stabilimento Edison di Taranto”, n. doc. R.3/11048039, che descrive le modalità di campionamento e di analisi, è stato inviato agli Enti il 20 gennaio 2006.

Il documento suddetto è stato approvato dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio durante la Conferenza dei Servizi decisoria del 13/03/2006, svoltasi presso il Ministero dell’Ambiente a Roma (prot. verbale C.d.S. n. 5988/adv/VII/VIII/IX).

Dal 24 gennaio 2006 è iniziato il monitoraggio bimestrale della qualità delle acque di falda, secondo le modalità operative contenute nel Protocollo di indagine sopra indicato e, successivamente, le prescrizioni pervenute durante la Conferenza dei Servizi del 13/03/2006.

I risultati complessivi delle indagini di caratterizzazione ed il modello concettuale dello stabilimento sono stati descritti nella “Relazione delle Indagini di Caratterizzazione e Modello Concettuale dello stabilimento Edison di Taranto”, n. ENSR R.4/11048039, inviata agli Enti competenti il 21 Aprile 2006.

Durante la Conferenza dei Servizi del 15/09/2005, il MATT ha richiesto ad Edison immediati interventi di messa in sicurezza d’emergenza delle acque di falda. In seguito a tali richieste, Edison S.p.A. ha presentato ricorso al Tribunale Amministrativo Regionale per la Puglia – Lecce (Reg. Gen. 2009/2005).

Il Tribunale Amministrativo Regionale di Lecce, con Ordinanza del 7 giugno 2006 (Reg. n. 628/2006), ha disposto l’annullamento, previa sospensione dell’esecuzione, di quanto disposto al punto 8 dell’ordine del giorno del verbale della Conferenza di Servizi decisoria tenutasi presso gli Uffici del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio in data 15 settembre 2005, nonché di quanto disposto al punto 5 dell’ordine del giorno del verbale della Conferenza di Servizi decisoria tenutasi presso gli uffici del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio in data 13 marzo 2006.

Nella medesima Ordinanza il Tribunale Amministrativo Regionale di Lecce ha richiesto ad Edison di presentare all’autorità competente l’istanza prevista dall’art. 265 quarto comma del Decreto Lgs. n. 152/2006: *“...può essere presentata all'autorità competente adeguata relazione tecnica al fine di rimodulare gli obiettivi di bonifica già autorizzati sulla base dei criteri definiti dalla parte quarta del presente decreto. L'autorità competente esamina la documentazione e dispone le varianti al progetto necessarie”*.

In data 30 Giugno 2006 Edison ha inviato un “Istanza ai sensi dell’art.265, comma 4, D. Lgs. 152/06 avente ad oggetto “Intervento di bonifica di interesse nazionale sito di Taranto. Presentazione Relazione Tecnica di rimodulazione degli interventi di bonifica” in cui dichiarava che si sarebbe avvalsa della facoltà prevista dell’art. 265 comma 4°, D.Lgs. 152/06 chiedendo la rimodulazione degli obiettivi di risanamento relativi al sito di Taranto.

Pertanto, in ottemperanza al D.Lgs. 152/06 e sulla base dei dati aggiornati acquisiti a seguito delle indagini integrative, l’obiettivo del presente documento è la definizione della mappatura della contaminazione e quindi la definizione degli obiettivi di bonifica del sito ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

Si evidenzia il fatto che le precedenti fasi conoscitive e progettuali dell'iter in oggetto sono state condotte in obbedienza al D.M. 471/1999. Il presente documento fa riferimento alla nuova normativa recentemente introdotta con la Parte Quarta Titolo V del D.Lgs. 152/06 che consente, per i gradi di approvazione successivi alla sua entrata in vigore, di adeguare il progetto alle nuove norme.

2.0 Risultati delle indagini del luglio 2006

2.1 Monitoraggio delle acque di falda

Per la descrizione completa delle modalità operative di campionamento e dei risultati delle indagini di monitoraggio della qualità delle acque di falda svolte nei giorni 17-21 luglio 2006 presso lo stabilimento Edison di Taranto si rimanda al documento ENSR “*Monitoraggio delle acque di falda dello stabilimento Edison di Taranto - Campagna del 17 Luglio 2006*” (n. doc. R.9/11048039).

Di seguito si fornisce una sintesi dei risultati emersi dalla sessione di monitoraggio suddetta.

2.1.1 Falda superficiale

I parametri per i quali, durante la campagna di monitoraggio eseguita, sono state rilevate concentrazioni superiori ai limiti normativi sono:

- arsenico
- manganese
- cianuri
- solfati

In aggiunta, le analisi hanno rilevato valori significativi di cloruri, comprese tra 1.370.000 e 8.860.000 µg/l, che classificano le acque prelevate dalla falda superficiale come “acque saline” (tenori in Cl⁻ > 1.000.000 µg /l).

I dati raccolti confermano quanto già espresso in merito alle concentrazioni di ioni disciolti e del contenuto salino della falda superficiale nel documento “Relazione delle Indagini di Caratterizzazione e Modello Concettuale dello stabilimento Edison di Taranto, n. doc. ENSR R.4/11048039” datato marzo 2006.

Di seguito vengono discussi i risultati dei parametri per i quali, nel corso della campagna di monitoraggio del 17 – 21 luglio 2006, sono state rilevate concentrazioni superiori ai limiti di riferimento del D.M. 471/99. Viene inoltre descritto l’andamento di tali parametri nel tempo, confrontando i risultati emersi durante la presente sessione di monitoraggio con le sessioni di monitoraggio eseguite da gennaio 2006.

Elementi inorganici

- **Arsenico**, valore limite stabilito dal D.M. 471/99: 10 µg/l. La contaminazione, non generalizzata in tutto il sito, interessa principalmente la porzione occidentale dello stabilimento, dove sono presenti superamenti dei limiti di legge nei punti di indagine S05 e S07. Le concentrazioni rilevate variano da 17,6 a 55,8 µg/l in S05 e S07, rispettivamente. I valori sopra descritti confermano la distribuzione del parametro in esame riscontrata durante le precedenti sessioni di monitoraggio; non si evidenziamo quindi particolari trend evolutivi per il contaminante nella falda superficiale.
- **Manganese**, valore limite stabilito dal D.M. 471/99: 50 µg/l. La contaminazione risulta generalmente diffusa in tutto il sito essendo individuata in 10 dei 14 piezometri: SO1, SO5,

SO6, SO7, SO9, S10, S11, S12, PO3s e PO4s . Le concentrazioni variano da 77,9 (PO4s) a 1.310 ug/l (SO5) con picchi di concentrazioni prevalentemente nelle aree NE e occidentali dello stabilimento (SO1, SO5). Come per l'arsenico, i valori sopra descritti confermano la distribuzione del parametro in esame riscontrata durante le precedenti sessioni di monitoraggio; non si evidenziamo quindi particolari trend evolutivi per il contaminante nella falda superficiale.

- **Cianuri**, valore limite stabilito dal D.M. 471/99: 50 ug/l. Sono stati rilevati superamenti dei limiti solamente nella porzione SO dello stabilimento in corrispondenza del punto d'indagine S07. La concentrazione rilevata è di 2.800 ug/l. Dal confronto con i risultati emersi dalle precedenti sessioni di monitoraggio, la contaminazione da cianuri nel tempo risulta limitata alla porzione SO del sito, senza l'evidenza di significativi trend evolutivi.
- **Solfati**, valore limite stabilito dal D.M. 471/99: 250.000 ug/l. Si osservano superamenti del limite di legge diffusi approssimativamente in tutta l'area dello stabilimento essendo individuata in 10 dei 14 piezometri: SO1, SO3, SO4, SO5, SO6, SO8, S10, S12, PO3s, PO4s. Le concentrazioni rilevate variano da 265 (PO3s) a 1.210 mg/l (S01). Tali concentrazioni rientrano nei valori di fondo rilevati nelle acque saline, nella quale categoria rientrano le acque di falda dello stabilimento in esame. Tali valori confermano la distribuzione del parametro in esame rilevata durante le precedenti sessioni di monitoraggio.

Si segnala che nella sessione di monitoraggio del 17-21 luglio 2006 non sono stati rilevati superamenti dei limiti di legge per nitriti, benzene, m,p xilene e toluene. Superamenti puntuali dei limiti normativi per tali parametri erano invece stati riscontrati durante le precedenti sessioni di monitoraggio.

2.1.2 Falda profonda

Come nei campionamenti eseguiti da gennaio 2006, durante la presente campagna di monitoraggio sono state rilevate concentrazioni superiori ai limiti normativi per i soli solfati.

In aggiunta, le analisi hanno rilevato valori significativi di cloruri, comprese tra 1.040.000 e 2.790.000 µg/l, che permettono di classificare anche le acque prelevate dalla falda profonda come "acque saline" (tenori in Cl⁻ > 1.000.000 µg/l).

Nuovamente, i dati raccolti confermano quanto già espresso in merito alle concentrazioni di ioni disciolti e del contenuto salino della falda superficiale nel documento "Relazione delle Indagini di Caratterizzazione e Modello Concettuale dello stabilimento Edison di Taranto, n. doc. ENSR R.4/11048039" datato marzo 2006.

Per quanto concerne i **Solfati** sono state rilevate concentrazioni superiori al valore limite stabilito dal D.M. 471/99 (250.000 ug/l) in P04p. La concentrazione rilevata è di 418 mg/l (PO4p). Tale concentrazione rientra nei valori di fondo rilevati nelle acque saline, nella quale categoria rientrano le acque di falda dello stabilimento in esame.

2.2 Indagini integrative per la determinazione di parametri sito-specifici

Al fine di acquisire informazioni sito specifiche necessarie per una corretta implementazione dell'Analisi di rischio, il 18 luglio 2006 si è proceduto alla realizzazione due trincee, denominate **saggio 1** e **saggio 8**, ubicate rispettivamente in corrispondenza dei sondaggi di caratterizzazione S01 e S08.

Tali trincee sono state eseguite nelle due aree più significative e critiche (maggior impatto da idrocarburi e maggior spessore impattato).

In Tavola 1 sono indicate le concentrazioni superiori ai limiti di legge riscontrate nei terreni durante le indagini di caratterizzazione e l'ubicazione delle trincee suddette.

Alla profondità indicativa di 1 m da piano campagna è stato raccolto un campione di terreno per ogni trincea, per la determinazione di:

- speciazione degli idrocarburi (fingerprint);
- analisi granulometrica;
- Carbonio Organico Totale (TOC).

I risultati di tali analisi sono sintetizzati nei seguenti paragrafi; i certificati analitici sono riportati in Allegato 1

2.2.1 Fingerprint degli idrocarburi

Al fine di determinare le frazioni alifatiche e aromatiche presenti, i campioni prelevati sono stati sottoposti alla speciazione degli idrocarburi (fingerprint), in accordo con l'approccio proposto da APAT, 2006 (sulla base delle pubblicazioni del Massachusetts Environmental Department, 2003).

Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni, Stirene (BTEXS), sono stati analizzati come singole sostanze.

L'analisi è stata eseguita dal laboratorio Theolab di Volpiano (TO), i certificati sono riportati in Allegato 1.

La ripartizione delle frazioni è simile nei due campioni analizzati e può rappresentare, a livello indicativo, una miscela tipo olio combustibile.

Nel dettaglio:

- i BTEXS sono risultati inferiori al limite di rilevabilità del metodo;
- la percentuale della frazione aromatica sul totale varia nei due campioni da circa il 60 al 65%;
- si segnala la netta prevalenza delle frazioni pesanti: oltre il 90% del totale si ripartisce nelle frazioni con atomi di carbonio superiore a 20.

E' necessario sottolineare che, in accordo alle indicazioni APAT (2006), più del 90% degli idrocarburi identificati in entrambi i fingerprint ricade in frazioni che non contribuiscono alla quantificazione del rischio. In particolare:

- la frazione alifatica C19-C36 è considerata "immobile", ovvero non volatile e non solubile;
- le frazioni più pesanti, ovvero quella alifatica C37-C40 e aromatica C23-C40, sono state quantificate dal laboratorio ma non sono considerate significative in termini di contributo al rischio nella trattazione proposta da APAT (2006).

2.2.2 Analisi granulometrica

L'analisi granulometrica è stata eseguita dal laboratorio R&C Scientifica tramite una setacciatura per via secca per diametri compresi fra 9,6 mm e 0,063 mm (UNI EN-933-1.1999) e un'idrometria per diametri inferiori ai 2mm (DM 13/09/1999 GU N°185 21/10/1999 II.6).

Il primo metodo permette di identificare il materiale grossolano, la cui presenza può fornire indicazioni in merito all'applicabilità di alcune tecnologie di bonifica, mentre il secondo metodo è focalizzato sulla tessitura, importante ai fini dell'analisi di rischio. I due metodi forniscono tendenzialmente informazioni complementari, presentando una sovrapposizione nel campo delle sabbie.

Le analisi di entrambi i campioni denotano un materiale eterogeneo, con presenza sia di materiale grossolano sia di materiale più fine (in particolare sabbia e, secondariamente, limo).

Ai fini dell'analisi di rischio la tessitura è stata valutata, in accordo a quanto riportato nelle linee guida APAT, 2006, utilizzando il diagramma triangolare del U.S. Department of Agriculture.

Entrambi i campioni portano a definire la tessitura come "Sandy Loam".

I certificati analitici sono riportati in Allegato 1.

2.2.3 Carbonio Organico Totale

Il carbonio organico totale (TOC) è stato determinato dal Laboratorio Theolab di Volpiano (TO), secondo il metodo DM13/9/99 VII.2, ed espresso come percentuale in peso (%P).

Il TOC rappresenta una misura diretta della Frazione Organica di Carbonio (foc), che generalmente viene espressa in grammi di carbonio organico su grammi di terreno. Tale parametro influisce su l'adsorbimento del contaminante nel terreno.

I due campioni analizzati mostrano un valore di TOC compreso fra 0,524% e 2,5%. Si noti che il valore di default suggerito da APAT è pari all'1%.

I certificati analitici sono riportati in Allegato 1.

3.0 Aspetti generali dell'Analisi di Rischio

3.1 Premessa

La presente Analisi di Rischio si pone come obiettivo la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) sito specifiche, secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006.

In ottemperanza al citato decreto tale elaborazione costituisce un elemento fondamentale nel determinare oggettivamente se il sito sia contaminato e quali interventi siano necessari.

I prossimi paragrafi presentano l'approccio metodologico adottato, le principali assunzioni, la descrizione del modello concettuale ed i risultati dell'analisi di rischio.

3.2 Principali riferimenti bibliografici e approccio metodologico

L'Allegato 1 al titolo V del D. Lgs. 152/2006 prevede che: *“data l'importanza della definizione dei livelli di bonifica (CSR) le procedure per il calcolo dovranno essere condotte mediante l'utilizzo di metodologie quali ad esempio ASTM-PS 104, di comprovata validità sia dal punto di vista delle basi scientifiche che supportano gli algoritmi di calcolo che della riproducibilità dei risultati”*.

La presente elaborazione utilizza standard metodologici di riconosciuta validità internazionale; i principali sono costituiti dagli standard ASTM: ASTM E1739,1995: *“Standard guide for Risk-Based corrective actions applied at petroleum release sites”*, e ASTM E2081-00 *“Standard guide for Risk-Based corrective actions - Reapproved 2004”*, che costituisce la versione finale di ASTM-PS 104, 1998. E' stato fatto inoltre riferimento alle numerose guide tecniche elaborate dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente degli USA (USEPA), inclusi i volumi delle *“Risk Assessment Guidance for Superfund”*, 1989 e del *“Soil Screening Guidance: Technical Background Document”*, 1996.

Per quanto riguarda i riferimenti nazionali, oltre al testo del D.Lgs. 152/06, laddove tratta della procedura di Analisi di Rischio (Allegato 1 al Titolo V parte quarta), si farà riferimento per quanto applicabile nel contesto normativo suddetto al Manuale UNICHIM n°196/1 (2002) *“Suoli e falde contaminati. Analisi di Rischio sito specifica. Criteri e parametri”* ed al documento *“Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati rev.1”* Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT), luglio 2006.

La procedura utilizzata, in accordo con gli standard ASTM, è strutturata secondo il principio di cautela, o di conservatività, che caratterizza ogni fase del processo di analisi e che guida la scelta dei dati di input, sia quelli sito-specifici, sia quelli di esposizione e di tossicità. Essa quindi garantisce ampiamente che i dati di concentrazione accettabile, derivati da un predefinito livello di rischio accettabile, siano effettivamente protettivi per la salute dei potenziali bersagli della contaminazione.

La procedura RBCA prevede la possibilità di approfondimenti successivi (ossia livelli dell'analisi, tipicamente tre) che si differenziano per il grado di incertezza e di cautela, la quantità di dati di input necessari e le risorse economiche necessarie all'analisi. Il grado di protezione rispetto ai potenziali bersagli della contaminazione tuttavia non varia, poiché, ad un livello inferiore dell'analisi, la maggiore incertezza derivante dalla minore quantità di dati disponibili è compensata da risultati dell'analisi sostanzialmente più conservativi.

La sequenza generale delle fasi stabilite da RBCA è la seguente:

- Analisi del sito, che comprende una raccolta di informazioni sul sito in oggetto (informazioni storiche, caratteristiche geologiche ed idrogeologiche, ecc.), l'identificazione della sorgente di contaminazione, dei possibili bersagli e dei percorsi di esposizione;

- Valutazione di primo livello (Tier 1); si tratta di un'Analisi di Rischio preliminare, basata su scenari di esposizione standard (e non su assunzioni sito-specifiche), che considera come punto di esposizione quello posto in corrispondenza della sorgente di contaminazione;
- Valutazione di secondo livello (Tier 2): l'analisi viene condotta sulla base di assunzioni sito-specifiche e considerando un punto di esposizione definito sulla base delle caratteristiche reali del sito stesso; possono essere definiti Valori di Concentrazione Residua Accettabili, cioè dei valori di concentrazione residua che dipendono, oltre che dai parametri tossicologici delle sostanze, dalle condizioni specifiche del sito (geologia, idrogeologia, variazione della contaminazione nel tempo, tipo e distanza del recettore dalla sorgente, ecc.);
- Valutazione di terzo livello (Tier 3): l'analisi comporta un'ulteriore e più approfondita raccolta di dati sito specifici, valutazioni di tipo probabilistico e l'utilizzo di modelli di trasporto sofisticati (es. codici di calcolo numerico).

L'Analisi di Rischio svolta per il sito in oggetto è da considerarsi in questa fase una analisi di secondo livello, eseguita adottando valori sito-specifici, qualora disponibili ed, in alternativa, valori conservativi di default; per la modellazione idrogeologica e di trasporto della contaminazione sono state utilizzate equazioni di tipo analitico.

Per le elaborazioni numeriche è stato utilizzato il software RBCA Tool kit versione 1.3b (2000), prodotto da Groundwater Services, Inc. (USA).

In accordo con il D.Lgs. 152/2006 la procedura di Analisi di Rischio è stata condotta in modalità inversa (backward) per la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio per le singole sostanze, sulla base del valore di rischio accettabile.

Si ricorda che le Concentrazioni Soglia di Rischio finali (CSR) garantiscono l'accettabilità del rischio sia per le singole sostanze sia per la presenza contemporanea di più sostanze (rischio cumulato).

3.3 Criteri di accettabilità del rischio

Il D.Lgs. 152/06, Allegato 1 Titolo V, indica quale *“valore di rischio incrementale accettabile nel corso della vita come obiettivo di bonifica nei riguardi delle sostanze cancerogene 1×10^{-5} , mentre per le sostanze non cancerogene propone il criterio universalmente accettato del non superamento della dose tollerabile o accettabile (ADI o TDI) definita per la sostanza (<1)”*.

Nell'elaborazione realizzata perciò sono stati assunti i seguenti valori di rischio accettabile:

- Rischio cancerogeno per esposizione ad un singolo agente cancerogeno: 10^{-5} ;
- Rischio cancerogeno cumulativo: 10^{-5} ;
- Indice di Rischio relativo all'esposizione ad un singolo agente tossico (Hazard Quotient, HQ): 1;
- Indice di Rischio cumulativo (Hazard Index, HI): 1.

I criteri di accettabilità del rischio sanitario proposti dal D. Lgs. 152/2006 sono ben supportati da altri importanti riferimenti bibliografici e scientifici.

Infatti l'EPA, l'OMS (1993) e l'azione concertata europea CARACAS considerano come rischio accettabile per l'esposizione a sostanze cancerogene il valore di 1×10^{-5} ; tale valore viene indicato come riferimento anche nel Manuale UNICHIM 196/1 (2002).

Per le sostanze non cancerogene il rischio accettabile è definito dalla stessa equazione che esprime il rischio HI, definito dal rapporto tra dose assunta e dose di riferimento. Il rischio HI è accettabile quando la dose assunta è inferiore alla dose di riferimento, mentre risulta inaccettabile nel caso inverso. Il rischio non cancerogeno o tossicologico è pertanto definito accettabile quando $HI < 1$.

3.4 Assunzioni generali e limitazioni

L'incertezza associata ad un'analisi di rischio è dovuta ad una combinazione delle incertezze legate alla caratterizzazione del sito, alla valutazione della tossicità/cancerogenicità delle sostanze indice e dell'esposizione. La formulazione delle assunzioni è stata effettuata sulla base del giudizio professionale, in accordo con gli standard adottati ed in un'ottica cautelativa, al fine di garantire la conservatività ed il rigore scientifico dei risultati.

L'elaborazione realizzata prende in considerazione le aree considerate potenzialmente contaminate ai sensi dell'art. 240 C.1 lettera D. LGS. 152/2006, ovvero le aree in cui le concentrazioni rilevate sono risultate essere superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC).

L'analisi di rischio si basa sulla configurazione attuale del sito. Infatti il sito risulta attivo e, al momento, non sono previsti dismissioni, sviluppi o variazioni significative di tale configurazione.

Il modello concettuale, illustrato nel CAPITOLO 4, è stato sviluppato considerando i dati disponibili al momento della redazione del presente documento, ed utilizzando ipotesi molto conservative. Per ciò che riguarda le acque di falda, il modello concettuale è stato elaborato considerando le ultime tre campagne di monitoraggio, effettuate in seguito all'approvazione del "Protocollo di indagine delle acque di falda dello stabilimento Edison di Taranto" (n. doc. R.3/11048039), sulla base di quanto concordato con gli Enti di Controllo.

Relativamente ai terreni, il modello concettuale è stato elaborato considerando le precedenti indagini di caratterizzazione e l'indagine integrativa di luglio 2006.

L'incertezza nella caratterizzazione è da considerarsi limitata; tuttavia la raccolta di ulteriori dati nel corso dei monitoraggi periodici potrebbe rendere necessario/opportuno aggiornare il modello concettuale.

Per ciò che riguarda la valutazione della tossicità/cancerogenicità delle sostanze indice si è fatto riferimento a valori conservativi, riconosciuti a livello italiano e internazionale (vd paragrafo 3.5). Inoltre in via cautelativa si è assunta l'additività degli effetti tossici e cancerogeni delle singole sostanze. Non sono stati considerati eventuali effetti sinergici o interazioni antagonistiche delle le sostanze indice.

Il software utilizzato non è in grado di simulare la migrazione di fase libera ed i parametri tossicologici utilizzati non considerano ingestione diretta di fase libera o inalazione di aerosol. Nella presente elaborazione, sulla base delle osservazioni di campo, si è assunto che non sia presente fase libera mobile.

Infine, mentre il calcolo delle CSR per le singole sostanze dato un determinato modello concettuale è univoco, il calcolo delle CSR finali, per un rischio cumulato accettabile ammette più soluzioni accettabili. La scelta proposta nella presente elaborazione si basa sul giudizio professionale in funzione della situazione sito-specifica.

Edison si riserva in ogni momento, ed in particolare a seguito delle risultanze di eventuali future indagini, di rimodulare gli obiettivi di bonifica, naturalmente riproponendo ulteriori elaborazioni di AR basate su dati sito-specifici più dettagliati. In ogni caso, ogni variazione al presente Documento sarà sottoposta alle procedure di autorizzazione del D.Lgs. 152/06.

3.5 Parametri chimico-fisici e tossicologici dei contaminanti indice

Per i parametri tossicologici si è fatto riferimento al database APAT (maggio 2006), integrandoli qualora assenti e confrontandoli con database di riconosciuta validità internazionale e scientifica (database IRIS-EPA¹ altre banche dati: ATSDR², TRRP³, NCEA⁴, EPA Regione IX).

Per i seguenti parametri si è verificata una difformità tra i valori riportati da APAT e i valori riportati dalla referenza citata da APAT:

- benzene: è stato utilizzato il valore tratto da IRIS del parametro cancerogeno IURF⁵, la fonte è la stessa citata da APAT;
- toluene: è stato utilizzato il valore tratto da IRIS del parametro RfC⁶ la fonte è la stessa citata da APAT (aggiornamento del 29/9/2005);
- Arsenico è stato utilizzato il valore tratto da IRIS del parametro cancerogeno IURF, la fonte è la stessa citata da APAT;

Inoltre i dati APAT sono stati integrati i dati mancanti relativi ai nitriti: sono stati inseriti dei valori di default proposti da APAT per i coefficienti di diffusione in aria e acqua, rispettivamente 10^{-2} e 10^{-4} cm/s²;

¹ Integrated Risk Information System

² Agency for Toxic Substances and Disease Registry

³ Texas Risk Reduction Program

⁴ National Center of Environmental Assessment

⁵ IURF: Inhalation Unit Risk Factor; per calcolare lo IURF dallo SF_i (Slope Factor Inhalation) si è utilizzata la seguente formula:

$$\text{IURF}(\text{m}^3/\mu\text{g}) = \text{SF}_i * 20\text{m}^3/\text{day} / (70 \text{ kg} * 1000 \text{ mg}/\mu\text{g}) \text{ (EPA Regione IX, PRG User's Guide)}$$

⁶ RfC: Reference Concentration; per calcolare la RfC dalla RfD_i (Reference Dose Inhalation) si è utilizzata la seguente formula:

$$\text{RfC} (\text{mg}/\text{m}^3) = \text{RfD}_i (\text{mg}/\text{kg}\text{-day}) * 70 \text{ kg} / 20\text{m}^3/\text{day} \text{ (EPA Regione IX, PRG User's Guide)}$$

I parametri tossicologici e chimico-fisici utilizzati nella presente analisi di rischio sono riportati in Allegato 2.

Per ciò che concerne gli idrocarburi petroliferi si è adottato l'approccio proposto da APAT (2006), basato sulle pubblicazioni del Massachusset Department of Environmental Protection (MADEP), Bureau of Waste Site Cleanup, in cui gli idrocarburi petroliferi risultano suddivisi in frazioni tossicologicamente affini.

4.0 Modello Concettuale

Nei paragrafi successivi viene illustrato il Modello Concettuale sul quale si basa la presente analisi di rischio, che include la schematizzazione del contesto ambientale e della distribuzione degli inquinanti nei terreni e nelle acque di falda, l'identificazione dei percorsi di esposizione potenzialmente attivi e dei potenziali recettori.

Il modello concettuale viene sviluppato in accordo ai principi riportati nel D. Lgs. 152/2006 ovvero predisponendo una descrizione delle caratteristiche specifiche del sito e parametrizzando le seguenti componenti: contaminanti indice, sorgenti, vie e modalità di esposizione e recettori finali.

4.1 Sintesi delle caratteristiche ambientali sito specifiche

4.1.1 Geologia

Sulla base delle evidenze emerse dai sondaggi di caratterizzazione e sulle informazioni bibliografiche raccolte, è possibile identificare per il sito in esame la seguente successione stratigrafica:

- Calcarea di Altamura, costituito da calcari e calcareniti alterate e fessurate, a tratti carsificate, con tracce conchigliari fossili; la superficie di tetto sembra inclinata verso sud e risulta posta a 7,40 m da p.c. in P01p e a 25,8 m da p.c. in P03p
- Calcareniti di Gravina, presenti in facies sabbiosa, talora con clasti; sono state distinte nel solo sondaggio P02p, con uno spessore di 2,2 m. Negli altri sondaggi è presente al di sopra del Calcarea di Altamura un livello sabbioso, talora con componente argillosa, di spessore inferiore al metro, che potrebbe essere ascritto alla formazione.
- Argille subappenniniche, costituite da argille verdi, pressochè impermeabili, di colore verde/ocra, talora con tracce conchigliari fossili; possono essere presenti livelli contenenti noduli carbonatici eterometrici arrotondati. Al tetto della formazione è presente in quasi tutta l'area indagata un livello argilloso sabbioso. Lo spessore è in graduale aumento verso sud; il tetto della formazione è rinvenuto a circa 5 m da p.c. in P01p, mentre è ubicato a 6 m da p.c. in P03p e a 7,5 m da p.c. in P04p. Gli spessori variano, procedendo da nord verso sud, da 2,30 m in P01p, a 6 m in P04p, fino a circa 20 m in P03p. Da notare che nel rimanente sondaggio profondo P02p, ubicato in posizione nord nell'area portineria, il livello argilloso è estremamente ridotto a circa 20 cm di spessore e risulta costituito solamente dal livello presente al tetto della formazione e contenente la componente sabbiosa. L'impermeabilità della formazione risulta pertanto, in questa posizione, compromessa sia dall'esiguo spessore che dalla presenza di litologie più grossolane.
- Calcareniti postcalabriere (Calcareniti di M. Castiglione), costituite nell'area indagata esclusivamente da sabbie fini/grossolane limose o argillose (generalmente tra 2 e 7-8 m da p.c.), di colore beige/marrone. I livelli calcilutitici e calcarenitici più coerenti non sono stati rinvenuti.
- Terreni di riporto, generalmente di spessore di circa 2 m, ma che possono raggiungere localmente la potenza anche di 5 m, sono prevalentemente costituiti da clasti grossolani eterogenei, prevalentemente calcarei, immersi in una matrice sabbioso-limoso-argillosa.

Gli spessori delle diverse litozone possono variare localmente. In particolare si assiste nel sottosuolo dell'area indagata ad un graduale incremento di spessore della formazione argillosa (Argille subappenniniche) procedendo da nord verso sud. Le superfici di tetto delle diverse formazioni identificate si presentano piuttosto irregolari e ondulate.

4.1.2 Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, il sottosuolo del sito è sede di un acquifero superficiale freatico, alimentato dall'infiltrazione efficace delle precipitazioni e sostenuto da livelli argillosi praticamente impermeabili. Più in profondità, al di sotto delle Argille subappenniniche, si ritrova un acquifero di importanza regionale, ubicato nei livelli calcarenitici e calcarei; le acque della falda profonda scorrono, infatti, attraverso le fratture e carsificazioni delle formazioni mesozoiche.

Per quanto attiene alla falda superficiale, si tratta di una falda con potenzialità molto ridotta e piuttosto instabile. I livelli piezometrici della falda superficiale si attestano su valori variabili tra gli 11,4 ed i 14,5 m s.l.m, corrispondenti a soggiacente da 7 a 2 m da p.c.

La superficie piezometrica, così come rilevata nella prima campagna piezometrica del 23/03/04 (Tavola 9), mostra un andamento estremamente variabile, collegabile ai fenomeni di alimentazione meteorica ed alla mobilità differenziale all'interno dei sedimenti che costituiscono l'acquifero, disomogeneo dal punto di vista granulometrico.

Per la falda profonda, la ricostruzione della superficie piezometrica indica un deflusso generale verso sudest, ovvero in direzione della linea di costa. Tale andamento è in accordo con i dati regionali prodotti dall' Ufficio Cartografico della Regione Puglia.

Per la descrizione di dettaglio delle caratteristiche sito specifiche si rimanda alla "Relazione delle Indagini di Caratterizzazione e Modello Concettuale dello stabilimento Edison di Taranto", n. doc. R.4/11048039.

4.1.3 Matrici ambientali considerate

Sulla base di quanto sopra descritto, il sito oggetto della presente analisi di rischio è stato schematizzato nel seguente modo:

- terreno insaturo;
- falda superficiale.

Come già evidenziato nel sopraccitato documento le contaminazioni riscontrate nelle due matrici presentano composti differenti con distribuzione areale diversa, e non appaiono pertanto chiaramente correlate. Sulla base dei risultati della caratterizzazione del sito e dei monitoraggi delle acque, è possibile supporre che i superamenti delle CSC riscontrate nelle acque sottostanti il sito non siano imputabili al sito stesso.

Per questi motivi la contaminazione nel terreno insaturo e nella falda superficiale sono state valutate separatamente.

Nella presente elaborazione non è stata presa in considerazione la falda più profonda in quanto, non sono stati identificati superamenti delle CSC nelle campagne di monitoraggio di riferimento.

In ogni caso, essendo limitata superiormente da uno strato a bassa permeabilità, non è verosimilmente in grado di ingenerare percorsi di esposizione attivi legati all'inalazione di vapori e, per ciò che riguarda il suo potenziale utilizzo off site, sulla base della qualità di fondo delle acque e all'elevata salinità, si esclude a priori che possa essere utilizzata per fini potabili.

Per la descrizione di dettaglio dei risultati delle indagini sulle acque di falda si rimanda al paragrafo 2.1 del presente documento e alle seguenti relazioni ENSR:

- "Relazione delle Indagini di Caratterizzazione e Modello Concettuale dello stabilimento Edison di Taranto", n. doc. R.4/11048039;

- “Monitoraggio delle acque di falda dello stabilimento Edison di Taranto - Campagna del 23 Maggio 2006”, n. doc. R.7/11048039;
- “Monitoraggio delle acque di falda dello stabilimento Edison di Taranto - Campagna del 17 Luglio 2006” n. doc. R.9/11048039.

Sulla base dei risultati delle analisi granulometriche, (vd. Paragrafo 2.2.2), si è assunto che il terreno insaturo abbia una tessitura corrispondente a “sandy loam”. Per i parametri caratteristici di tale tessitura si è fatto riferimento al manuale APAT, 2006.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche delle matrici interessate, utilizzate nell’ambito dell’analisi di rischio:

1. terreno insaturo:

- litologia predominante: sandy loam;
- contenuto volumetrico d’acqua: 0,151;
- contenuto volumetrico d’aria: 0,259;
- permeabilità ai vapori: 10^{-12} (m^2);
- Foc: 0,005: valore sito specifico (minimo rilevato);

2. falda superficiale:

- soggiacenza: 2,6 m (pari al minimo dei valori medi di ogni piezometro);
- conducibilità idraulica: 10^{-5} m/s;
- gradiente: 0.007 (sito-specifico).

4.1.4 Altri parametri

In via cautelativa la Frazione di Carbonio Organico è stato assunto pari a 0,00524, considerando il minimo valore di TOC rilevato.

Per altri parametri ambientali, quali ad esempio la velocità del vento, si sono assunti i valori di default consigliati da ASTM.

4.1.5 Caratteristiche delle aree sorgenti e selezione dei contaminanti indice

Sulla base delle informazioni disponibili e della documentazione riportata in Allegato 2, attualmente nel sito non sono presenti sorgenti attive di contaminazione, pertanto negli scenari analizzati sono state considerate solo le sorgenti secondarie (di seguito aree sorgenti), costituite dalle matrici ambientali impattate.

Per ciò che concerne i **terreni insaturi**, le aree sorgenti corrispondono alle aree potenzialmente contaminate, identificate dal sondaggio in cui si sono evidenziati superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC).

Le sostanze indice sono state selezionate in ragione dell’identificazione di almeno un superamento delle CSC.

Per la descrizione di dettaglio dei risultati delle indagini sui terreni insaturi si rimanda alla “Relazione delle Indagini di Caratterizzazione e Modello Concettuale dello stabilimento Edison di Taranto”, n. doc. R.4/11048039.

Le caratteristiche e le sostanze indice delle aree sorgenti per i terreni insaturi sono visualizzate in Tavola 2 e riepilogate nella seguente tabella 4.1.

Nome dell'area (Terreni insaturi)	Superficie (m ²)	Spessore impattato (m dal p.c.)	Sostanze indice	Caratteristiche
P02s	95	7-8 m	idrocarburi pesanti C>12*	pavimentata
S08	90	0-2 m	idrocarburi pesanti C>12*	pavimentata
P03s	200	0-2 m	idrocarburi pesanti C>12*	pavimentata
P04s	240	0-2 m	idrocarburi pesanti C>12*	pavimentata
S01	340	0-6 m	idrocarburi pesanti C>12*	pavimentata
S02	335	4-6 m	idrocarburi pesanti C>12*	pavimentata
S06	60	0-2 m	Rame	pavimentata
*Gli idrocarburi pesanti C>12, in accordo con l'approccio APAT (2006) e sulla base dei fingerprint sitospecifici, sono stati considerati suddivisi nelle seguenti frazioni: alifatici C9-C18; alifatici C19-C36; aromatici C11-C22.				

Tabella 4.1. Aree sorgenti nei terreni insaturi

In via cautelativa è stata considerata anche l'area S02, in cui non sono stati rilevati superamenti per il parametro idrocarburi pesanti C>12, ma solo per gli idrocarburi totali (TPH).

L'estensione delle aree indicata in tabella 4.1, è stata stimata in via cautelativa considerando la metà della distanza fra il sondaggio che ha evidenziato superamenti delle CSC e i sondaggi integrativi, effettuati nel 2005, al fine di delimitare l'impatto; tutti i campioni prelevati nei sondaggi integrativi hanno mostrato concentrazioni inferiori alle CSC.

Lo spessore impattato è stato stimato cautelativamente sulla base dei risultati analitici (inferiori alle CSC) ottenuti negli altri campioni prelevati lungo la verticale, nei sondaggi interessati dall'impatto.

Si evidenzia che l'assunzione che il top della contaminazione corrisponda al piano campagna (0 m) per tutte le aree sorgenti (eccetto P02 e S02, in cui l'impatto è localizzato a maggior profondità) è particolarmente cautelativa in quanto trascura lo spessore della pavimentazione in asfalto, presente in tutte le aree.

Data la distribuzione della contaminazione nei terreni insaturi, con la medesima tipologia (idrocarburi pesanti C>12) per le aree P02s, S08, P03s, P04s, S01 e S02 si è deciso in via cautelativa di stabilire la CSR analizzando un caso tipo e assumendo nel modello concettuale i valori maggiormente conservativi: lo spessore impattato è stato considerato pari a 0-6 m dal p.c.; in accordo con le indicazioni APAT (2006), la superficie della sorgente è stata assunta pari a 2500 m² (dimensione ben superiore alla stima dell'area massima impattata nel sito, 335 m²).

Le sostanze indice considerate sono le frazioni di idrocarburi afferenti agli idrocarburi pesanti C>12, secondo l'approccio APAT (MADEP), selezionate sulla base dei fingerprint sito specifici. In particolare, in un'ottica conservativa, si è considerato il fingerprint del saggio 01, in quanto presenta una percentuale maggiore di frazioni che contribuiscono al rischio (vd. paragrafo 2.2.1). La ripartizione percentuale della concentrazione massima sulla base del fingerprint è riportata in tabella 4.2.

Campione di terreno	Frazioni APAT	Percentuali identificate dal fingerprint (%)	Concentrazione massima ripartita nelle frazioni (mg/kg)
Saggio 01 FP	Frazione alifatica	39,72	
	C5-C8	0,00	0,00
	C9-C18	1,80	53,96
	C19-C36	35,93	1078,04
	C37-C40	1,99	59,64
Saggio 01 FP	Frazione aromatica	60,28	
	C9-C10	0,00	0,00
	C11-C22	5,66	169,74
	C23-C40	54,62	1638,62
Totale		100,00	3000,00

Tabella 4.2. Ripartizione percentuale della concentrazione massima sulla base del fingerprint sito-specifico

Secondo un approccio semplificativo e cautelativo, i risultati ottenuti per questa area sorgente fittizia sono stati estesi a tutte le aree sorgenti sopraccitate.

Per ciò che riguarda l'area S06, l'unico contaminante indice è il rame, con concentrazione massima pari a 636 mg/kg. L'area sorgente, in accordo con le indicazioni APAT è stata assunta pari a 2500 m², con spessore impattato da 0 a 2 m dal p.c.

Per ciò che concerne **le acque della falda superficiale**, la sorgente è stata cautelativamente posta coincidente con il corpo centrale del sito, con fronte pari a 375 m (approssimativamente pari alla distanza da S07 - S10).

Le sostanze indice per le acque di falda sono state selezionate in ragione dell'identificazione di almeno un superamento delle CSC nelle campagne di monitoraggio di riferimento per la presente Analisi di Rischio (gennaio, maggio, luglio 2006).

Le sostanze indice e le concentrazioni massime riscontrate nelle acque di falda superficiale, nelle campagne di monitoraggio di riferimento, sono riepilogate nella tabella 4.3. Inoltre i superamenti delle CSC nelle campagne di monitoraggio di riferimento sono visualizzati in Tavola 3.

Sostanze indice	Concentrazione massima (µg/l)	Nome del campione	Data del monitoraggio
Benzene	11,0	S07	24/05/2006
Toluene	90,9	S05	24/05/2006
M,p-xilene	85,5	S10	24/05/2006
Cianuri	2800	S07	19/07/2006
Arsenico	58,3	S07	25/01/2006
Manganese	3170	S05	24/05/2006
Nitriti	2020	S08	25/01/2006

Tabella 4.3. Area sorgente per le acque di falda superficiale

Si noti che, come anticipato in precedenza, non vi è alcuna corrispondenza fra le sostanze indice identificate nei terreni insaturi e nelle acque della falda superficiale.

Le uniche sostanze indice cancerogene sono il benzene e l'arsenico.

4.1.6 Identificazione dei recettori e parametri d'esposizione

In relazione alla localizzazione dello Stabilimento Edison all'interno della Zona Industriale di Taranto e della relativa lontananza di aree residenziali, gli scenari di esposizione considerati si riferiscono a recettori commerciali on site, nella modalità RME (Reasonable Maximum Exposure).

I potenziali recettori attuali e futuri sono costituiti dai lavoratori del sito (recettore commerciale on site), per cui è stata considerata un'esposizione di 8 ore al giorno per 220 giorni/anno⁷ (numero di giorni lavorativi per un lavoratore italiano) per una durata di 25 anni (APAT, 2006).

Infatti si può ragionevolmente assumere che i potenziali recettori commerciali off-site, nelle aree limitrofe al sito, presentino un'esposizione inferiore rispetto ai recettori commerciali on-site, cautelativamente localizzati sopra le aree sorgenti.

4.1.7 Percorsi di migrazione ed esposizione

I percorsi di esposizione considerati potenzialmente attivi per i recettori on site, sono i seguenti:

- inalazione in ambienti outdoor dei vapori provenienti dal suolo e dalla falda superficiale;
- inalazione in ambiente indoor dei vapori provenienti dal suolo e dalla falda superficiale.

⁷ La durata in termini di esposizioni giornaliere all'anno è stata posta a 220 giorni/anno in quanto rappresenta in modo del tutto realistico la massima esposizione a cui un lavoratore che opera nel nostro paese può essere esposto (dato facilmente ottenibile dai contratti di categoria). Il dato di *default* di 250 giorni/anno è originato dalle differenti condizioni lavorative presenti negli Stati Uniti (ferie limitate a 7-10 giorni all'anno) e, come specificato sopra, rappresenterebbe un notevole appesantimento della procedura non realistico per la specificità italiana.

I percorsi di contatto dermico, ingestione suolo e inalazione polveri da suolo superficiale sono considerati interrotti dalla pavimentazione o assenti, in quanto i terreni superficiali nelle aree verdi, caratterizzati con apposite indagini, non presentano superamenti delle CSC.

Si noti che l'area sorgente S06, in cui si riscontra Rame in concentrazioni superiori alle CSC del D.Leg.152/06, non comporta l'attivazione di alcun percorso di esposizione, in quanto il contatto dermico e l'ingestione di suolo sono impediti dalla pavimentazione e tale sostanza non è volatile. Infine la potenziale lisciviazione da parte delle acque meteoriche (limitata dalla presenza della pavimentazione) non è considerato un percorso attivo in quanto non trova riscontro nel monitoraggio della qualità delle acque. Per tali motivi il calcolo del rischio non sarebbe stato necessario: è stato ugualmente condotto per completezza della documentazione.

Per ciò che riguarda ulteriori percorsi di esposizione per recettori on site e off site, relativi alla migrazione e all'utilizzo delle acque della falda superficiale, si sottolinea che:

- non sono presenti pozzi industriali all'interno del sito; le acque di raffreddamento utilizzate nelle centrali Edison vengono prelevate da ILVA direttamente dal Mar Piccolo e distribuite all'intero polo industriale mediante condotte interrate;
- come già precisato nel documento ENSR R.8/11048039 del 2 agosto 2006, i sistemi di raffreddamento delle centrali termoelettriche CET2 e CET3 sono costituiti da circuiti chiusi e le normali attività lavorative non prevedono alcun contatto fra le acque di raffreddamento ed i lavoratori;
- in base alle caratteristiche di tali acque (.Cfr. n. doc. ENSR R.4/11048039) è possibile escludere a priori qualsiasi utilizzo per fini potabili;
- non è nota la presenza di pozzi industriali/irrigui nell'area a valle idrologicamente del sito;
- non è presente una correlazione fra la caratterizzazione dei suoli all'interno del sito e la qualità delle acque; in particolare le sostanze indice identificate nei terreni insaturi non sono state riscontrate nelle acque della falda superficiale in concentrazioni eccedenti le CSC; il potenziale percorso di lisciviazione dei terreni insaturi impattati non è pertanto considerato attivo in ragione dei risultati analitici nelle acque di falda.
- sulla base dei risultati della caratterizzazione del sito e dei monitoraggi delle acque, è possibile supporre che la potenziale contaminazione riscontrata nelle acque sottostanti il sito non sia imputabile al sito stesso;
- la qualità delle acque che giunge nei pressi dei centri abitati ed in seguito in mare, a circa 2,4 km dal sito, non è nota; anche qualora fosse riscontrato un impatto in tale acque non è provato il contributo ad esso da parte del sito; si rammenta infine che le acque di falda a valle del sito possono potenzialmente ricevere un contributo significativo di carico contaminante dalle aree circostanti il sito in oggetto.

Per quanto sopra esposto, nella presente Analisi di Rischio, gli unici percorsi inerenti alle acque di falda superficiali considerati attivi sono stati la volatilizzazione e l'inalazione outdoor e indoor da parte dei recettori on site.

I percorsi di esposizione potenzialmente attivi sono rappresentati, secondo lo schema proposto da APAT 2006, nella Figura 4.1.

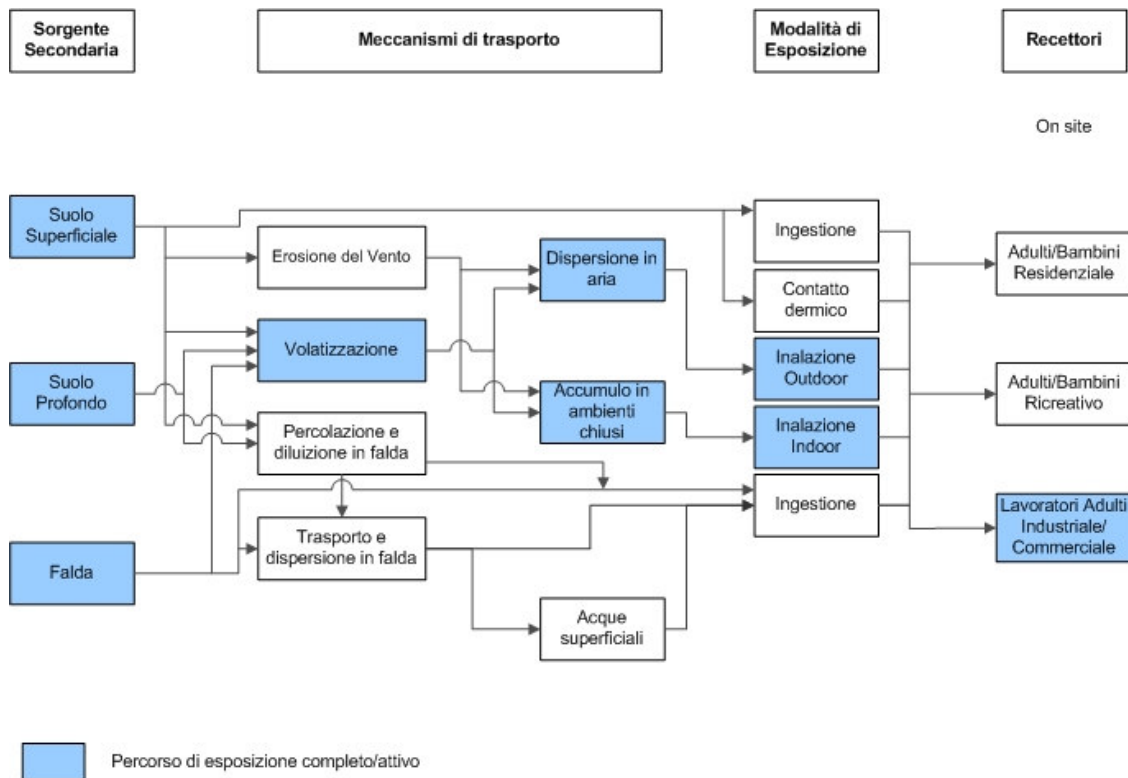


Figura 4.1. Percorsi di esposizione potenzialmente attivi

4.1.8 Descrizione di dettaglio della modellazione dei percorsi di inalazione outdoor e indoor

Per quanto riguarda il percorso inalazione vapori outdoor, è importante porre in evidenza che l'equazione che modella la volatilizzazione in ambiente aperto dei contaminanti non è in grado di simulare la situazione prevista nel caso di un'area pavimentata. In accordo con APAT (2006), è possibile tener conto della presenza della pavimentazione moltiplicando il fattore di volatilizzazione per il fattore di fratturazione areale della pavimentazione. Considerando il valore di default proposto da APAT per quest'ultimo parametro (0,01), l'operazione comporta la riduzione di due ordini di grandezza del rischio (e l'aumento di due ordini di grandezza delle CSR).

Per la presente Analisi di Rischio in via del tutto cautelativa la riduzione dell'esposizione per inalazione outdoor dovuta alla pavimentazione è stata trascurata.

Il percorso inalazione vapori indoor, in via cautelativa, è stato considerato potenzialmente attivo in un raggio di 30 m dagli edifici con presenza di lavoratori (EPA "Draft guidance for evaluating the vapor intrusion to indoor air pathway from groundwater and soil", 2002). Pertanto tale percorso è stato considerato attivo per le aree sorgenti nei terreni insaturi P02s e P04s e per l'area sorgente delle acque di falda superficiale.

Volendo rappresentare un edificio-tipo rappresentativo per l'intero sito, si sono assunti i seguenti valori cautelativi, basati sugli standard ASTM).

- rapporto volume dell'edificio/area delle fondazioni: 3 m;
- area delle fondazioni: 70 m;

- perimetro delle fondazioni: 34 m;
- numero di ricambi aria: 20 (1/giorno);
- profondità delle basi delle fondazioni: 0,15 m;
- spessore delle fondazioni: 0,15 m;
- fattore di fratturazione areale delle fondazioni: 0,01.

Si noti che nel sito non sono presenti locali interrati ad uso ufficio o con regolare frequentazione da parte da parte dei lavoratori.

5.0 Risultati dell'Analisi di Rischio

5.1 Terreni insaturi

Le elaborazioni del software RBCA Tool kit sono riportate in Allegato 3, distinte per i terreni e per le acque della falda superficiale. Vengono di seguito sintetizzati i risultati.

Si noti che per le frazioni idrocarburi aromatici C11-C22 e alifatici C19-C39 non è stato possibile calcolare le CSR per le singole frazioni in quanto, in accordo con l'approccio APAT (2006), si ritiene che tali frazioni non siano in grado di ingenerare significativi fenomeni di volatilizzazione (infatti APAT non prevede i parametri tossicologici inerenti all'inalazione di vapori che nel nostro caso rappresenta l'unico percorso attivo).

La concentrazione soglia di rischio (CSR) calcolata in modalità inversa (backward) per la rimanente frazione di idrocarburi, alifatici C9-C18, per i percorsi di inalazione vapori, risulta maggiore della concentrazione di saturazione ($>C_{sat}$).

La concentrazione di saturazione corrisponde alla concentrazione del contaminante nel suolo alla quale viene raggiunto il limite di adsorbimento nella matrice solida, di solubilità nell'acqua contenuta nei pori del terreno e di saturazione del vapore interstiziale. Raggiunta la concentrazione di saturazione di un determinato contaminante, l'emissione di vapore dal suolo verso l'aria raggiunge un asintoto che non viene superato neppure se la concentrazione nel suolo aumenta ulteriormente. (Soil Screening Guidance, EPA 1996).

La concentrazione di saturazione pertanto rappresenta un limite fisico e non una soglia di rischio alla quale corrisponde la massima emissione di vapori.

La concentrazione di saturazione teorica è un valore indicativo, in quanto viene calcolata sulla base di alcuni parametri sito specifici (foc) e alcuni valori di default, connessi alla litologia (contenuto volumetrico di aria e di acqua, densità del terreno), che non considerano eventuali disomogeneità locali.

Si precisa inoltre che tale valore non corrisponde al limite discriminante per la presenza di fase libera mobile. Infatti, è noto che solo a concentrazioni molto superiori alla saturazione (anche diversi ordini di grandezza), in funzione delle caratteristiche litologiche del terreno, della viscosità e della densità del prodotto, si può innescare la mobilità della fase libera. La condizione caratterizzata da immobilità è denominata saturazione residua ("residual saturation", API 1999, Bedient et al. 1999, Charbeneau, 2000). In questo caso le evidenze di campo permettono di escludere la presenza di fase libera.

Poiché l'approccio inverso (backward) non consente la definizione di una soglia di rischio oltre il livello di saturazione, in via cautelativa ed in accordo con la procedura proposta da APAT (2006) è stato verificato mediante l'approccio diretto (forward) che alla saturazione corrisponda un valore di rischio cumulato accettabile.

Considerando la concentrazione di saturazione (34 mg/kg), il contributo degli idrocarburi alifatici C9-C18 al rischio inalazione indoor è pari a $5,7 \cdot 10^{-3}$ (<1), mentre il contributo al rischio di inalazione outdoor è pari a $3,6 \cdot 10^{-2}$.

In via del tutto conservativa, e per maggior completezza, si è inoltre deciso di verificare il rischio in modalità forward considerando la concentrazione massima rilevata, trascurando la saturazione.

Si sottolinea come tale approccio sia stato eseguito, in via cautelativa, per il caso generico descritto nel paragrafo 4.1.3, considerando una notevole sovrastima delle dimensioni della sorgente. Infine, benché gli idrocarburi totali non siano normati, seguendo il principio di cautela si è considerato il valore massimo fra le concentrazioni di idrocarburi pesanti $C>12$ e idrocarburi totali, ovvero 3000 mg/kg. Tale valore è espresso sulla sostanza secca ed, in via cautelativa, è stato trascurato il contenuto di umidità.

Il rischio tossicologico così calcolato è accettabile e pari a $5,7 \cdot 10^{-2}$ per il percorso di inalazione dei vapori outdoor e $9,1 \cdot 10^{-3}$ per il percorso di inalazione vapori indoor.

Analogamente a quanto riscontrato per gli idrocarburi, il calcolo della CSR per la singola nell'area S06 porta ad un risultato superiore alla saturazione per il rame. Come già anticipato, il rischio corrispondente all'inalazione vapori indoor e outdoor, considerando il valore massimo, è nullo, poiché nessun percorso di esposizione risulta attivo.

Per tale motivi si propone di assumere come CSR finali proprio i valori massimi verificati nel calcolo forward.

Sostanze indice	CSC (mg/kg)	CSR (singola sostanza) (mg/kg) sul t.q.	CSR finali (Rischio cumulato) (mg/kg) su s.s.
Idrocarburi aromatici C11-C22	-	N.C.	-
Idrocarburi alifatici C9-C18	-	>34*	-
Idrocarburi alifatici C19-C36	-	N.C.	-
Idrocarburi pesanti C>12	750	-	3000**
Rame	600	>1x10 ⁶ *	636***

* Corrisponde alla concentrazione di saturazione (C_{sat})

** Corrisponde alla concentrazione massima rilevata nel sito in esame per gli idrocarburi totali (TPH), espressa sulla sostanza secca

*** Corrisponde alla concentrazione massima rilevata nel sito in esame per il rame, espressa sulla sostanza secca

t.q.= tal quale
s.s.=sostanza secca
N.C. =non calcolata

Tabella 5.1. CSR sito-specifici per i terreni

5.2 Acque di falda superficiale

Per tutte le sostanze indice, tranne il benzene, per i percorsi di inalazione vapori, la concentrazione soglia di rischio (CSR) calcolata in modalità inversa (backward) risulta maggiore della concentrazione di saturazione (>C_{sat}), che per le acque corrisponde alla solubilità.

Poiché, come già illustrato per i terreni, in questi casi l'approccio inverso (backward) non consente la definizione di una soglia di rischio oltre il livello di saturazione (corrispondente alla solubilità), in via cautelativa ed in accordo con la procedura proposta da APAT (2006) è stato verificato mediante l'approccio diretto (forward) che ci fosse un valore di rischio cumulato accettabile assumendo la presenza contemporanea del benzene, in concentrazione pari alla CSR, e di tutte le altre sostanze indice, in concentrazioni pari alla solubilità.

Si noti che per i solfati non è stato possibile calcolare le CSR in quanto, sulla base della bibliografia esistente, con particolare riferimento a APAT (2006), non sono definiti i relativi parametri tossicologici. In ogni caso i solfati sono poco volatili (costante di Henry pari a 10^{-9}) e possono essere ragionevolmente ritenuti non critici.

Sostanze indice	CSC (µg/l)	CSR (singola sostanza) (µg/l)	CSR finali (Rischio cumulato)
Benzene	1	3,11E+03	3,11E+03
Toluene	15	>5,26E+05*	5,26E+05
P-xilene	10	>1,85E+05*	1,85E+05
Cianuri	50	>1,00E+08*	1,00E+08
Arsenico	10	>4,40E+08*	4,40E+08
Manganese	50	>9,30E+05*	9,30E+05
Nitriti	500	>1,20E+08*	1,20E+08
* Corrisponde alla concentrazione di saturazione (Solubilità)			

Tabella 5.2. CSR sito-specifici per le acque della falda superficiale

6.0 Conclusioni

Il presente documento costituisce l'Analisi di Rischio Sito Specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06", relativa allo stabilimento Edison di Taranto, ubicato nel complesso industriale in via per Statte s.n., nel comune di Taranto.

Le analisi di laboratorio condotte sui campioni di terreno prelevati durante le attività di caratterizzazione ambientale, hanno evidenziato la presenza di idrocarburi pesanti C>12 e rame in concentrazioni superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) per siti ad uso commerciale/industriale.

A seguito dell'esecuzione dell'Analisi di Rischio sito-specifica i valori di 3000 mg/kg per gli idrocarburi C>12 (TPH) e 636 mg/kg per il rame devono essere considerati, per il sito in oggetto, i valori di riferimento come Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) finali espresse sul secco. Le concentrazioni massime presenti nel sito non eccedono tali valori e pertanto comportano un rischio tossicologico e cancerogeno (non applicabile in questo caso) accettabile sulla base del modello concettuale considerato.

Così come riportato nella seguente Tabella 6.1.

Sostanze indice	CSR finali Rischio cumulato (espresse sul s.s.) (mg/kg)	Concentrazioni massime riscontrate nel sito per le sostanze indice (espresse sul s.s.) (mg/kg)	Superamenti delle CSR?
Idrocarburi pesanti (C>12)	3.000*	2.260	NO
Rame	636**	636	NO
<p>* Corrisponde alla concentrazione massima rilevata nel sito in esame per gli idrocarburi totali (TPH), espressa sulla sostanza secca</p> <p>** Corrisponde alla concentrazione massima rilevata nel sito in esame per il rame, espressa sulla sostanza secca</p>			

Tabella 6.1 – Confronto delle CSR dei terreni con le concentrazioni massime

Le analisi di laboratorio condotte sui campioni di acque di falda, prelevati durante le campagne di monitoraggio di gennaio, maggio e luglio 2006, hanno evidenziato la presenza di concentrazioni superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) per i seguenti composti:

- Benzene;
- Toluene;
- M,p-xilene;
- Cianuri;
- Arsenico;
- Manganese;
- Nitriti.

Si evidenzia che le indagini ambientali condotte sulle acque di falda hanno mostrato la presenza di composti differenti rispetto a quelli riscontrati nei terreni durante le indagini di caratterizzazione. L'inquinamento potenziale delle acque di falda non risulta quindi correlabile con quello riscontrato nei terreni.

Considerando inoltre l'ubicazione geografica del sito, ubicato all'interno di una vasta area industriale, ne consegue che la contaminazione potenziale rilevata nelle acque di falda sottostanti lo stabilimento Edison di Taranto non è generata da fonti interne al sito stesso, ma deriva da sorgenti non ancora identificate, esterne al sito.

Per la matrice acque sotterranee, dall'Analisi di Rischio sito-specifica è emerso quanto segue:

- Il valore di CSR finale per il Benzene corrisponde a 3110 C µg/l.
- Le CSR calcolate per le rimanenti sostanze indice in modalità backward evidenziano valori superiori alla solubilità. In via cautelativa, si propone di considerare per il sito in oggetto i valori corrispondenti alla solubilità quali CSR finali per le sostanze suddette nelle acque di falda.

Le concentrazioni massime rilevate durante i monitoraggi di riferimento non eccedono tali valori e pertanto comportano un rischio tossicologico e cancerogeno accettabile sulla base del modello concettuale considerato.

I valori di CSR finali proposti per le acque sotterranee sono sintetizzati nella seguente Tabella 6.2.

Sostanze indice	CSR finali Rischio cumulado (µg/l)	Concentrazioni massime riscontrate nel sito (µg/l)	Superamenti delle CSR?
Benzene	3,11E+03	11,0	NO
Toluene	5,26E+05*	90,9	NO
M,p-xilene	1,85E+05*	85,5	NO
Cianuri	1,00E+08*	2800	NO
Arsenico	4,40E+08*	58,3	NO
Manganese	9,30E+05*	3170	NO
Nitriti	1,20E+08*	2020	NO
* Corrisponde alla concentrazione di saturazione (Solubilità)			

Tabella 6.2 – Confronto delle CSR delle acque di falda superficiale con le concentrazioni massime

Sulla base dei risultati sopra riportati, emersi dall'Analisi di Rischio sito-specifica, è possibile affermare che per il sito in oggetto ricorrono le condizioni previste dall'Art. 242 comma 5 del D.Lgs. 152/2006, ovvero che l'area in esame risulta non contaminata

In tal senso si richiede la conclusione positiva del procedimento amministrativo avviato.

7.0 Bibliografia

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" rev.0, Giugno 2005.

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" rev.1, Luglio 2006.

American Petroleum Institute "Migration of soil gas vapors to indoor air" (Johnson, Ettinger et al.), 2002.

American Society for Testing and Materials, (ASTM) "Emergency Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites," ASTM E-1739, Philadelphia, PA, 1995.

American Society for Testing and Materials, (ASTM) "Standard Guide for Risk-Based Corrective Action," ASTM E-2081, Philadelphia, PA, 2004.

American Petroleum Institute "Identification of Critical Parameters for the Johnson Ettinger (1991) Vapor Intrusion Model", 2002.

Connor J. et al. "Soil Attenuation Model for Derivation of Risk-Based Soil Remediation Standards", Groundwater Services Inc., 1997.

Department of Toxic substances Control California Environmental Protection Agency, "Guidance for the Evaluation and mitigation of subsurface vapor intrusion to indoor air", California, 2004 (revised February 2005).

Domenico P. A. "An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species", Journal of Hydrogeology, 1987.

Gilbert Castany G. "Idrogeologia principi e metodi", Dario Flaccovio Editore 1985.

Groundwater Services, Inc. (GSI) "RBCA tool kit, Chemical Releases. Guidance Manual", 1998.

De Angelis L. "Elementi di tossicologia analitica" Università degli studi, Milano, 1997.

De Fraja Frangipane E, Andreottola G., Tatanò F. "Terreni contaminati", C.I.P.A. Editore, 1994.

Eve Roberts "Remediation of petroleum-contaminated soil", 1998.

I.R.S.A. - C.N.R. "Metodi analitici per i fanghi: parametri biochimici, biologici e chimico-fisici, Quaderno 64", 1985.

Massachusset Department of Environmental Protection, Bureau of Waste Site Cleanup "Interim Final Petroleum Report: Development of Health-based Alternative to the Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) parameter", Boston, Agosto 1994.

Massachusset Department of Environmental Protection, Bureau of Waste Site Cleanup "Updated Petroleum Hydrocarbon Fraction Toxicity Values for the VPH/EPH/APH Methodology", Boston, Novembre 2003.

New Jersey Department of Environmental Protection and Energy "Field Sampling Procedures Manual", 1992.

Provincia di Milano Settore Rifiuti e Bonifiche, Servizio Bonifiche Siti Contaminati e URS Italia S.p.a “*Giuditta 3.1. Manuale d’uso*”, 2006.

Repubblica Italiana “D.Lgs. Governo n° 152 del 03/04/2006. “*Norme in materia ambientale*”. emanato da: Presidente della Repubblica e pubblicato/a su: Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 88 del 14/04/2006”, Roma, 2006.

RISC v.4 (Risk-Integrated Software for Clean-ups) “*User’s manual*” Lynn Spence (Spence engineering), Terry Walden (BP Oil International), October 2001.

Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group Series “*Volume 1. Analysis of Petroleum Hydrocarbons in Environmental media*”, Amherst, Massachusetts, 1998.

Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group Series “*Volume 2. Composition of Petroleum Mixtures*”, Amherst, Massachusetts, 1998.

Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group Series “*Volume 3. Selection of representative TPH fractions based on fate and transport consideration*”, Amherst, Massachusetts, 1997.

Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group Series “*Volume 4. Development of fraction specific reference doses (RfDs) and reference Concentrations (RfCs) for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)*”, Amherst, Massachusetts, 1997.

Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group Series “*Volume 5. Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: implementing the working group approach*”, Amherst, Massachusetts, 1997.

UNICHIM “*Manuale UNICHIM n. 196/1 – Suoli e falde contaminati – Analisi di rischio sito-specifica. Criteri e parametri*”, 2002.

Unione Europea *Direttiva CEE/CEEA/CE n° 548 del 27/06/1967 67/548/CEE: “Direttiva del Consiglio, del 27 giugno 1967, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all’imballaggio e all’etichettatura delle sostanze pericolose” e successivi aggiornamenti.*

U.S.EPA - Office of Research and Development “*A decision-making framework for clean-up of site impacted with LNAPL*”, Washington D.C., 2004.

U.S.EPA - Office of Solid Waste “*Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, SW-846*”, Washington D.C., 1986.

U.S.EPA “*Guidance for the Data Quality Objectives Process, EPA QA/G-4 – EPA/600/R/96.05*”, Washington D.C., 1994.

U.S.EPA “*Guidance for Evaluating the Vapor Intrusion to Indoor Air Pathway from Groundwater and Soils (Subsurface Vapor Intrusion Guidance)*”, Draft - EPA/530/f/02/052, 2002.

U.S.EPA - Office of Emergency and Remedial Response “*Risk Assessment. Guidance for Superfund. Volume I. Human health Evaluation Manual, Part A*”. Washington D.C., 1989.

U.S.EPA - Office of Solid Waste and Emergency Response “*Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) – Volume I. Part B Development of Risk-Based Preliminary Remediation Goal*”, 1991.

U.S.EPA - Office of Solid Waste and Emergency Response “*Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) – Volume I. Human Health Evaluation Manual, Part C Risk Evaluation of Remedial Alternatives*”, 1991.

U.S.EPA - Office of Solid Waste and Emergency Response “*Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) – Volume I. Human Health Evaluation Manual, Part D Standardized Planning Reporting and Review of Superfund Risk Assessment*”, 1998.

U.S.EPA – Office of Solid Waste and Emergency Response “*Quality Assurance Guidance for Conducting Brownfields Site Assessment, EPA/540/R98/038 (OSWER 9230.0-83P)*”, Washington D.C., 1998.

U.S.EPA - Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) - *Human Health Evaluation Manual - Supplemental Guidance "Standard Default Exposure Factors"* - OSWER, PB91-921314, 1991.

U.S.EPA - Region 9 “*User's Guide and Background Technical Document for US-EPA Region 9's Preliminary Remediation Goals (PRG)*” Table - PRG Table 2004 Update - 2004.

W.H.O. – International programme on Chemical Safety “*Guidelines for drinking-water quality – Vol. 2 Health criteria and other supporting information*”, W.H.O. 2nd Edition, 1996.

Siti Internet

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) <http://www.atsdr.cdc.gov>

Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/>

Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies in Europe – Review of Decision Support Tools for Contaminated Land Management, and their use in Europe - www.clarinet.at/library/final_report_1102.pdf

Groundwater Service Inc. <http://www.gsi-net.com>

Office of Environmental Hazard Health Assessment- California <http://www.oehha.ca.gov/prop65.html>

Provincia di Milano – Settore Bonifiche – Bonifiche Online – www.provincia.milano.it/ambiente/

Risk Assessment Information System http://risk.lsd.ornl.gov/tox/tox_values.shtml

U.S.EPA Integrated Risk Information System <http://www.epa.gov/iris/index.html>

U.S.EPA National Center of Environmental Assessment <http://cfpub.epa.gov/ncea>

U.S.EPA Soil Waste Emergency Response <http://www.epa.gov/oswer/index.htm>

U.S.EPA Region 9, Preliminary Remediation Goal
<http://www.epa.gov/region09/waste/sfund/prg/index.html>

Washington state <https://fortress.wa.gov/ecy/clarc/CLARHome.aspx>.

Elenco delle Tavole

- Tavola 1 Concentrazioni superiori ai limiti di legge riscontrate nei terreni durante le indagini di caratterizzazione ed ubicazione delle trincee eseguite nel luglio 2006
- Tavola 2 Identificazione delle aree sorgenti per la matrice terreno
- Tavola 3 Identificazione delle aree sorgenti per la matrice acqua di falda superficiale

Elenco degli Allegati

- Allegato 1 Certificati analitici relativi alle analisi dei campioni di terreno prelevati dalle trincee “Saggio 1 e Saggio 8”
- Allegato 2 Verifica della stabilità dei serbatoi di olio combustibile MB1, MB2, MB3 e dello stato di conservazione dei bacini di contenimento degli stessi
- Allegato 3 Elaborazioni del software RBCA Tool kit

ALLEGATO 1

**Certificati analitici relativi alle analisi dei campioni di terreno
prelevati dalle trincee "Saggio 1 e Saggio 8"**

ALLEGATO 2

**Verifica della stabilità dei serbatoi di olio combustibile MB1, MB2, MB3
e dello stato di conservazione dei bacini di contenimento degli stessi**

ALLEGATO 3

Elaborazioni del software RBCA Tool kit

TERRENI - Rame

TERRENI – Idrocarburi pesanti (C>12)

ACQUE DI FALDA