



**COMUNE DI  
PALERMO**

**CITTA' METROPOLITANA DI  
PALERMO**

*Committente:*

***“Autorità Portuale di Palermo”***

*Via Piano dell'Ucciardone, 4 Palermo*



**ELABORATO:**

***Porticciolo di S.Erasmo (PA)***

***“Analisi di Rischio sanitario ambientale sito-specifica***

***ex art. 245 e ex art.242 D.Lgs 152/06”***

***-RELAZIONE TECNICA FINALE-***

**C.A.D.A. snc**  
Monitoraggi Ambientali  
**Responsabile**  
*dott. Giandomenico Nardone*

**C.A.D.A. snc**  
Divisione Tecnica  
**Direttore**  
*dott. Filippo Giglio*

*Menfi li, 05/12/2016*

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>L'ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA .....</b>	<b>8</b>
2.1	Definizione dell'Analisi di rischio sito-specifica .....	10
2.2	Livelli di analisi previsti dalla procedura RBCA.....	13
2.3	Procedure per l'implementazione dell'analisi di rischio .....	18
2.3.1	Raccolta e valutazione dei dati .....	18
2.3.2	Valutazione della tossicità.....	19
2.3.3	Valutazione dell'esposizione .....	19
2.3.4	Valutazione del rischio sanitario-ambientale.....	20
2.4	Gestione del rischio.....	21
<b>3</b>	<b>CRONISTORIA DEGLI EVENTI.....</b>	<b>23</b>
3.1	Fase 1: aprile 2014 -Rimozione rifiuti-.....	23
3.2	Fase 2: giugno 2014 -Indagine top soil-.....	26
3.3	Fase 3: gennaio 2015 -Interventi ex art.249-.....	33
3.4	Fase 4: aprile 2016 -Piano della caratterizzazione-.....	36
3.5	Rete di realizzazione interventi diretti (sondaggi).....	37
3.5.1	Punto di conformità .....	38
3.5.2	Campioni prelevati .....	40
3.5.3	Report Analitici Piano della Caratterizzazione .....	41
3.5.4	Procedura di validazione dei risultati.....	48
3.5.5	Risultanze del Piano della caratterizzazione.....	50
3.5.5.1	Suoli e sottosuoli .....	51
3.5.5.2	Acque sotterranee .....	57

3.6	Considerazioni conclusive relative al Piano di Caratterizzazione .....	59
4	APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO .....	60
4.1	Descrizione del sito .....	60
4.2	Foto storiche del porticciolo di Sant'Erasmo.....	66
4.2.1	Inquadramento geografico .....	68
4.3	Modello concettuale definitivo.....	68
4.4	Sorgente di contaminazione (potenziali o conclamate) .....	71
4.5	Percorsi potenziali dell'inquinamento .....	74
4.6	Bersagli dell'inquinamento .....	77
4.7	CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE .....	77
4.7.1	Geometria della zona insatura di suolo.....	79
4.7.2	Geometria della sorgente secondaria di contaminazione .....	80
4.8	CARATTERIZZAZIONE DELLE VIE DI MIGRAZIONE, ESPOSIZIONE E BERSAGLI .....	84
4.8.1	Migrazione .....	84
4.8.2	Esposizione e Bersagli.....	86
4.9	CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO .....	88
5	SOFTWARE UTILIZZATO .....	90
6	RISULTANZE DELL'ANALISI DI RISCHIO .....	102
6.1	Definizione delle CSR .....	109
7	CONCLUSIONI.....	111

***Allegato 1: Planimetrie***

***Allegato 2: Rapporti di Prova Suoli***

***Allegato 3: Rapporti di Prova Acque sotterranee***

***Allegato 4: Stratigrafie***

***Allegato 5: Verbali di Campionamento***

***Allegato 6: Validazione ARPA ST***

## 1 PREMESSA

In data 4 marzo 2016, con protocollo n. 0002137/16, l’Autorità Portuale di Palermo ha affidato alla Chimica Applicata Depurazione Acque di F.Giglio il seguente incarico, **“Servizio per l’espletamento delle attività di indagine da eseguirsi “in situ” ed “ex situ”, prescritte dal Piano di Caratterizzazione ai sensi dell’art. 249 del D. Lgs. 152/06 del Porticciolo di S. Erasmo”**.

Il piano di caratterizzazione citato è stato redatto ai sensi ex art. 245 e ex art. 242 del D.Lgs 152/06, per conto dell’Autorità portuale di Palermo, dalla Chimica Applicata Depurazione Acque, trasmesso in data 15 settembre 2015 e acquisito dal Dipartimento regionale dell’acqua e dei rifiuti -*Assessorato Regionale dell’energia e dei servizi di pubblica utilità della Regione Sicilia*- in data 15/9/2015 prot.n.38895.

In data 19 novembre 2015 la Conferenza dei Servizi svoltasi presso i locali del Dipartimento regionale dell’acqua e dei rifiuti -*Assessorato Regionale dell’energia e dei servizi di pubblica utilità*- approvava il Piano della Caratterizzazione senza alcuna prescrizione di merito.

In data 9 dicembre 2015 con D.D.G. n 2288 del Dipartimento regionale dell’acqua e dei rifiuti -*Assessorato Regionale dell’energia e dei servizi di pubblica utilità della Regione Sicilia*- veniva autorizzato il piano della caratterizzazione che prevedeva, dal citato incarico conferito dall’Autorità Portuale di Palermo:

- a. *redazione di dettagliato cronoprogramma delle attività;*
- b. *indagini indirette finalizzate allo studio del sottosuolo;*
- c. *realizzazione di n° 6 sondaggi di tipo ambientale a carotaggio continuo a profondità variabile e “spinti” fino al raggiungimento della zona satura del terreno e, comunque, almeno fino alla profondità di 5 metri dal piano campagna;*
- d. *realizzazione di N° 4 sondaggi di tipo ambientale a carotaggio continuo da attrezzare a piezometro “spinti” fino al substrato impermeabile (argilloso);*

- e. prelievo di N° 4 campioni di acque sotterranee dal totale dei piezometri opportunamente realizzati e installati;
- f. prelievo di n° 18 campioni di suolo profondo (3 campioni per sondaggio per 6 sondaggi);
- g. esecuzione delle analisi di laboratorio su 18 campioni di suolo e sottosuolo;8) esecuzione delle analisi di laboratorio su 4 campioni di acque sotterranee;
- h. definizione dell'analisi di rischio sito specifica secondo quanto previsto al comma 4 dell'art. 242 del D.Lgs. 152/06;**

Con l'attuazione del Piano della Caratterizzazione ambientale, redatto e attuato in accordo con quanto dettato dall'allegato 2 parte IV titolo V del D.Lgs 152/06, è stato definito che il sito oggetto di indagine **risulta interessato da un fenomeno di potenziale contaminazione ambientale diffusa che interessa sia la matrice suolo che le acque sotterranee.**

I risultati ottenuti hanno definito che l'area in oggetto è identificabile, ai sensi dell'art. 240, comma d del D.Lgs.152/2006<sup>1</sup>, quale “**sito potenzialmente contaminato**”.

Pertanto, dalla “**Caratterizzazione ambientale del sito**” è stato possibile giungere alla necessaria definizione del “**Modello Concettuale Definitivo**” e, in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente in materia di siti contaminati, è stata prodotta la presente “**Analisi di Rischio sito-specifica**”, ai sensi del *comma 4 art. 242 del Parte IV titolo V del D.Lgs 152/06* e ss.mm.ii.

---

**<sup>1</sup> Art. 240, comma d):**

“**sito potenzialmente contaminato:** un sito nel quale uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinanti rilevati nelle matrici ambientali risultino superiori ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC), in attesa di espletare le operazioni di caratterizzazione e di analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica, che ne permettano di determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle concentrazioni soglia di rischio (CSR)”.

## 2 L'ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA

La procedura di analisi di rischio dei siti contaminati ha avuto la prima grande applicazione negli USA, nell'ambito del progetto *SUPERFUND*. Furono identificati valori limite guida (SSL: Soil Screen Levels) per un centinaio di sostanze di potenziale danno per il bersaglio umano. La procedura a tale scopo adoperata è nota come **RBCA** (Risk Based Corrective Action) definita dall'ASTM (American Society for Testing and Materials) messa a punto nel 1995 con la norma E1739/95.

A seguito di ciò furono istituite anche in Europa reti di collaborazioni tra soggetti istituzionali e industriali, tra cui *CARACAS* (Concerned Action on Risk Assessment for Contaminated Sites), *CLARINET* (Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies) e *NICOLE* (the Network for Industrially Contaminated Land in Europe).

Negli U.S.A. l'atto normativo che istituì il *SUPERFUND* era finalizzato ad evitare che i costi di imponenti bonifiche ambientali ricadessero sui contribuenti. Pertanto tale regolamento impose una tassa alle industrie che operavano nel settore chimico e del petrolio, i cui proventi venivano convogliati in un fondo (appunto *SUPERFUND*) destinato alla bonifica di siti fortemente inquinati, nel caso in cui non si riuscisse ad identificare il responsabile della contaminazione.

Ove invece il responsabile veniva identificato, a suo carico gravavano i costi delle attività di bonifica, anche nel caso in cui la contaminazione fosse avvenuta molto indietro nel tempo, conferendo alla legge quindi un potere retroattivo.

Il *SUPERFUND* aveva tre livelli di intervento. Il primo (*Fund Trust*) costituiva un fondo di sicurezza finanziato dalla tassazione principalmente di prodotti chimici e petroliferi, ma anche di altre sostanze potenzialmente inquinanti, ed era vincolato alla bonifica dei cosiddetti siti orfani, per i quali non era possibile riconoscere un soggetto responsabile.

Il secondo livello prevedeva un'attività capillare di analisi sui siti inquinati che consentiva di stabilire la loro pericolosità e l'urgenza della bonifica con la definizione appunto di una lista nazionale di priorità.

Il terzo livello prevedeva l'obbligo inderogabile per le aziende che gestivano impianti ancora in attività di disporre immediati interventi di bonifica, una volta accertata l'eventuale pericolosità della produzione o delle scorie prodotte sia per l'ambiente che per la salute della popolazione.

Responsabile della gestione del SUPERFUND era l'EPA (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente), che si occupava (e si occupa ancora oggi) di identificare e selezionare i siti da bonificare, e che nel 1985 ha segnalato 1500 siti. In 15 anni è stata conclusa l'opera di bonifica nel 50% dei casi ed altro 40% sono in fase di completamento delle operazioni di risanamento.

In Italia La bonifica ed il risanamento delle matrici ambientali (suolo, sottosuolo, acque superficiali e profonde) compromessi, talora irreversibilmente, da attività antropiche gestite, soprattutto nel passato, con scarsa o nessuna sensibilità ambientale, è stata posta con forza all'attenzione dell'Italia attraverso l'approvazione di provvedimenti legislativi mirati.

L'**art. 17 del D.Lgs. n. 22/97** (decreto Ronchi) infatti ha posto le basi per affrontare il tema dei **siti contaminati** e della loro **bonifica** in modo uniforme a livello nazionale, sia dal punto di vista tecnico che procedurale, tema che è stato poi ripreso e articolato nel decreto ministeriale attuativo **471/1999**. Il **D. Lgs. 152/2006** “Norme in materia ambientale” e s.m.i. (parte quarta, titolo V) ha riordinato le disposizioni in materia modificando profondamente l'iter procedurale degli interventi di bonifica.

Allo stesso modo entrambi i provvedimenti hanno fornito indicazioni ben precise per quello che riguarda l'applicazione dell'analisi di rischio ai siti potenzialmente contaminati.

Conformemente a quanto contenuto nell'art. 242 comma 4 del D.Lgs 03 aprile 2006 n°152 (come modificato dal D.Lgs n°4 del 16 gennaio 2008 correttivo al T.U.A.) l'Analisi di Rischio Sito-specifica è attualmente lo strumento più avanzato di supporto alle decisioni nella gestione dei siti contaminati che consente di valutare, in via quantitativa, i rischi per

la salute umana connessi alla presenza di inquinanti nelle diverse matrici ambientali (suolo, sottosuolo e acque sotterranee).

## 2.1 Definizione dell'Analisi di rischio sito-specifica

L'Analisi di Rischio è lo strumento indicato dal Legislatore tramite il quale è possibile verificare se un sito, nel quale si sono registrati superamenti delle CSC sia da considerarsi **contaminato** oppure no.

Un superamento delle **CSC** (Concentrazioni Soglia di Contaminazione), in fase di Caratterizzazione, fa scattare infatti la procedura di *Analisi di Rischio sito specifica* al fine di determinare le **CSR** (Concentrazioni Soglia di Rischio); nel caso in cui le concentrazioni di inquinanti riscontrate in fase di caratterizzazione superino anche le CSR l'iter amministrativo prevede che il soggetto responsabile dell'inquinamento dia inizio alla progettazione dell'intervento di bonifica che avrà come obiettivo proprio il raggiungimento delle CSR così calcolate.

Ai sensi del comma 5 dell'art 242 che recita: "Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito è inferiore alle concentrazioni soglia di rischio, la conferenza dei servizi, con l'approvazione del documento dell'analisi del rischio, dichiara concluso positivamente il procedimento [...]" e del comma 7 "Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito e' superiore ai valori di concentrazione soglia di rischio (CSR), il soggetto responsabile sottopone alla regione, nei successivi sei mesi dall'approvazione del documento di analisi di rischio, il progetto operativo degli interventi di bonifica o di messa in sicurezza, operativa o permanente, e, ove necessario, le ulteriori misure di riparazione e di ripristino ambientale, al fine di minimizzare e ricondurre ad accettabilità il rischio derivante dallo stato di contaminazione presente nel sito [...]"

Le CSR quindi costituiscono al tempo stesso il parametro per definire il sito "contaminato o meno" e le concentrazioni obiettivo da conseguire tramite il successivo intervento di bonifica (tramite l'impiego delle BAT a costi sostenibili).

Ne consegue inoltre che sono **solo i risultati dell'Analisi di Rischio a definire un sito come "contaminato"**.

Le assunzioni conservative alla base dell'applicazione dell'analisi di rischio di livello 2 (ASTM) e l'utilizzo di parametri chimico fisici e tossicologici a scenari di massima esposizione, portano ad ottenere, in alcuni casi, obiettivi di bonifica (CSR) inferiori alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC). Tale incongruenza è stata (finalmente) eliminata con la pubblicazione delle **Linee Guida per l'Analisi di Rischio** da parte del Ministero dell'Ambiente di concerto con le ARPA regionali, in data 18.11.2014.

Le modalità secondo le quali predisporre una corretta Analisi di Rischio sito-specifica sono contenute nell'allegato 1 al Titolo V parte IV al D.Lgs 152/2000, mentre **ISPRA** (ex APAT) ha provveduto a compilare le Linee Guida e a stabilire i parametri sito-specifici obbligatori per la corretta esecuzione dell'**AdR**.

La Valutazione del Rischio è stata definita in modi diversi da molti autori che hanno affrontato la materia:

- in termini estremamente tecnici il **Risk Assessment** viene definito come “*processo sistematico per la stima di tutti i fattori di rischio significativi che intervengono in uno scenario di esposizione causato dalla presenza di pericoli*”;
- in termini meno tecnici la Valutazione del Rischio e la stima delle conseguenze sulla salute umana di un evento potenzialmente dannoso, in termini di probabilità che le stesse conseguenze si verifichino.

Il processo di valutazione, per sua natura, fornisce il grado di importanza dei rischi potenziali esaminati per il caso specifico, da confrontare con una base di riferimento univoca; tale base di giudizio è il livello di accettabilità/attenzione/necessità di bonifica, fissato in linee guida stabilite da parte di Enti ed Organismi di programmazione e salvaguardia ambientale nazionali e/o internazionali.

Lo strumento “Analisi di Rischio” per la valutazione dei siti contaminati, è in uso da alcune decine di anni ed ha ricevuto un forte impulso negli USA con il Programma Superfund ed in Europa con l'emergere del problema del risanamento di un numero molto ampio di siti e con l'avvio di programmi di collaborazione internazionale. La valutazione del rischio, o

analisi di rischio, connessa ad un sito inquinato, è al momento una delle procedure più avanzate per la valutazione del grado di contaminazione di un'area e per la definizione delle priorità e modalità di intervento nel sito stesso.

Il criterio dell'analisi assoluta conduce ad una valutazione del rischio connesso ad un sito, in termini di verifica delle possibili conseguenze legate alla sua situazione qualitativa e di definizione degli obiettivi di risanamento vincolati alle condizioni specifiche del singolo sito. Tale valutazione di rischio si effettua, in genere, su siti che rappresentano un pericolo cronico per l'uomo e/o l'ambiente, stimando un livello di rischio e, conseguentemente, dei valori limite di concentrazione, determinati in funzione delle caratteristiche della sorgente dell'inquinamento, dei meccanismi di trasporto e dei bersagli della contaminazione

Il **Rischio (R)**, come definizione derivata originariamente dalle procedure di sicurezza industriale, è inteso come la concomitanza della **probabilità di accadimento** di un evento dannoso (**P**) e dell'entità del **danno** provocato dall'evento stesso (**D**):

$$R = P \times D$$

Il danno conseguente all'evento incidentale (**D**), a sua volta, può essere dato dal prodotto tra un **fattore di pericolosità (Fp)**, dipendente dall'entità del possibile danno, e un **fattore di contatto (Fe)**, funzione della durata di esposizione:

$$D = Fp \times Fe$$

Nel caso di siti inquinati, la probabilità (P) di accadimento dell'evento è conclamata (P=1), il fattore di pericolosità è dato dalla **tossicità dell'inquinante (T [mg/kg d]<sup>-1</sup>)** ed il fattore di contatto è espresso in funzione della **portata effettiva di esposizione (E [mg/kg d])**, per cui, in generale, il rischio (R) derivante da un sito contaminato è dato dalla seguente espressione:

$$R = E \times T$$

Dove **E** ([mg/kg d]) rappresenta l'**assunzione cronica** giornaliera del contaminante e **T** ([mg/kg d]<sup>-1</sup>) la **tossicità** dello stesso. Il risultato R, viene poi confrontato con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi del rischio sanitario, per decidere se esistono o meno condizioni in grado di causare effetti sanitari nocivi.

Il calcolo del rischio si differenzia a seconda che l'inquinante sia cancerogeno oppure non-cancerogeno. Per le sostanze cancerogene:

$$R = E \times SF$$

Dove **R** (Rischio [adim]) rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore nel corso della vita, causati dall'esposizione alla sostanza, rispetto alle condizioni di vita usuali, **SF** (**Slope Factor** [mg/kg d]<sup>-1</sup>) indica la **probabilità** di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose.

Per le sostanze non cancerogene:

$$HQ = E / RfD$$

Dove **HQ** (**Hazard Quotient** [adim]) è un “Indice di Pericolo” che esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la **dose tollerabile o di riferimento, RfD (Reference Dose** [mg/kg d]) e la stima dell'esposizione media giornaliera che non produce effetti avversi apprezzabili sull'organismo umano durante il corso della vita.

La procedura di analisi di rischio può essere condotta in modalità diretta (*forward mode*) o inversa (*backward mode*). La modalità diretta permette di stimare il rischio sanitario per il recettore esposto, sia posto in prossimità del sito (*on-site*) che ad una certa distanza (*off-site*), conoscendo la concentrazione in corrispondenza della sorgente di contaminazione.

Avendo invece fissato il livello di rischio per la salute ritenuto accettabile per il recettore esposto, la modalità inversa permette il calcolo della massima concentrazione in sorgente compatibile con la condizione di accettabilità del rischio.

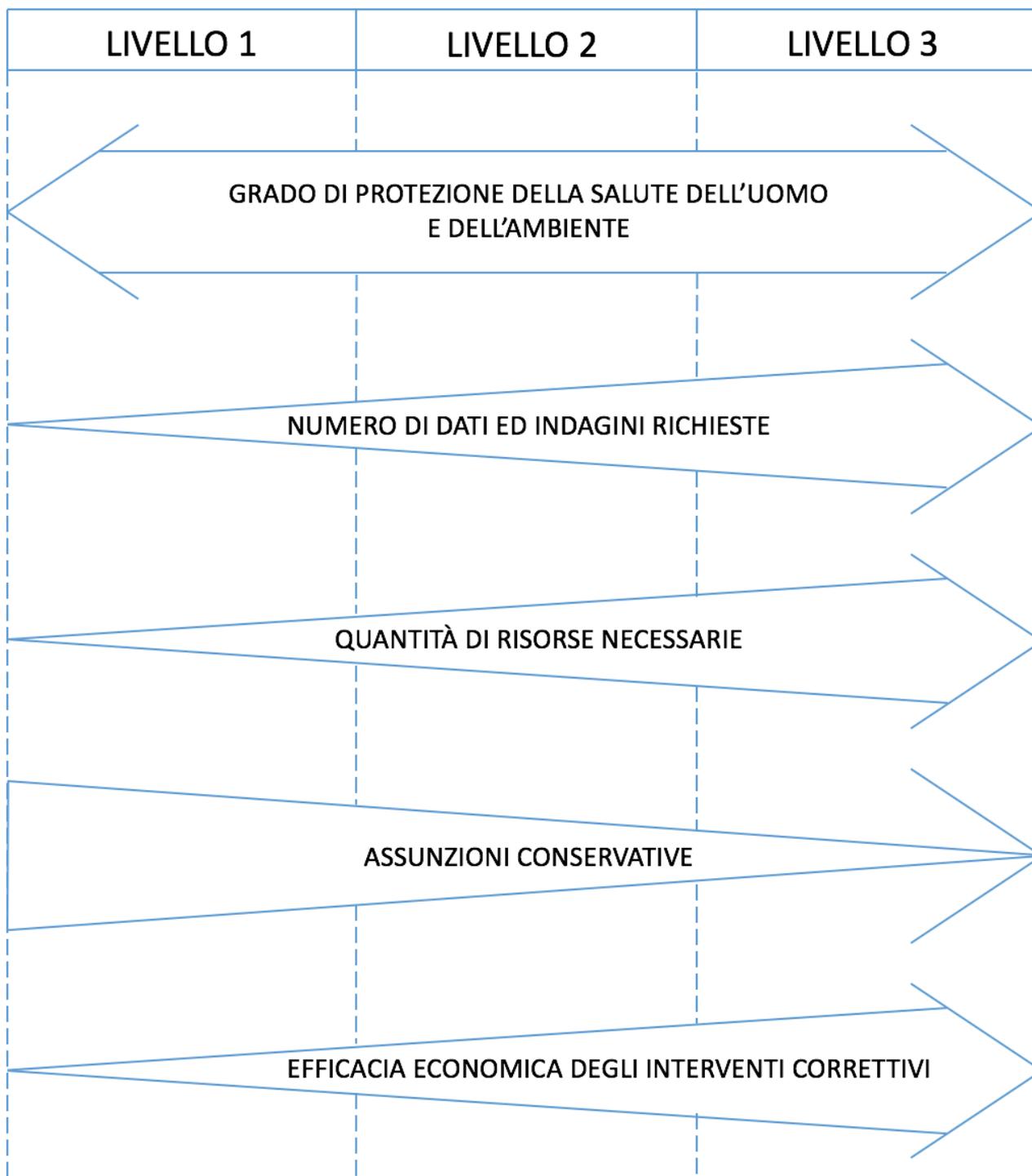
## 2.2 Livelli di analisi previsti dalla procedura RBCA

La valutazione assoluta di rischio è un processo scientifico che richiede, nella sua intera e rigorosa applicazione, un impegno tecnico ed economico rilevante, in considerazione della mole di dati necessari (e quindi delle indagini, prove ed analisi, da cui questi si ricavano) e delle elaborazioni matematiche conseguenti. Tuttavia, fatto salvo il principio basilare del caso peggiore (“*worste case*”) che deve sempre guidare la scelta tra alternative possibili, e

possibile suddividere la valutazione del rischio in livelli di analisi diversi, che differiscono essenzialmente per i tempi e l'impegno economico necessario.

Nel settore dei suoli contaminati il termine *Risk-Based Corrective Action* indica usualmente lo standard ASTM E1739/95 (“*Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites*”), pubblicato nel 1994 e revisionato nel 1995 dall’American Society for Testing and Materials (ASTM).realizzato per guidare gli interventi di risanamento sui siti contaminati da idrocarburi. Nel 1998 la norma è stata aggiornata ed integrata dalla guida PS104, che riguarda più in generale i rilasci di sostanze chimiche (ASTM, 1995; ASTM, 1998).

La procedura RBCA fa riferimento ad un approccio graduale basato su tre livelli di valutazione. Il passaggio a livelli successivi prevede una caratterizzazione più accurata del sito e l’abbandono di alcune ipotesi conservative. È importante sottolineare che il grado di protezione della salute e dell’ambiente non varia nei diversi livelli di analisi. Infatti, come evidenziato in Figura 1, all’aumentare del livello di analisi (da livello 1 a livello 3) aumenta il numero di dati e indagini richieste, nonché la quantità di risorse e l’efficacia economica degli interventi correttivi, mentre si riduce la conservatività delle assunzioni e si mantiene invariato il grado di protezione della salute dell’uomo e dell’ambiente.



**Figura 1 - Caratterizzazione dei diversi livelli di analisi di rischio previsti dalla procedura RBCA**

In tal modo la procedura RBCA si propone di fornire uno strumento pratico che possa essere utilizzato come riferimento, anche per gli enti di controllo e per i legislatori, al fine di sviluppare programmi ed interventi basati sulla valutazione dei rischi.

Di seguito vengono brevemente discusse le condizioni a cui fanno riferimento i diversi livelli previsti dalla procedura RBCA.

### Livello 1

L'analisi di rischio condotta a tale livello, fa riferimento a condizioni sito-generiche e rappresenta quindi una valutazione di screening. Prende in considerazione percorsi di esposizione diretti o indiretti, fattori di esposizione conservativi ed equazioni di trasporto di tipo prettamente analitico.

Applicando tale livello di analisi (“*tier 1*”) si derivano i **Risk Based Screening Levels (RBSL)**, ossia dei livelli di screening delle concentrazioni nelle matrici ambientali. La posizione del punto di esposizione coincide con la sorgente di contaminazione quindi vengono considerati soltanto bersagli on-site.

### Livello 2

Tale livello di analisi fa riferimento a condizioni sito-specifiche ed e quindi una valutazione di maggiore dettaglio. Prevede l'utilizzo di modelli analitici per la stima della concentrazione al punto di esposizione considerando un mezzo omogeneo e isotropo.

Applicando tale livello di analisi (“*tier 2*”) si derivano i **Site Specific Target Levels (SSTL)**, valori di concentrazione nelle matrici ambientali suolo insaturo e saturo che possono essere considerati quali obiettivi di bonifica.

Necessita di una quantità maggiore di dati rispetto all'analisi di livello 1, e vengono considerati più scenari e parametri di esposizione sito-specifici; la posizione del punto di esposizione e quella effettiva o potenziale (bersagli “on site” e “off site”).

### Livello 3

Il livello 3 di analisi permette una valutazione sito-specifica di maggiore dettaglio. Utilizza modelli numerici e analisi probabilistiche che consentono di poter considerare

l'eterogeneità del sistema e di generalizzare la geometria della sorgente inquinante e delle condizioni al contorno. La sua applicazione richiede però una maggior conoscenza del sistema fisico e, conseguentemente, una fase di “*site assessment*” più approfondita con una maggior quantità di dati.

Come per il livello 2, la posizione del punto di esposizione e quella effettiva o potenziale e dalla applicazione di tale livello di analisi (“*tier 3*”) si derivano i **Site Specific Target Levels** (SSTL).

Il livello 2, essendo intermedio tra i tre proposti dalla procedura RBCA, rappresenta, in genere, un buon compromesso tra l'utilizzo di valori tabellari, corrispondenti alla applicazione del livello 1, e l'applicazione di modelli numerici complessi, tipicamente utilizzati per una analisi di livello 3.

Un presupposto fondamentale per l'applicazione di un livello 2 di analisi riguarda la scelta di utilizzare modelli analitici per la stima dei fattori di trasporto delle specie chimiche contaminanti attraverso i diversi comparti ambientali. Ciò comporta una estrema semplificazione del modello concettuale del sito e quindi l'utilizzo di un numero ridotto di parametri caratteristici dello stesso [EPA, 1998].

In generale, l'applicazione di modelli analitici comporta la:

- semplificazione della geometria del sito;
- semplificazione delle proprietà fisiche del comparto ambientale attraverso cui avviene la migrazione (es. ipotesi di omogeneità);
- definizione semplificata della geologia e della idrogeologia del sito;
- indipendenza dei parametri di input rispetto alla variabile tempo;
- rappresentazione semplificata dei meccanismi di trasporto e dispersione.

Tali incertezze insite nell'uso di modelli analitici sono compensate dalla conservatività sia delle equazioni di *fate and transport* sia dei parametri inseriti quali input.

I principali vantaggi dei modelli analitici riguardano la semplicità di implementazione e di applicazione, la necessità di inserire in input un numero limitato di parametri, la loro stabilità numerica e la conservatività degli output.

Una importante limitazione dei modelli analitici è che, in alcuni casi, sono talmente semplificati al punto da trascurare importanti aspetti del sistema ambientale reale. In sintesi, la principali limitazioni riguardano:

- l'impossibilità di rappresentare le proprietà di un mezzo eterogeneo;
- l'impossibilità di tener conto delle variabilità temporali dei fenomeni simulati;
- l'incapacità di tener conto della presenza di sorgenti di contaminazioni multiple;
- l'impossibilità di tener conto delle irregolarità legate alla geometria del sito e alla sorgente di contaminazione.

## 2.3 Procedure per l'implementazione dell'analisi di rischio

La procedura per implementare un'analisi di rischio di un sito contaminato si sviluppa in quattro fasi operative che sono di seguito sintetizzate.

### 2.3.1 Raccolta e valutazione dei dati

In questa fase vengono condotte le indagini e gli studi per la caratterizzazione preliminare del sito e l'identificazione dei contaminanti che possono determinare condizioni di pericolo; sulle sostanze individuate si esegue poi l'analisi di rischio.

Le indagini riguardano:

1. sorgente: sostanze pericolose presenti nel sito e loro localizzazione, concentrazioni, proprietà fisico/chimiche e dei tempi di rilascio delle sostanze pericolose;
2. percorsi: identificazione dei comparti ambientali attraversati, evoluzione spazio temporale delle concentrazioni, misura o stima dei tempi di decadimento, degradazione o di accumulo;
3. bersagli: identificazione dei potenziali ricettori delle sostanze individuate e della loro sensibilità (residenti, frequentatori del sito, lavoratori e bambini), concentrazioni delle sostanze arrivano ai recettori.

I dati raccolti, dopo una preventiva valutazione critica sulla loro affidabilità, dovranno essere organizzati per ogni matrice ambientale e confrontati dapprima con il fondo naturale.

Successivamente si opera una selezione delle sostanze significative per il sito su cui effettuare l'analisi di rischio delle quali andranno ricercate le caratteristiche chimico-fisiche (solubilità, volatilità, etc.) e tossicologiche.

### 2.3.2 Valutazione della tossicità

Viene valutata la potenzialità dei contaminanti nel causare un aumento nella incidenza di effetti nocivi alla salute degli individui esposti e di stimare la relazione tra l'entità dell'esposizione e la gravità degli effetti stessi.

Viene innanzitutto determinata la proprietà tossica o cancerogena della sostanza e successivamente viene determinata la relazione dose-risposta in termini quantitativi.

La disponibilità di informazioni tossicologiche sulle diverse sostanze avviene ad esempio tramite le seguenti banche dati:

- IRIS (Integrated Risk Information System);
- HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables);
- Inventario Nazionale delle Sostanze Chimiche (Istituto Superiore di Sanità di Roma).

Per le sostanze non cancerogene si raccolgono i dati di **RfD** (Reference Dose), mentre per quelle cancerogene i dati di **SP** (Slope Factor).

### 2.3.3 Valutazione dell'esposizione

Vengono stimati il tipo ed entità dell'esposizione alle sostanze potenzialmente nocive che sono presenti o migrano dal sito.

I risultati della valutazione vengono poi abbinati alle informazioni tossicologiche per caratterizzare e calcolare i rischi potenziali.

L'entità dell'esposizione è determinata dalla misura o stima delle quantità di sostanze che possono entrare in contatto con l'uomo.

Un percorso di esposizione per essere completo richiede una sorgente ed un meccanismo di rilascio nell'ambiente, un mezzo di trasporto (es. aria, suolo, acque sotterranee) per

migrare dalla sorgente al recettore, un punto di potenziale contatto tra il mezzo ed il recettore (punto di esposizione) e una modalità di trasferimento all'interno del corpo umano (es. ingestione, inalazione).

Per quanto riguarda le possibilità di esposizione si devono valutare:

- ingestione suolo;
- contatto dermico suolo;
- inalazione vapori dal suolo (indoor e outdoor);
- inalazione vapori provenienti da acque sotterranee (indoor e outdoor);
- inalazione vapori da prodotto libero;
- inalazione polveri (indoor e outdoor);
- lisciviazione sostanze chimiche dal suolo verso la falda;
- consumo vegetali coltivati.

Questo processo prevede pertanto che si debba stimare dal punto di vista quantitativo ed adottando presupposti cautelativi la concentrazione massima prevedibile per un determinato percorso.

#### 2.3.4 Valutazione del rischio sanitario-ambientale

Il rischio causato dalle sostanze non cancerogene viene valutato associando le stime di assunzione alle stime di tossicità della sostanza:

$$R = E/R_{fd} = HQ;$$

in presenza di più sostanze sui cui effettuare la valutazione si avrà:

$$R = \sum E/R_{fd} = THQ.$$

Verrà considerato accettabile il caso in cui  $THQ < 1$ .

Il rischio dovuto alle sostanze cancerogene è espresso come la probabilità che un individuo contragga il cancro in seguito ad una esposizione cronica alla sostanza considerata:

$$R = E \cdot SF;$$

anche in questo caso, considerando la presenza di più sostanze cancerogene, si avrà:

$$R = \Sigma E \cdot SF.$$

Pertanto si avrà che:

- $R > 10^{-4}$  il rischio non è considerato tollerabile e occorre intervenire sulle sorgenti (ad esempio: rimozione, attenuazione) sui percorsi (ad esempio: interruzione, minimizzazione) o sui bersagli (ad esempio: allontanamento, monitoraggio);
- $R$  tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  sono necessarie specifiche valutazioni al fine di giudicare la necessità e la tipologia di interventi sul sito;
- $R < 10^{-6}$  il rischio viene giudicato tollerabile e quindi non viene richiesta alcuna azione.

L'ultima fase della valutazione di rischio è la presentazione delle incertezze associate alla stima effettuata in modo da riconoscere i limiti delle elaborazioni eseguite.

Potrebbe a tal proposito essere adottata una procedura probabilistica in cui per ogni variabile considerata si considera la sua distribuzione di probabilità.

## 2.4 Gestione del rischio

Sulla base quindi dei risultati dell'analisi di rischio, si possono verificare due distinte situazioni:

- il livello di rischio calcolato in tutti i punti di esposizione e per tutti i contaminanti indicatori è da ritenersi accettabile; ne consegue che nessun tipo di intervento è richiesto, se non quello di realizzare una adeguata rete di monitoraggio finalizzata a verificare, a medio e lungo termine, che la condizione di rischio accettabile perduri nel tempo e con il possibile mutare delle condizioni al contorno;

b) il livello di rischio calcolato supera gli standard di accettabilità; ne consegue che occorre intervenire operativamente sul sito mediante una bonifica con messa in sicurezza.

Considerata la relazione sorgente-percorso-bersaglio, l'intervento di riduzione del rischio ai livelli ammissibili può operare su uno o più di tali fattori:

- *sorgente*: rimozione della contaminazione o sua immobilizzazione;
- *percorsi di esposizione*: disattivazione di uno o più percorsi (con diaframmi, coperture, barriere idrauliche, etc.);
- *bersagli*: modifica della destinazione d'uso del sito.

## 3 CRONISTORIA DEGLI EVENTI

### 3.1 Fase 1: aprile 2014 -Rimozione rifiuti-

A seguito di ripetuti eventi di abbandono di rifiuti da parte di ignoti nell'area del porticciolo di Sant'Erasmus (Palermo), nel mese di aprile del 2014, l'Autorità Portuale di Palermo ha dato vita ad un piano degli interventi per la caratterizzazione e classificazione dei rifiuti “abbandonati” finalizzato all'avvio a recupero/smaltimento degli stessi.

Obiettivo degli interventi è stato quello di rimuovere i rifiuti, ripristinare i luoghi e riportarli alla loro configurazione iniziale. In fase di caratterizzazione e classificazione sono stati individuati e smaltiti tutti i rifiuti presenti nell'area (in tabella 1 sono elencate tutte le tipologie di rifiuti smaltiti) e sono stati ripristinati i luoghi.

A valle di detta attività su indicazione dei Carabinieri del Nucleo Operativo Ecologico e di concerto con l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, in data 16 giugno 2014, personale C.A.D.A. su incarico dell'autorità portuale di Palermo [Prot. N. 0004666/14 del 16/5/2014] ha provveduto al campionamento di n. 5 Top Soil distribuiti sull'area interessata.

**Tabella 1. Elenco tipologia dei rifiuti**

Tipologia Rifiuti	Codice CER	Famiglia CER	Descrizione	Materia Rifiuti	Categoria Rifiuti
Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco	160103	Rifiuti non specificati	Pneumatici fuori uso	Pneumatici	Rifiuti speciali
Misti da costruzione e demolizione	170904	Rifiuti da operazioni di demolizione	Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche	Demolizioni	Rifiuti speciali
Frazioni oggetto di raccolta differenziata	200111	Rifiuti urbani	Prodotti tessili	Prodotti tessili	Rifiuti urbani

Frazioni oggetto di raccolta differenziata	200138	Rifiuti urbani	Legno, diverso da quello di cui alla voce 20 01 37	Legno	Rifiuti urbani
Frazioni oggetto di raccolta differenziata	200139	Rifiuti urbani	Plastica	Plastica varia	Rifiuti urbani
Frazioni oggetto di raccolta differenziata	200140	Rifiuti urbani	Metallo	Metallo, latte	Rifiuti urbani
Rifiuti prodotti da giardini e parchi (inclusi i rifiuti provenienti da cimiteri)	200201	Rifiuti urbani	Rifiuti biodegradabili	Parti vegetali	Rifiuti urbani

## **PORTICCIOLO DI S. ERASMO: PRIMA DELLA PULIZIA 22.01.2014 (DISCARICA)**



## **PORTICCIOLO DI S. ERASMO: DOPO LA PULIZIA 22.02.2014 (SPIAGGIA)**



### 3.2 Fase 2: giugno 2014 -Indagine top soil-

In data 16/6/2014 alla presenza dei Carabinieri del Nucleo Operativo Ecologico di Palermo e dei tecnici dell'ARPA ST Dipartimento di Palermo, presso il sito in oggetto si è provveduto all'esecuzione degli interventi finalizzati al campionamento dei top soil.

Nella fattispecie sono stati individuati e "picchettati" 5 punti di campionamento come riportato in tabella 2 e nei rilievi fotografici

**Tabella 2. Elenco campioni prelevati**

Accettazione	Denominazione Campione
2113146-001	"Top Soil 1 a -0,30 mt" Area Porticciolo di Sant'Erasmo (PA) attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2113146-002	"Top Soil 2 a -0,30 mt" Area Porticciolo di Sant'Erasmo (PA) attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2113146-003	"Top Soil 3 a -0,30 mt" Area Porticciolo di Sant'Erasmo (PA) attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2113146-004	"Top Soil 4 a -0,30 mt" Area Porticciolo di Sant'Erasmo (PA) attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2113146-005	"Top Soil 5 a -0,30 mt" Area Porticciolo di Sant'Erasmo (PA) attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo



**Figura 2. Ubicazione punti di campionamento**

Da ciascun punto di campionamento è stata prelevata una porzione di terreno rappresentativo della matrice da cui proviene in modo tale da poter offrire, mediante l'analisi chimica, un quadro esaustivo dello stato qualitativo di quest'ultima. I campioni di terreno prelevati sono stati del tipo "puntuale" e ogni aliquota di terreno è stata omogeneizzata al fine di presentare distribuzione uniforme delle sue caratteristiche. L'omogeneizzazione è stata realizzata tramite rimescolamento, avendo avuto cura di evitare il contatto con materiali contaminati. L'omogeneizzazione si è resa, inoltre, indispensabile in quanto da un determinato quantitativo di terreno sono state ricavate più aliquote;

- Aliquota A per il laboratorio incaricato delle analisi;
- Aliquota B per le analisi in contraddittorio con gli organi preposti al controllo;
- Aliquota C per archivio.

Ciascuna delle aliquote prelevate è stata introdotta in idonei barattoli di contenimento in vetro e plastica muniti di coperchio a chiusura ermetica; le aliquote destinate all'archivio sono state sigillate e recano un cartellino identificativo firmato dalle parti presenti alle fasi di prelievo campioni.

Per i Composti volatili sono stati prelevati circa 5 g per tre aliquote di campione che sono stati inseriti in *vials da 40 ml* debitamente sigillate ermeticamente.

Nel rispetto delle specifiche prescrizioni dettate dall'allegato 2 alla parte IV Titolo V D.Lgs. 152/06 i campioni sono stati prelevati senza l'utilizzo di sistemi perturbanti (acqua, oli ecc). Inoltre, le modalità relative alla conservazione dei campioni prelevati sono state conformi ai seguenti criteri:

- l'aliquota prescelta è stata posizionata su una vasca isolata con telo per quartatura in plastica per l'omogeneizzazione;
- il campione è stato preparato tramite omogeneizzazione con scarto del materiale litoide >2cm;
- il campione è stato conservato in barattoli di vetro, plastica e vials con tappo a tenuta ed etichettato;
- il campione è stato conservato in borsa frigo ad una temperatura  $\leq 4^{\circ}$  C.

I campioni prelevati come precedentemente descritto, sono stati così identificati:

- a. sito di indagine;
- b. sigla identificativa del punto di campionamento;
- c. sigla identificativa del campione;
- d. data e ora di prelievo;
- e. numero dell'aliquota;
- f. quota e/o intervallo di prelievo.



**Figura 3. Punto top soil 1**



**Figura 4. Punto top soil 2**



**Figura 5. Punto top soil 3**



**Figura 6. Punto top soil 4**



**Figura 7. Punto top soil 5**



**Figura 8. Setacciatura e campionamento**

In tabella si riporta un report dei risultati analitici ottenuti con i superamenti registrati nel rispetto delle colonne A e B della tabella 1 allegato 5 parte IV titolo V del D.Lgs 152/2006. In giallo i superamenti di colonna A e in arancio i superamenti di colonna B.

PARAMETRO CHIMICO	u.m.	Tabella 1 allegato 5 parte IV titolo V		2113146- 001	2113146- 002	2113146- 003	2113146- 004	2113146- 005
		Col A	Col B	Top Soil 1	Top Soil 2	Top Soil 3	Top Soil 4	Top Soil 5
Antimonio	mg/kg	10,0	30,0	0,00	1,60	17,30	2,50	7,00
Arsenico	mg/kg	20,0	50,0	6,00	6,00	7,00	14,00	18,00
Berillio	mg/kg	2,0	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cadmio	mg/kg	2,0	15,0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70
Cobalto	mg/kg	20,0	250,0	1,10	2,00	3,00	4,00	4,00
Cromo	mg/kg	150,0	800,0	8,00	12,00	14,00	18,00	27,00
Cromo esavalente (VI)	mg/kg	2,0	15,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mercurio	mg/kg	1,0	5,0	0,00	0,00	0,80	0,00	1,60
Nichel	mg/kg	120,0	500,0	5,00	7,00	8,00	17,00	18,00
Piombo	mg/kg	100,0	1000,0	28,00	93,00	93,00	119,00	365,00
Rame	mg/kg	120,0	600,0	27,00	41,00	49,00	67,00	115,00
Selenio	mg/kg	3,0	15,0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20
Stagno	mg/kg	1,0	350,0	3,00	15,00	70,00	13,00	36,00
Tallio	mg/kg	1,0	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanadio	mg/kg	90,0	250,0	8,00	13,00	15,00	12,00	22,00
Zinco	mg/kg	150,0	1500,0	260,00	146,00	131,00	112,00	363,00
Cianuri	mg/kg	1,0	100,0	0,00	0,00	0,34	0,00	0,97
Fluoruri	mg/kg	100,0	2000,0	0,78	1,85	0,80	2,24	2,13
Benzene	mg/kg	0,1	2,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toluene	mg/kg	0,5	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etilbenzene	mg/kg	0,5	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Xileni	mg/kg	0,5	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stirene	mg/kg	0,5	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg	1,0	100,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	10,0	0,20	2,50	0,59	2,29	46,50
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	10,0	0,23	2,69	1,00	2,88	50,60
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	10,0	0,24	2,92	1,11	3,28	55,00

Benzo(k)fluorantene	mg/kg	0,5	10,0	0,10	1,18	0,48	1,21	20,00
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	10,0	0,14	1,67	0,93	1,78	27,80
Crisene	mg/kg	5,0	50,0	0,21	2,45	0,66	2,37	46,90
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	0,1	10,0	0,02	0,22	0,13	0,30	3,87
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	0,1	10,0	0,06	0,86	0,52	0,98	12,90
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	0,1	10,0	0,02	0,13	0,07	0,15	2,16
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	0,1	10,0	0,02	0,14	0,15	0,28	3,73
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	10,0	0,04	0,38	0,18	0,46	6,65
Indenopirene	mg/kg	0,1	5,0	0,14	1,72	0,88	1,90	34,00
Pirene	mg/kg	5,0	50,0	0,37	4,37	0,66	3,01	77,40
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	10,0	100,0	1,24	14,80	5,64	15,50	269,00
Clorometano	mg/kg	0,1	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diclorometano	mg/kg	0,1	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Triclorometano	mg/kg	0,1	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cloruro di vinile	mg/kg	0,0	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,2	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tetracloroetilene	mg/kg	0,5	20,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1-Dicloroetano	mg/kg	0,5	30,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2-Dicloroetilene	mg/kg	0,3	15,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	0,5	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2-Dicloropropano	mg/kg	0,3	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1,2-Tricloroetano	mg/kg	0,5	15,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2,3-Tricloropropano	mg/kg	1,0	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1,2,2-Tetracloroetano	mg/kg	0,5	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tribromometano (Bromoformio)	mg/kg	0,5	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2-Dibromoetano	mg/kg	0,0	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibromoclorometano	mg/kg	0,5	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bromodiclorometano	mg/kg	0,5	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Monoclorobenzene	mg/kg	0,5	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2-Diclorobenzene	mg/kg	1,0	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,4-Diclorobenzene	mg/kg	0,1	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2,4-Triclorobenzene	mg/kg	1,0	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	mg/kg	1,0	25,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pentaclorobenzene	mg/kg	0,1	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Esaclorobenzene	mg/kg	0,1	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PCB	mg/kg	0,1	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	10,0	250,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Idrocarburi pesanti C >12	mg/kg	50,0	750,0	35,00	140,00	85,00	130,00	3500,00
Sommatoria diossine e furani (PCDD / PCDF) I-TEQ	ng/Kg	10,0	100,0	0,00	0,00	0,00	44,00	29,00
Amianto MOCF	Pres. - Ass.			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

In accordo con la tabella sopra riportata è stato stabilito che:

1. In tutti i campioni prelevati sono stati evidenziati superamenti generalizzati per diversi parametri chimici dei limiti di colonna A (verde pubblico e residenziale) tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della parte IV del D.Lgs 152/06 come evidenziato nel quadro sinottico appresso riportato in tabella 3;
2. Per un campione (2113146-001 Top soil n.5) sono stati registrati superamenti generalizzati per parametri di natura organica dei limiti di colonna B (aree industriali) tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della parte IV del D.Lgs 152/06.

### 3.3 Fase 3: gennaio 2015 -Interventi ex art.249-

Sulla scorta dei dati ottenuti sui campioni di top soil è stato redatto ed attuato un piano degli interventi in applicazione a quanto previsto dalle procedure semplificate ex art. 249 parte IV Titolo V D.Lgs 152/06.

In data 28/01/2015 è stata effettuata la rimozione del materiale in posto (suolo) e si sono voluti valutare gli effetti che gli eventi responsabili della contaminazione hanno avuto sulla matrice ambientale (suolo) delle aree oggetto dell'evento.

A seguito dell'asportazione dello strato superficiale e profondo di suolo e del terreno sottostante (spessore medio circa 1 m) venuto a contatto con i potenziali contaminanti, sono stati prelevati dei campioni dallo strato superficiale di fondo scavo e da ciascuna delle pareti dello scavo in modo da verificare che il suolo non asportato e lasciato in sito fosse effettivamente esente da residuale contaminazione, ovvero, rientrante entro i limiti della tabella 1 colonna A dell'allegato 5 Parte IV titolo V del citato D. Lgs. 152/06.

Considerata l'estensione areale del fenomeno che è stata inizialmente stimata in una superficie massima di 200 m<sup>2</sup>, in via progettuale si è stabilito di prelevare n°5 (cinque) campioni di fondo scavo (in corrispondenza dei punti già individuati in fase preliminare) nell'area oggetto dell'asportazione del terreno.

In aggiunta alle indagini eseguite sul fondo dello scavo sono stati prelevati n. 4 campioni dalle pareti dello scavo finalizzati ad accertare che il fenomeno di contaminazione fosse stato del tutto eliminato sia in profondità che in estensione.

Oltre al prelievo del materiale in posto, potenzialmente venuto a contatto con i contaminanti, è stato prelevato n.1 campione di bianco in un'area distante da quella oggetto degli interventi che si è ipotizzato non fosse stata interessata dal fenomeno.

Dalle analisi eseguite sui campioni prelevati in data 28/1/2015 alla presenza dei tecnici dell'ARPA Dipartimento di Palermo, è emerso quanto di seguito riportato.

1. In tutti i campioni prelevati sono stati evidenziati superamenti generalizzati per diversi parametri chimici dei limiti di colonna A (verde pubblico e residenziale) tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della parte IV del D.Lgs 152/06 come evidenziato nel quadro sinottico appresso riportato in tabella 3;

- Nel campione di acque prelevato è stato evidenziato il superamento generalizzato di diversi parametri chimici dei limiti della tabella 2 dell'allegato 5 al titolo V della parte IV del D.Lgs 152/06 come evidenziato nel quadro sinottico appresso riportato in tabella;
- Gli interventi attuati quali prime misure di messa in sicurezza di emergenza non hanno restituito l'esito atteso, in quanto sia le pareti dello scavo che il fondo dello scavo sono risultati contaminati.
- Dagli interventi attuati è emerso che l'area in oggetto non può essere considerata di ridotte dimensioni.

**Tabella 3. Quadro sinottico dei superamenti suoli**

Descriz	U.M.	Lim. 1A	2115248	2115248	2115248	2115248	2115248	2115248	2115248	2115248	211524
			-001	-002	-003	-004	-005	-006	-007	-008	8-010
			Suolo FS1	Suolo FS2	Suolo FS3	Suolo FS4	Suolo FS5	Suolo PS1	Suolo PS2	Suolo PS3	Suolo B1
PARAMETRI CHIMICI											
METALLI											
Piombo	mg/kg	100	419,00	169,00	305,00	216,00	206,00	152,00	196,00		178,00
Rame	mg/kg	120				296,00					90,00
Zinco	mg/kg	150	221,00	201,00	615,00	352,00	679,00	225,00	211,00		362,00
Cianuri	mg/kg	1		2,40			1,10				
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	27,10	10,50	5,75	5,30	29,70	26,00	0,89	2,33	2,03
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	27,20	8,19	5,41	4,32	24,40	22,70	1,02	2,70	2,49
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	27,90	8,50	5,72	4,88	26,10	23,10	1,22	3,06	2,78
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	0,5	9,94	3,64	2,27	1,82	8,78	9,05		1,02	0,99
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	14,60	4,24	3,16	2,29	11,80	11,20	0,84	2,16	2,10
Crisene	mg/kg	5	24,40	9,05	5,15	5,13	24,80	21,80			
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	0,1	2,57	1,03	0,65	0,57	2,18	2,03	0,16	0,42	0,44
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	0,1	10,10	3,34	2,31	1,72	8,32	7,62	0,50	1,28	1,43
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	0,1	1,26	0,44	0,30	0,20	1,02	1,07	0,05	0,17	0,18
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	0,1	1,55	0,58	0,40	0,25	1,27	1,32	0,08	0,25	0,24
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	4,64	1,51	1,01	0,79	3,79	3,68	0,19	0,51	0,55
Indenopirene	mg/kg	0,1	19,40	5,56	4,17	2,93	16,90	15,70	0,93	2,49	2,51
Pirene	mg/kg	5	47,00	15,20	8,11	8,25	54,50	41,90			
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	10	147,00	49,50	31,10	26,50	138,00	126,00		15,60	14,70
Idrocarb. pesanti C >12	mg/kg	50	274,00	56,00	127,00		725,00	879,00	70,00		
Sommatoria diossine e furani (PCDD / PCDF) I-TEQ	ng/Kg	10		11,70	24,70	15,10	21,60	15,80	19,60		18,40

**Tabella 4. Quadro sinottico superamenti nelle acque**

PARAMETRO	UM	Limite tab.2 all.5 p.te IV Tit.V D.lgs152/06	2115248-012
			2115248-012 Acqua prelevata all'interno dello scavo Cantiere S. Erasmo Palermo Attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
Benzo(a)antracene	µg/l	0,1	0,72
Benzo(a)pirene	µg/l	0,01	1,05
Benzo(b)fluorantene	µg/l	0,1	1,07
Benzo(k)fluorantene	µg/l	0,05	0,31
Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	0,01	0,97
Dibenzo(a,h)antracene	µg/l	0,01	0,24
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	µg/l	0,1	1,03
Sommatoria idrocarburi policiclici aromatici	µg/l	0,1	3,38
Manganese	µg/l	50	206,00
Arsenico	µg/l	10	26,00
Piombo	µg/l	10	14,00

In ragione delle considerazioni finali riportate è stato possibile concludere che il sito oggetto di indagine risulta ancora contaminato e che la stessa contaminazione non può essere considerata di tipo puntiforme ma, bensì, una contaminazione di tipo diffuso che interessa un'area non di “ridotte dimensioni”.

Non potendo considerare il sito in oggetto una “area di ridotte dimensioni”, le procedure operative ed amministrative da applicare non ricadono nei casi previsti dall'articolo 249 parte IV titolo V D.Lgs 152/06 (Aree contaminate di ridotte dimensioni).

Pertanto è stato ritenuto opportuno procedere a produrre giusta comunicazione in accordo con quanto previsto dagli articoli 242 e 245 del D. Lgs. 152/06 e procedere alla redazione di un PIANO DI CARATTERIZZAZIONE in accordo con quanto previsto dalle procedure amministrative citate.

### 3.4 Fase 4: aprile 2016 -Piano della caratterizzazione-

Il piano della caratterizzazione ha previsto un set di attività di indagine eseguite *in situ* (realizzazione sondaggi e prelievo campioni) e un set di indagini eseguite *ex situ*.

#### INDAGINI ESEGUITE IN SITU

##### **A. Interventi diretti**

- i. Indagini indirette finalizzate allo studio del sottosuolo;
- ii. Realizzazione di N° 6 sondaggi di tipo ambientale a carotaggio continuo a profondità variabile e “spinti” fino al raggiungimento della zona satura del terreno e, comunque, almeno fino alla profondità di 5 metri dal piano campagna;
- iii. Realizzazione di N° 4 sondaggi di tipo ambientale a carotaggio continuo da attrezzare a piezometro “spinti” fino al substrato impermeabile (argilloso).

##### **B. Campionamento**

- iv. Prelievo di N° 4 campioni di acque sotterranee dal totale dei piezometri opportunamente realizzati e installati;
- v. Prelievo di n° 18 campioni di suolo profondo (3 campioni per sondaggio per 6 sondaggi);

#### INDAGINI ESEGUITE EX SITU

##### **C. Attività di laboratorio**

- vi. Esecuzione delle analisi di laboratorio su 18 campioni di suolo e sottosuolo;
- vii. Esecuzione delle analisi di laboratorio su 4 campioni di acque sotterranee;

### 3.5 Rete di realizzazione interventi diretti (sondaggi)

La rete di campionamento attuata è stata realizzata sulla scorta:

- A. delle dimensioni dell'area di competenza di Autorità Portuale di Palermo;
- B. dell'analisi delle attività industriali condotte in precedenza sul sito;
- C. della cronistoria degli eventi;
- D. della probabile distribuzione degli inquinanti sul suolo, nella falda in relazione alla possibile direzione di flusso della falda stessa.



Nome Sondaggio	Est	Nord
S1	357853	4219542
S2	357857	4219530
S3	357875	4219536
S4	357888	4219545
S5	357902	4219543
S6	357913	4219509



Nome Sondaggio	Est	Nord
S1	357853	4219542
S2	357857	4219530
S4	357888	4219545
S6	357913	4219509

### 3.5.1 Punto di conformità

Nell'allegato I al Titolo V della parte quarta del decreto legislativo n. 152 del 2006 "Criteri generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica", nella voce relativa alle "Componenti dell'analisi di rischio da parametrizzare" si riporta che il **punto di conformità** per le acque sotterranee rappresenta il punto a valle idrogeologico della sorgente al quale deve essere garantito il ripristino dello stato originale (ecologico, chimico e/o quantitativo) del corpo idrico sotterraneo, onde consentire tutti i suoi usi potenziali, secondo quanto previsto nella parte terza e nella parte sesta del presente decreto citato. Pertanto in

attuazione del principio generale di precauzione, il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e la relativa CSR per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC di cui all'allegato 5 della parte quarta del presente decreto.

Per il sito in esame il punto di conformità può configurarsi in corrispondenza del sondaggio attrezzato a piezometro denominato “**Sondaggio S6**”.

Tuttavia, come si evince dal Verbale di approvazione della Conferenza dei servizi, l'ubicazione del POC è stata considerata corretta nonostante la stessa insista nel corpo dei rifiuti dell'ex discarica del Comune di Palermo.

### 3.5.2 Campioni prelevati

#### Suoli

Accettazione	Nome campione e profondità di campionamento
2119340-001	Suolo "Sondaggio S1-C1 da 0 m. a -1,20 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-002	Suolo "Sondaggio S1-C2 da - 2,5 m. a - 3,5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-003	Suolo "Sondaggio S1-C3 da - 4 m. a - 5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-004	Suolo "Sondaggio S2-C1 da 0 m. a -1 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-005	Suolo "Sondaggio S2-C2 da - 2,5 m. a - 3,5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-006	Suolo "Sondaggio S2-C3 da - 4 m. a - 5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-007	Suolo "Sondaggio S3-C1 da 0 m. a -1 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-008	Suolo "Sondaggio S3-C2 da - 2 m. a - 3 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-009	Suolo "Sondaggio S3-C3 da - 3,5 m. a - 4,5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-010	Suolo "Sondaggio S4-C1 da 0 m. a -1 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-011	Suolo "Sondaggio S4-C2 da - 2 m. a - 3 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-012	Suolo "Sondaggio S4-C3 da - 4 m. a - 5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-013	Suolo "Sondaggio S5-C1 da 0 m. a -1 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-014	Suolo "Sondaggio S5-C2 da - 2 m. a - 3 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-015	Suolo "Sondaggio S5-C3 da - 4 m. a - 5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-016	Suolo "Sondaggio S6-C1 da 0 m. a -1 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-017	Suolo "Sondaggio S6-C2 da - 2 m. a - 3 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119340-018	Suolo "Sondaggio S6-C3 da - 4 m. a - 5 m." Porticciolo di S. Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo

### Acque sotterranee

Accettazione	Nome campione e profondità di campionamento
2119533-001	Acque Sotterranee S4/PZ4 - Cantiere Porticciolo di S.Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119533-002	Acque Sotterranee S1/PZ1 - Cantiere Porticciolo di S.Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119533-003	Acque Sotterranee S2/PZ2 - Cantiere Porticciolo di S.Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo
2119533-004	Acque Sotterranee S6/PZ6 - Cantiere Porticciolo di S.Erasmo, Palermo - attività richiesta da Autorità Portuale di Palermo

### 3.5.3 Report Analitici Piano della Caratterizzazione

#### Report analitico campioni di suolo sondaggio S1 e S2

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 1 A		2119340-001	2119340-002	2119340-003	2119340-004	2119340-005	2119340-006
		Col. A	Col. B	Suolo "Sondaggio S1-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S1-C2 da - 2,5 m.	Suolo "Sondaggio S1-C3 da - 4 m. a - 5	Suolo "Sondaggio S2-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S2-C2 da - 2,5 m. a - 3,5	Suolo "Sondaggio S2-C3 da - 4 m. a - 5
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>									
<b>METALLI</b>									
Antimonio	mg/kg	10	30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2	< 0,1
Arsenico	mg/kg	20	50	5	14,8	11,2	7,6	9	9
Berillio	mg/kg	2	10	< 0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
Cadmio	mg/kg	2	15	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Cobalto	mg/kg	20	250	1	6,7	3,1	1,5	2,8	6,6
Cromo	mg/kg	150	800	6	6,8	5,9	8,2	11,7	24,4
Cromo esavalente (VI)	mg/kg	2	15	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mercurio	mg/kg	1	5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nichel	mg/kg	120	500	3,5	6,5	4,3	4,5	6,2	6,3
Piombo	mg/kg	100	1000	24,5	7,7	2,7	75	31,8	2,5
Rame	mg/kg	120	600	16,1	8	5,4	23,7	28,9	8,5
Selenio	mg/kg	3	15	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tallio	mg/kg	1	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Vanadio	mg/kg	90	250	5,6	13,7	11,4	8,1	10,9	9,2
Zinco	mg/kg	150	1500	33,6	18	14,7	71	48	11
Cianuri	mg/kg	1	100	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruri	mg/kg	100	2000	1,5	1,7	1,5	1,6	1,1	0,9
<b>SOLVENTI ORGANICI AROMATICI</b>									
Benzene	mg/kg	0,1	2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Etilbenzene	mg/kg	0,5	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Stirene	mg/kg	0,5	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Toluene	mg/kg	0,5	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Xileni	mg/kg	0,5	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg	1	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>									
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	10	0,44	0,29	0,05	1,7	1,43	0,01
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	10	0,38	0,22	0,03	1,4	1,06	0,01
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	10	0,41	0,25	0,04	1,58	1,21	0,01
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	0,5	10	0,15	0,11	0,01	0,55	0,47	< 0,01
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	10	0,23	0,11	0,02	0,8	0,57	0,01
Crisene	mg/kg	5	50	0,45	0,24	0,04	1,53	1,25	0,01
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	0,1	10	0,05	0,03	< 0,01	0,21	0,17	< 0,01
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	0,1	10	0,19	0,13	0,01	0,79	0,6	< 0,01
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	0,1	10	0,02	0,01	< 0,01	0,08	0,05	< 0,01
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	0,1	10	0,03	0,02	< 0,01	0,14	0,08	< 0,01
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	10	0,07	0,04	0,01	0,26	0,2	< 0,01
Indenopirene	mg/kg	0,1	5	0,32	0,15	0,02	1,16	0,87	< 0,01
Pirene	mg/kg	5	50	0,9	0,51	0,1	2,96	2,28	0,03
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	10	100	2,35	1,41	0,2	8,78	6,89	0,05
<b>SOLVENTI ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI</b>									
Clorometano	mg/kg	0,1	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Diclorometano	mg/kg	0,1	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Triclorometano	mg/kg	0,1	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 1 A		2119340-001	2119340-002	2119340-003	2119340-004	2119340-005	2119340-006
		Col. A	Col. B	Suolo "Sondaggio S1-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S1-C2 da - 2,5 m.	Suolo "Sondaggio S1-C3 da - 4 m. a - 5	Suolo "Sondaggio S2-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S2-C2 da - 2,5 m. a - 3,5	Suolo "Sondaggio S2-C3 da - 4 m. a - 5
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>									
Cloruro di vinile	mg/kg	0,01	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,2	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1-Dicloroetilene	mg/kg	0,1	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloroetilene	mg/kg	1	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloroetilene (Percloroetilene)	mg/kg			< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>SOLVENTI ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI</b>									
1,1-Dicloroetano	mg/kg	0,5	30	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloroetilene	mg/kg	0,3	15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	0,5	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloropropano	mg/kg	0,3	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloroetano	mg/kg	0,5	15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2,3-Tricloropropano	mg/kg	1	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2,2-Tetracloroetano	mg/kg	0,5	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>SOLVENTI ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI</b>									
Tribromometano (Bromoformio)	mg/kg	0,5	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromoetano	mg/kg	0,01	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibromoclorometano	mg/kg	0,5	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromodichlorometano	mg/kg	0,5	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>CLOROBENZENI</b>									
Monoclorobenzene	mg/kg	0,5	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Diclorobenzene	mg/kg	1	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,4-Diclorobenzene	mg/kg	0,1	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2,4-Triclorobenzene	mg/kg	1	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	mg/kg	1	25	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pentaclorobenzene	mg/kg	0,1	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Esaclorobenzene	mg/kg	0,05	5	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>POLICICLOBIFENILI</b>									
PCB	mg/kg	0,06	5	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
<b>IDROCARBURI</b>									
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	10	250	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	50	750	< 1	< 1	< 1	19	< 1	< 1
<b>DIOSSINE E FURANI</b>									
Sommatoria (PCDD) / (PCDF) WHO-TEQ	ng/Kg	10	100	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1
<b>ALTRE SOSTANZE</b>									
Amianto	mg/kg	1000	1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
<b>COMPOSTI ORGANOSTANNICI</b>									
Composti organostannici	mg/kg Sn			< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

## Report analitico campioni di suolo sondaggio S3 e S4

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 1 A		2119340-007	2119340-008	2119340-009	2119340-010	2119340-011	2119340-012
		Col. A	Col. B	Suolo "Sondaggio S3-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S3-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S3-C3 da - 3,5 m. a - 4,5	Suolo "Sondaggio S4-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S4-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S4-C3 da - 4 m. a - 5 m."
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>									
<b>METALLI</b>									
Antimonio	mg/kg	10	1,2	1,8	2,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Arsenico	mg/kg	20	8,4	11,6	15,8	7,3	4,9	8,6	9
Berillio	mg/kg	2	0,5	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2
Cadmio	mg/kg	2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	< 0,1	0,2
Cobalto	mg/kg	20	3	3,5	5,7	3,1	2,8	2,1	6,6
Cromo	mg/kg	150	15,5	14	7,3	13,4	12,9	5,6	24,4
Cromo esavalente (VI)	mg/kg	2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mercurio	mg/kg	1	0,8	< 0,1	0,2	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nichel	mg/kg	120	7,3	8,4	5,6	8,2	8	3,8	6,3
Piombo	mg/kg	100	11,4	87	36,3	161	92	15,4	2,5
Rame	mg/kg	120	38	27	44,1	30,1	26,5	5,6	8,5
Selenio	mg/kg	3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tallio	mg/kg	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Vanadio	mg/kg	90	18	15,5	9,7	14,7	9,6	7,7	9,2
Zinco	mg/kg	150	70	81	69	497	69	85	11
Cianuri	mg/kg	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoruri	mg/kg	100	0,4	1,2	1,2	1	1	0,9	0,9
<b>SOLVENTI ORGANICI AROMATICI</b>									
Benzene	mg/kg	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Etilbenzene	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Stirene	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Toluene	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Xileni	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 1 A		2119340-007	2119340-008	2119340-009	2119340-010	2119340-011	2119340-012
		Col. A	Col. B	Suolo "Sondaggio S3-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S3-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S3-C3 da - 3,5 m. a - 4,5	Suolo "Sondaggio S4-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S4-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S4-C3 da - 4 m. a - 5 m."
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>									
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>									
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	0,21	4,9	2,83	0,21	1,1	1	0,01
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	0,25	2,98	2,59	0,24	5,6	1,04	0,01
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	0,31	3,65	2,62	0,28	5,74	1,11	0,01
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	0,5	0,09	1,23	0,85	0,1	1,39	0,32	< 0,01
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	0,18	1,44	1,46	0,19	4,6	0,63	0,01
Crisene	mg/kg	5	0,21	3,72	2,23	0,2	1,54	0,82	0,01
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	0,1	0,05	0,48	0,42	0,05	0,98	0,15	< 0,01
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	0,1	0,17	1,86	1,28	0,17	4,32	0,58	< 0,01
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	0,1	0,02	0,17	0,17	0,02	0,41	0,06	< 0,01
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	0,1	0,03	0,29	0,28	0,03	0,67	0,11	< 0,01
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	0,05	0,67	0,43	0,05	1,17	0,19	< 0,01
Indenopirene	mg/kg	0,1	0,25	2,22	2,2	0,25	7,23	0,95	< 0,01
Pirene	mg/kg	5	0,27	5,39	5,37	0,32	1,02	1,82	0,03
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	10	1,52	20,7	14,7	1,49	26,4	5,82	0,05
<b>SOLVENTI ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI</b>									
Clorometano	mg/kg	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Diclorometano	mg/kg	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Triclorometano	mg/kg	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloruro di vinile	mg/kg	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1-Dicloroetilene	mg/kg	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloroetilene	mg/kg	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloroetilene (Percloroetilene)	mg/kg		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>SOLVENTI ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI</b>									
1,1-Dicloroetano	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloroetilene	mg/kg	0,3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloropropano	mg/kg	0,3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloroetano	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2,3-Tricloropropano	mg/kg	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2,2-Tetracloroetano	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>SOLVENTI ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI</b>									
Tribromometano (Bromofornio)	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromoetano	mg/kg	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dibromoclorometano	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromodichlorometano	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
<b>CLOROBENZENI</b>									
Monoclorobenzene	mg/kg	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Diclorobenzene	mg/kg	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,4-Diclorobenzene	mg/kg	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2,4-Triclorobenzene	mg/kg	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	mg/kg	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pentaclorobenzene	mg/kg	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Esaclorobenzene	mg/kg	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>POLICLOROBIFENILI</b>									
PCB	mg/kg	0,06	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
<b>IDROCARBURI</b>									
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	50	< 1	23	18	9	81	< 1	< 1
<b>DIOSSINE E FURANI</b>									
Sommatoria (PCDD) / (PCDF) WHO-TEQ	ng/Kg	10	0,4	0,2	< 0,1	0,3	0,2	< 0,1	< 0,1
<b>ALTRE SOSTANZE</b>									
Amianto	mg/kg	1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
<b>COMPOSTI ORGANOSTANNICI</b>									
Composti organostannici	mg/Kg Sn		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Report analitico campioni di suolo sondaggio S5 e S6

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 1 A		2119340-013	2119340-014	2119340-015	2119340-016	2119340-017	2119340-018
		Col. A	Col. B	Suolo "Sondaggio S5-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S5-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S5-C3 da - 4 m. a - 5 m."	Suolo "Sondaggio S6-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S6-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S6-C3 da - 4 m. a - 5 m."
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>									
<b>METALLI</b>									
Antimonio	mg/kg	10	3,4	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Arsenico	mg/kg	20	7,6	5	10,6	11,2	4,9	7,3	9
Berillio	mg/kg	2	0,2	0,2	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,2
Cadmio	mg/kg	2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Cobalto	mg/kg	20	3,3	2,3	1,4	1,5	1,3	1,1	6,6
Cromo	mg/kg	150	19,4	14	5,3	5,5	5,4	3,3	24,4
Cromo esavalente (VI)	mg/kg	2	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Mercurio	mg/kg	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	<0,1	<0,1
Nichel	mg/kg	120	15,5	7,4	3,5	3,7	3,2	2,8	6,3
Piombo	mg/kg	100	149	53,5	33,9	35,6	25,8	1,4	2,5
Rame	mg/kg	120	2029	29,5	6,2	6,5	18,1	2,7	8,5
Selenio	mg/kg	3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tallio	mg/kg	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Vanadio	mg/kg	90	7,1	11,9	7,1	7,5	7,4	5,7	9,2
Zinco	mg/kg	150	311	82	14,9	15,6	33,6	12,6	11
Cianuri	mg/kg	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fluoruri	mg/kg	100	0,7	1,3	1,1	1,6	1,4	1,1	0,9
<b>SOLVENTI ORGANICI AROMATICI</b>									
Benzene	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Etilbenzene	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Stirene	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Toluene	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Xileni	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>									
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	0,14	0,38	0,58	0,11	6,98	0,01	0,01
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	0,12	0,39	0,54	0,08	5,07	0,01	0,01
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	0,17	0,45	0,62	0,1	5,62	0,01	0,01
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	0,5	0,05	0,13	0,19	0,03	2,2	<0,01	<0,01
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	0,09	0,42	0,31	0,05	2,43	0,01	0,01
Crisene	mg/kg	5	0,14	0,35	0,49	0,09	5,01	0,01	0,01
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	0,1	0,03	0,09	0,07	0,01	0,49	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,j)pirene	mg/kg	0,1	0,08	0,33	0,27	0,05	2,15	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	0,1	0,01	0,03	0,03	<0,01	0,21	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	0,1	0,01	0,05	0,05	0,01	0,36	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	0,03	0,09	0,08	0,02	0,68	<0,01	<0,01
Indenopirene	mg/kg	0,1	0,12	0,48	0,44	0,06	4,14	<0,01	<0,01
Pirene	mg/kg	5	0,2	0,73	1,05	0,15	17,9	0,02	0,03
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	10	0,84	2,62	3,15	0,53	30,5	0,05	0,05
<b>SOLVENTI ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI</b>									
Clorometano	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Triclorometano	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloruro di vinile	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1-Dicloroetilene	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tricloroetilene	mg/kg	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloroetilene (Percloroetilene)	mg/kg		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>SOLVENTI ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI</b>									
1,1-Dicloroetano	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dicloroetilene	mg/kg	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dicloropropano	mg/kg	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2-Tricloroetano	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2,3-Tricloropropano	mg/kg	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2,2-Tetracloroetano	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>SOLVENTI ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI</b>									
Tribromometano (Bromofornio)	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Dibromoetano	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dibromoclorometano	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromodichlorometano	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>CLOROBENZENI</b>									
Monoclorobenzene	mg/kg	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2-Diclorobenzene	mg/kg	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,4-Diclorobenzene	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2,4-Triclorobenzene	mg/kg	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	mg/kg	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pentaclorobenzene	mg/kg	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Esaclorobenzene	mg/kg	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>POLICLOROBIFENILI</b>									
PCB	mg/kg	0,06	<0,005	0,39	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 1 A		2119340-013	2119340-014	2119340-015	2119340-016	2119340-017	2119340-018
		Col. A	Col. B	Suolo "Sondaggio S5-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S5-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S5-C3 da - 4 m. a - 5 m."	Suolo "Sondaggio S6-C1 da 0 m. a -1	Suolo "Sondaggio S6-C2 da - 2 m. a - 3 m."	Suolo "Sondaggio S6-C3 da - 4 m. a - 5 m."
PARAMETRI CHIMICI									
IDROCARBURI									
Idrocarburi leggeri C <12	mg/kg	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	50	< 1	< 1	< 1	< 1	96	< 1	< 1
DIOSSINE E FURANI									
Sommatoria (PCDD) / (PCDF) WHO-TEQ	ng/Kg	10	0,9	0,3	0,3	1,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ALTRE SOSTANZE									
Amianto	mg/kg	1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
COMPOSTI ORGANOSTANNICI									
Composti organostannici	mg/Kg Sn		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Report analitici acque sotterranee

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 2	2119533-001	2119533-002	2119533-003	2119533-004
			S4	S1	S2	S6
Campionamento						
PARAMETRI CHIMICI						
Livello Piezometrico	m		2,1	0,5	0,5	1,3
pH	unità		7,08	7,11	7,19	7,01
Temperatura °C	°C		19,9	19,9	20,4	21,7
Conducibilità	µS/cm		1622	1170	1218	2066
TOC	mg/l		1,1	1,5	1,2	1,1
Calcio	mg/l		99,4	89,8	86,9	108
Sodio	mg/l		153	85,7	106	213
Potassio	mg/l		13,2	10,9	12,5	15,8
Cloruri	mg/l		254	112	130	398
Solfati	mg/l	250	152	107	131	162
Fluoruri	µg/l	1500	420	484	432	407
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI						
Benzo(a)antracene	µg/l	0,1	< 0,001	0,011	< 0,001	< 0,001
Benzo(a)pirene	µg/l	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(b)fluorantene	µg/l	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(k)fluorantene	µg/l	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Crisene	µg/l	5	< 0,001	0,014	< 0,001	< 0,001
Dibenzo(a,h)antracene	µg/l	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	µg/l	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pirene	µg/l	50	1,28	1,65	1,57	0,82
Sommatoria idrocarburi policiclici aromatici	µg/l	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
METALLI						
Ferro	µg/l	200	< 5	< 5	9	< 5
Manganese	µg/l	50	218	243	242	484
Alluminio	µg/l	200	< 0,1	< 0,1	10	10
Arsenico	µg/l	10	42	18	49	42
Boro	µg/l	1000	189	173	169	213
Berillio	µg/l	4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Rame	µg/l	1000	< 0,1	< 0,1	1	1,7
Cadmio	µg/l	5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cobalto	µg/l	50	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cromo	µg/l	50	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cromo esavalente (VI)	µg/l	5	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio	µg/l	1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nichel	µg/l	20	5	< 0,1	< 0,1	1,2
Piombo	µg/l	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Antimonio	µg/l	5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Selenio	µg/l	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 2	2119533-001	2119533-002	2119533-003	2119533-004
			S4	S1	S2	S6
Magnesio	mg/l		47,1	41	38,9	58,8
Zinco	µg/l	3000	< 0,1	6	< 0,1	2,2
Cianuro	µg/l	50	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Azoto ammoniacale	mg NH4/l		0,5	2,5	1,4	0,47
Nitriti	µg/l	500	< 10	< 10	< 10	< 10
Nitrati	mg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
COMPOSTI ORGANOALOGENATI						
Clorometano	µg/l	1,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Triclorometano	µg/l	0,15	0,14	< 0,01	0,12	< 0,01
Cloruro di Vinile	µg/l	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloroetano	µg/l	3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1-Dicloroetilene	µg/l	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tricloroetilene	µg/l	1,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloroetilene (Percloroetilene)	µg/l	1,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,14
Esaclorobutadiene	µg/l	0,15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sommatoria organoalogenati	µg/l	10	0,14	< 0,01	0,12	0,14
SOLVENTI CLORURATI						
1,1-Dicloroetano	µg/l	810	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloroetilene	µg/l	60	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloropropano	µg/l	0,15	0,1	0,16	0,14	0,17
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	0,2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
FENOLI						
2-Clorofenolo	µg/l	180	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,4-Diclorofenolo	µg/l	110	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,4,6-Triclorofenolo	µg/l	5	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pentaclorofenolo	µg/l	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PESTICIDI FOSFORATI						
Azinfos-etile	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Azinfos-metile	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Bromofos	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Clorfenvinfos E	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Clorfenvinfos Z	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Chlorpyrifos	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Chlorpyrifos-methyl	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Demeton-O	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Demeton-S-metile	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Diazinone	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Dimetoato	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Eptenofos	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Etion	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fenitrotion	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 2	2119533-001	2119533-002	2119533-003	2119533-004
			S4	S1	S2	S6
Fosalone	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Malaoxon	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Malation	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Metidation	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Paraoxon	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Paraoxon-metile	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Paration-metile	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Pirimifos-metile	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Tetraclorvinfos	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Vamidotion	µg/l		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
SOLVENTI ORGANICI AROMATICI						
Benzene	µg/l	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Etilbenzene	µg/l	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Stirene	µg/l	25	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Toluene	µg/l	15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
para-Xilene	µg/l	10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SOLVENTI ORGANICI AZOTATI						
Nitrobenzene	µg/l	3,5	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
1,2-Dinitrobenzene	µg/l	15	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
1,3-Dinitrobenzene	µg/l	3,7	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cloronitrobenzeni	µg/l	0,5	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
IDROCARBURI						
Idrocarburi	[n-esano] µg/l	350	53	166	< 50	54

### 3.5.4 Procedura di validazione dei risultati

Nella gestione dei siti contaminati la normativa di riferimento (Titolo V della Parte IV del D.lgs. 152/06 e s.m.i.) attribuisce ad **ARPA** specifiche competenze nelle fasi procedurali, operative ed amministrative, così come definito dall'**art. 242**, nelle fasi di ordinanza definite dall'**art. 244** e nelle fasi di controllo previste dall'**art. 248**.

Nello specifico, l'art. 242 (procedure operative ed amministrative) individua in Arpa un supporto nelle indagini e nelle attività istruttorie, al quale inoltrare tutti i documenti quali il Piano di Caratterizzazione, l'Analisi di rischio, il Progetto di bonifica, il Piano di Monitoraggio e la Relazione tecnica di avvenuta bonifica.

Per ciò che concerne la **procedura di validazione** effettuata sul Piano di Caratterizzazione eseguito, in accordo all'Allegato I della Parte IV del D.lgs. 152/06, “*al fine di consentire la validazione dei risultati ottenuti da parte degli enti di controllo è necessario avere la piena rintracciabilità dei dati di input con relative fonti e dei criteri utilizzati per i calcoli*”, l'Arpa è coinvolta con attività di vigilanza e controllo per la verifica della conformità degli interventi relativi ai progetti approvati in Conferenza dei servizi e per la validazione dei risultati analitici mediante l'esecuzione di campionamenti da condurre in contraddittorio.

In fase di Attuazione del presente Piano della Caratterizzazione, l'ARPA ST Palermo ha presenziato nella giornata del 5 aprile 2016 durante l'intera campagna di realizzazione dei 6 sondaggi previsti e per tutte le fasi di prelievo di campioni di suolo e sottosuolo, nella giornata del 12 aprile 2016 durante le fasi prelievo delle acque sotterranee. Nelle stesse giornate sono state prelevate le aliquote di campioni per le attività analitiche da condursi in contraddittorio.

Con protocollo Nr.0068787 del 21/10/2016 la l'ARPA ST Palermo ha validato i risultati analitici del Piano di caratterizzazione, indicando nel documento citato quanto di seguito riportato.

[...] Dal confronto dei risultati di **ARPA Sicilia** e della Ditta **CADA** si sottolinea quanto segue:

- *In generale i risultati delle analisi chimiche eseguite dal laboratorio ARPA sono in linea con quelli prodotti dal laboratorio di parte;*
- *Per entrambi i campioni analizzati, i due laboratori riscontrano superamenti dei valori delle CSC relativamente ai parametri Manganese e Arsenico;*
- *Si riscontrano invece delle piccole discordanze relativamente ai parametri Benzo(a)pirene, Benzo(g,h,i)perilene, e sommatoria IPA, per i quali i risultati ARPA evidenziano in entrambi i campioni il superamento dei corrispondenti valori di CSC, superamento non rilevato invece dal laboratorio di parte;*
- *Viene inoltre determinato da ARPA il superamento del valore limite per il parametro Benzo(K)fluorantene, nel campione prelevato dal piezometro PZ1.*

Con le eccezioni precedentemente segnalate, **si ritiene pertanto di poter validare i risultati analitici prodotti da CADA snc**, a condizione che, applicando il principio di

massima cautela, vengano utilizzati, ai fini dell'analisi di rischio, i valori più elevati tra quelli ottenuti dai due laboratori.

### 3.5.5 Risultanze del Piano della caratterizzazione

Con riferimento all'esecuzione **del Piano della Caratterizzazione Ambientale ai sensi ex art. 245 e ex art.242 D.Lgs 152/06 dell'area potenzialmente contaminata “Porticciolo di S.Erasmo Palermo**, finalizzato alla valutazione dello stato di contaminazione del sito,

- **Preso atto** delle “evidenze dirette” raccolte in campo mediante la realizzazione di sei sondaggi ambientali eseguiti sull'area in esame;
- **Preso atto** dell'esito dei “Rapporti di Prova” sviluppati sulla matrice ambientale suolo, sottosuolo e acque sotterranee;
  - N. 18 campioni di suolo e sottosuolo
  - N. 4 campioni si acque sotterranee
- **Viste** le Concentrazioni Soglia di Contaminazione per i suoli di cui alla tabella 1 colonna A Allegato 5 alla parte quarta titolo V del D.Lgs. 152/06;
- **Viste** le Concentrazioni Soglia di Contaminazione per le acque sotterranee di cui alla tabella 2 allegato 5 parte quarta titolo V D. Lgs 152/06;
- **Atteso che** l'area oggetto delle presenti attività di indagine è inserita in un contesto urbano, fortemente antropizzato e frequentato dalla popolazione residente e non residente;
- **Considerato** che
  - per il sito non vi è alcuna pavimentazione e/o impermeabilizzazione antropica o naturale;
  - dallo strato superficiale di terreno fino a circa 3/4 metri dal p.c. è presente principalmente materiale di riporto .
  - Il terreno in posto si incontra a partire da circa 4 m dal piano campagna.
  - la conducibilità delle acque sotterranee con valori compresi tra 1500 e 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lascia intendere la presenza di un “cuneo salino” nell'area oggetto di indagine

è stato possibile affermare quanto riportato in dettaglio.

### 3.5.5.1 Suoli e sottosuoli

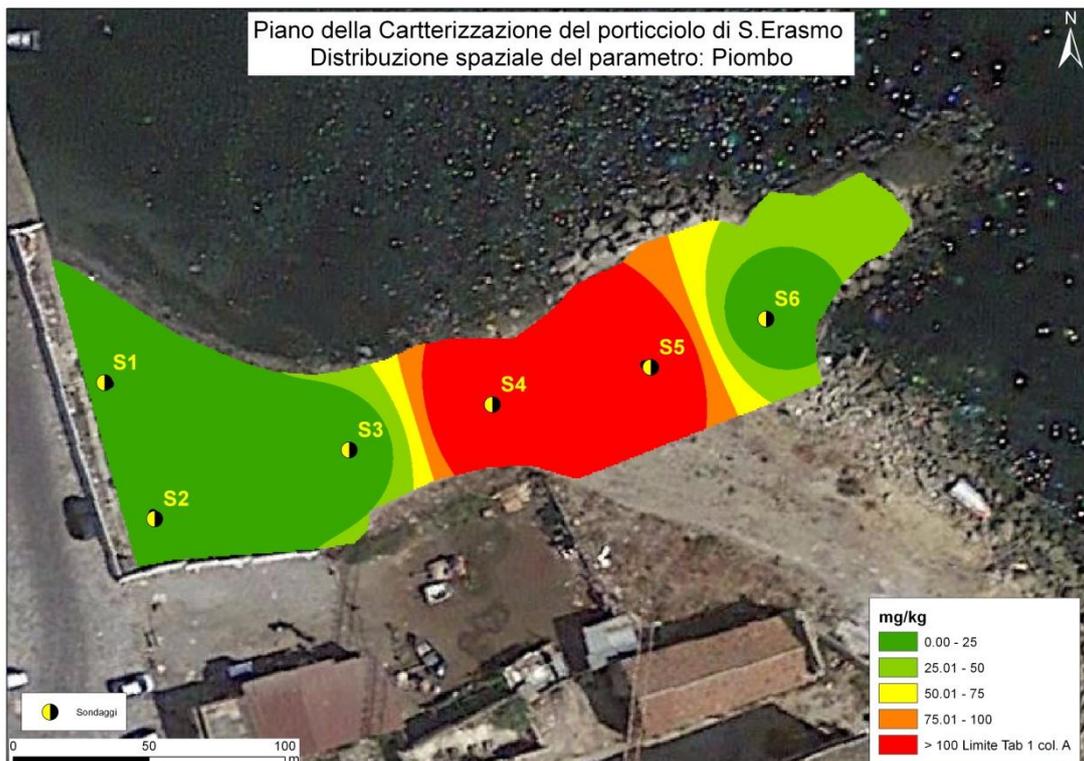
- A. Su un totale di 18 campioni prelevati dai sondaggi realizzati, su 14 campioni è stato registrato l'avvenuto superamento delle CSC per almeno un parametro indagato in relazione ai limiti previsti dalla tabella 1 Allegato 5 al titolo V della parte IV del D. Lgs. 152/06 colonna **A – Siti ad uso verde pubblico privato e residenziale**. Su 2 campioni è stato registrato l'avvenuto superamento delle CSC per almeno un parametro indagato in relazione ai limiti previsti dalla tabella 1 Allegato 5 al titolo V della parte IV del D. Lgs. 152/06 colonna **B – Siti ad uso commerciale e industriale**;
- B. I superamenti dei metalli sono confinati nell'area più prossima al mare in corrispondenza dei sondaggi S4 e S5 e nella porzione superficiale di terreno, profondità compresa tra 0 e -1 m dal p.c.;
- C. I superamenti dei composti organici quali gli Idrocarburi Policiclici Aromatici hanno una diffusione più omogenea su tutto il sito indagato e per tutte le profondità oggetto di indagine, ovvero, tra 0 e -5 m dal p.c. Tra tutti il Benzo(a)pirene, il Benzo(g,h,i)perilene e l'Indenopirene sono quelli che più di altri hanno fatto registrare valori fuori norma;
- D. I superamenti degli idrocarburi pesanti sono confinati nell'area più prossima al mare in corrispondenza dei sondaggi S4 e S6 e nella porzione intermedia di terreno, profondità compresa tra -2.5 e -3.5 m dal p.c.;
- E. Il superamento del parametro PCB è stato registrato in un unico campione superficiale, da 0 a – 1 m, in corrispondenza del sondaggio S5.

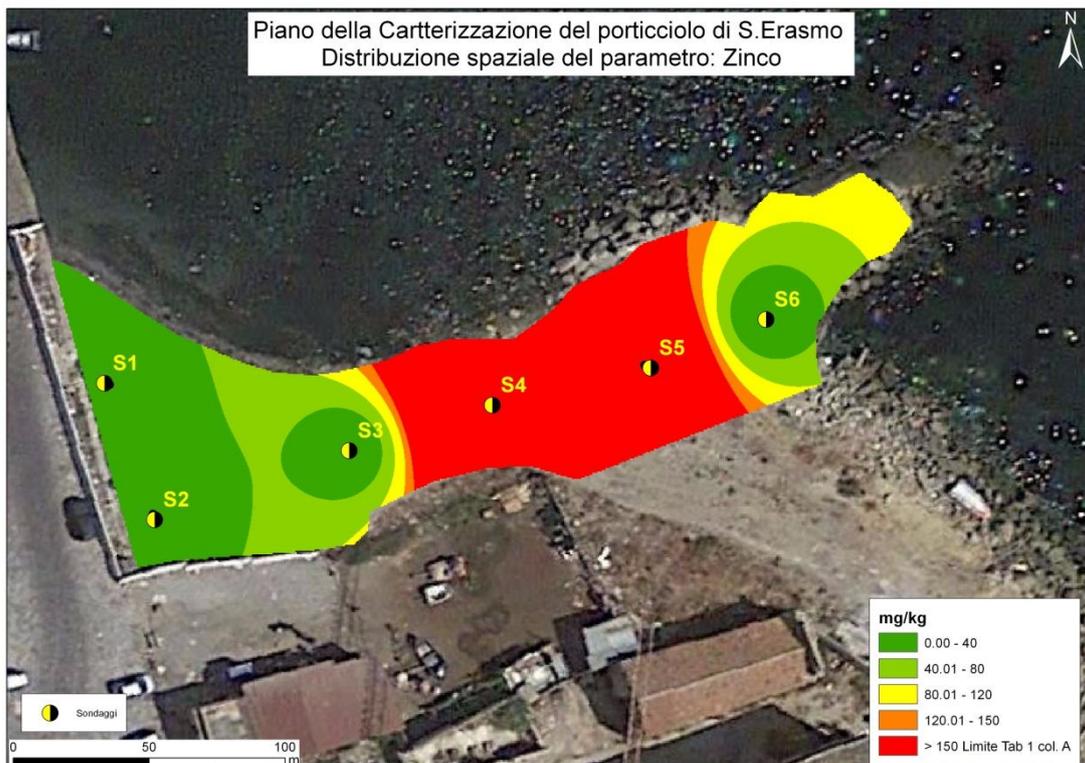
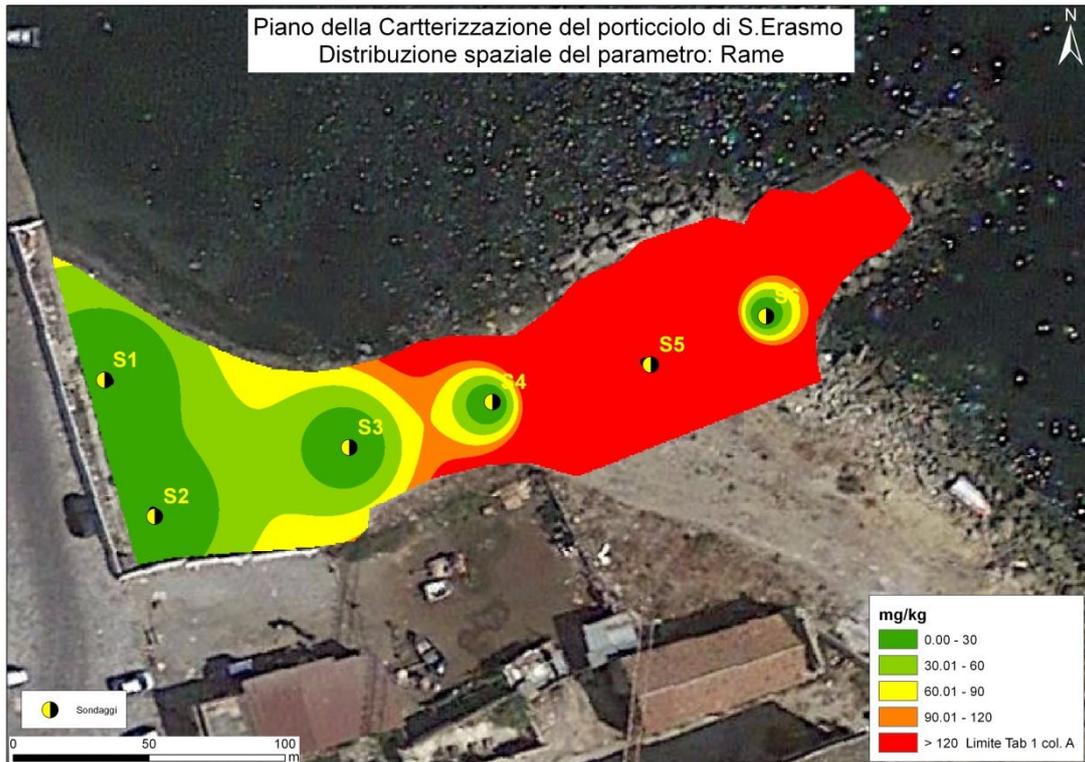
Tabella 5. tabella riepilogativa dei superamenti registrati

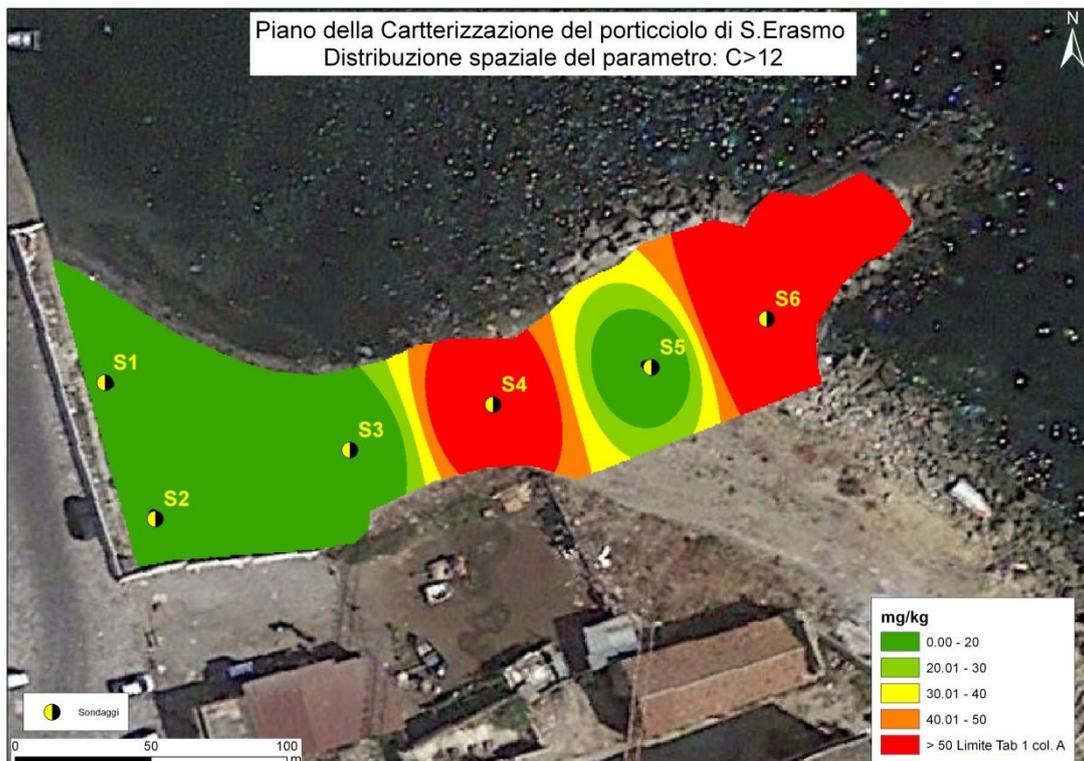
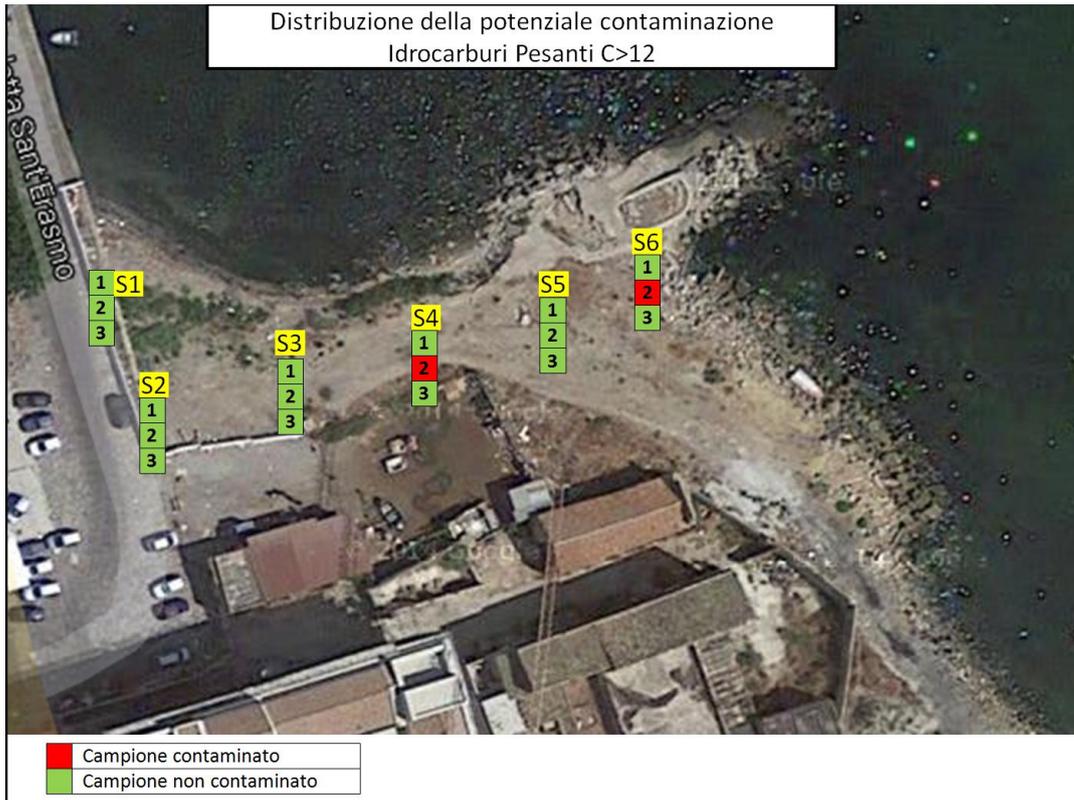
Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 1 A		CAMPIONE															
		Col. A	Col. B	S1-C1	S1-C2	S2-C1	S2-C2	S3-C1	S3-C2	S3-C2	S4-C1	S4-C2	S4-C3	S5-C1	S5-C2	S5-C3	S6-C2		
PARAMETRI CHIMICI																			
METALLI																			
Piombo	mg/kg	100	1000								161				149				
Rame	mg/kg	120	600												2029				
Zinco	mg/kg	150	1500								497				311				
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	10			1,7	1,43		4,9	2,83		1,1	1				6,98		
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	10	0,38	0,22	1,4	1,06	0,25	2,98	2,59	0,24	5,6	1,04		0,39	0,54	5,07		
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	10			1,58	1,21		3,65	2,62		5,74	1,11				5,62		
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	0,5	10						1,23	0,85		1,39					2,2		
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	10	0,23		0,8	0,57	0,18	1,44	1,46	0,19	4,6	0,63		0,42	0,31	2,43		
Crisene	mg/kg	5	50																
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	0,1	10			0,21	0,17		0,48	0,42		0,98					0,49		
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	0,1	10	0,19		0,79	0,6	0,17	1,86	1,28	0,17	4,32	0,58		0,33	0,27	2,15		
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	0,1	10									0,41					0,21		
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	0,1	10						0,29	0,28		0,67					0,36		
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	10			0,26	0,2		0,67	0,43		1,17	0,19				0,68		
Indenopirene	mg/kg	0,1	5	0,32	0,15	1,16	0,87	0,25	2,22	2,2	0,25	7,23	0,95		0,48	0,44	4,14		
Pirene	mg/kg	5	50														17,9		
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	10	100						20,7			26,4					30,5		
PCB	mg/kg	0,06	5												0,39				
Idrocarburi pesanti C >12	mg/kg	50	750									81					96		

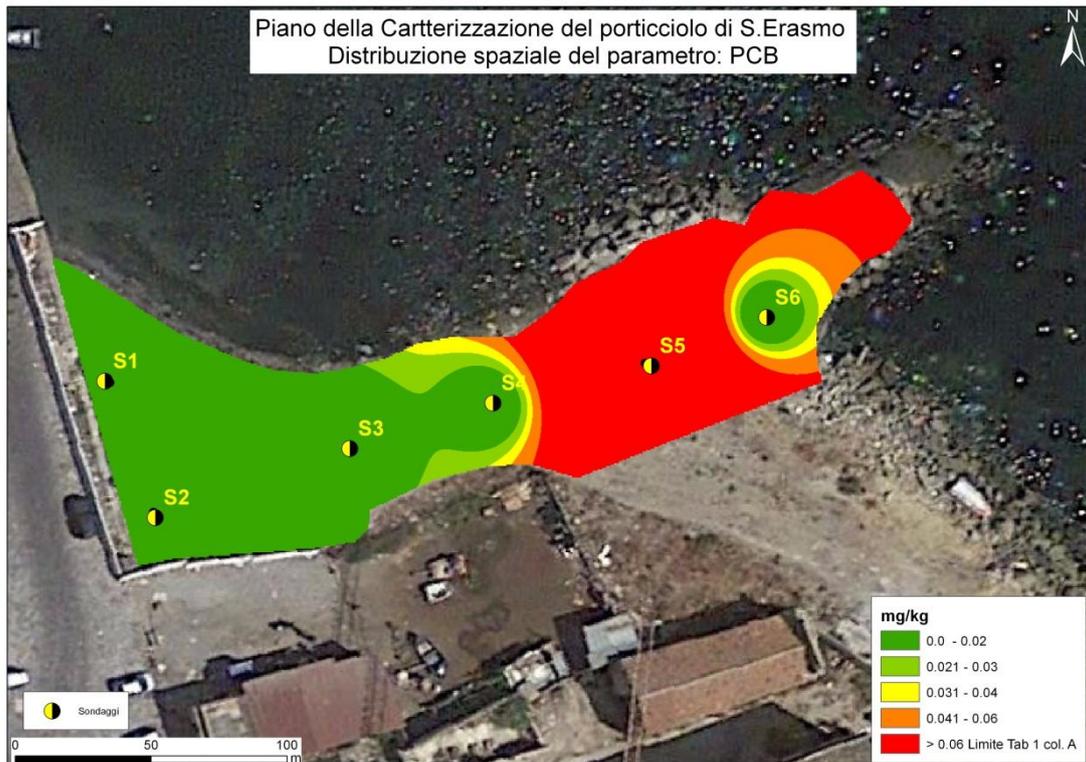
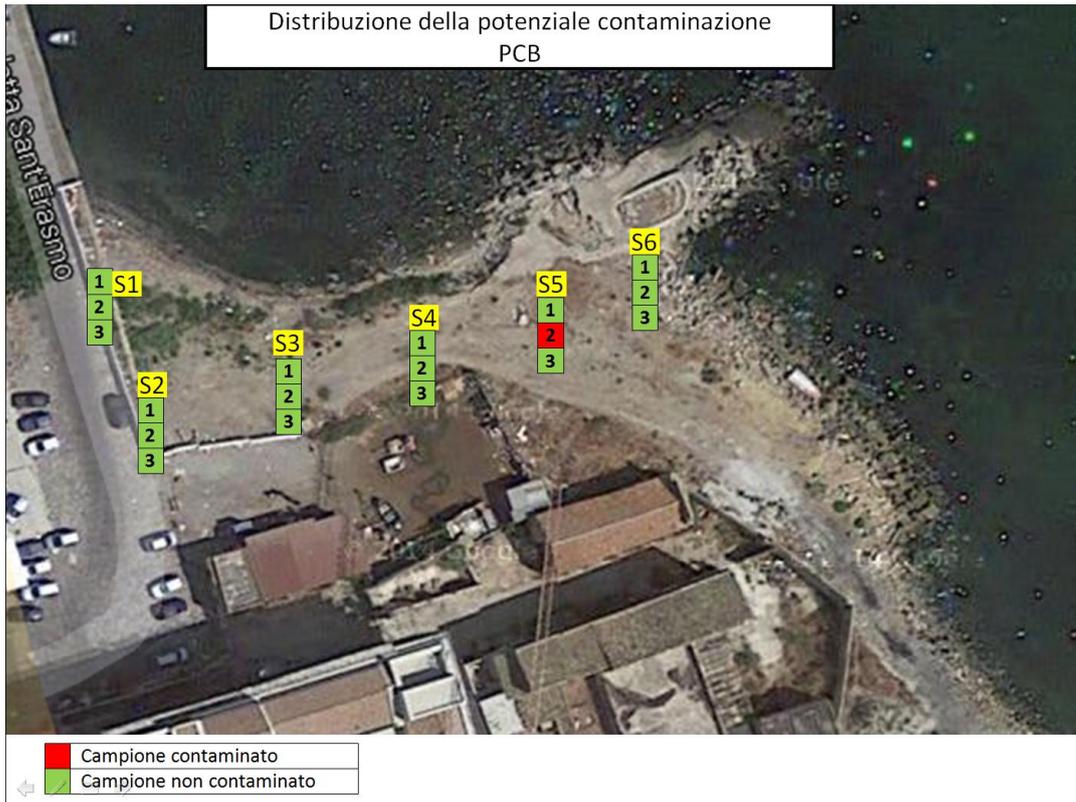


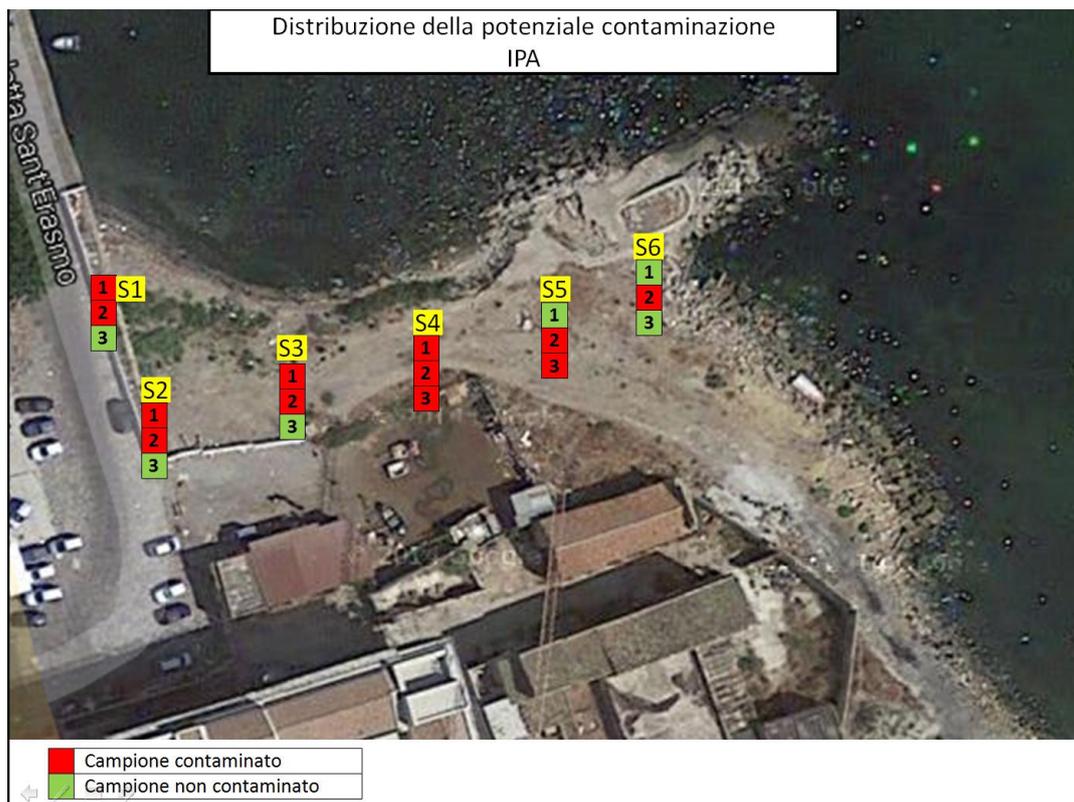
2 Campione contaminato  
3 Campione non contaminato







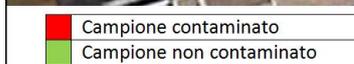
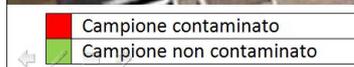




### 3.5.5.2 Acque sotterranee

Nelle acque sotterranee sono state riscontrate concentrazioni superiori a quelle indicate in tabella 2 Allegato 5 al titolo V della parte IV del D. Lgs. 152/06 In tutti i campioni di acque prelevate dai quattro piezometri installati. Nella fattispecie i superamenti riscontrati sono relativi al parametro Manganese e Arsenico.

Analita	U.d.m.	D.Lgs. 152/06 All.to 5 parte IV Tab. 2	2119533-001	2119533-002	2119533-003	2119533-004
			S4	S1	S2	S6
Manganese	µg/l	50	218	243	242	484
Arsenico	µg/l	10	42	18	49	42



### 3.6 Considerazioni conclusive relative al Piano di Caratterizzazione

Con l’attuazione del Piano della Caratterizzazione ambientale, redatto e attuato in accordo con quanto dettato dall’allegato 2 parte IV titolo V del D.Lgs 152/06, è stato possibile definire che il sito oggetto di indagine **è interessato da un fenomeno di potenziale contaminazione ambientale diffusa che interessa sia la matrice suolo che le acque sotterranee.**

Dai risultati ottenuti appare evidente che i superamenti delle CSC (Concentrazione Soglia di Contaminazione), in relazione ai metalli, Idrocarburi Policiclici Aromatici, PCB e idrocarburi pesanti (C>12), suggeriscono che il sito in oggetto è un sito “**potenzialmente contaminato**”, ai sensi dell’art. 240, comma d del D.Lgs.152/2006<sup>2</sup>.

Per ciò che attiene le acque sotterranee, prelevate dai quattro piezometri, le stesse presentano superamenti dei limiti normativi di cui alla tabella 2 Allegato 5 al titolo V della parte IV del D. Lgs. 152/06, in particolare per il parametro **arsenico**.

Di contro il manganese presente nelle acque sotterranee le cui concentrazioni sono direttamente correlate con la conducibilità registrata in campo, quindi con la salinità, può essere certamente considerato di origine naturale.

Pertanto, in relazione ai risultati ottenuti in questa fase di “**Caratterizzazione ambientale del sito**” che ha rappresentato la base necessaria per la definizione del “**Modello Concettuale Definitivo**” e in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente in materia di siti contaminati, vi è stata l’esigenza di porre in essere un’“**Analisi di Rischio sito-specifica**”, ai sensi del **comma 4, art. 242 del Parte IV titolo V del D.Lgs 152/06** e ss.mm.ii.

---

#### <sup>2</sup> Art. 240, comma d):

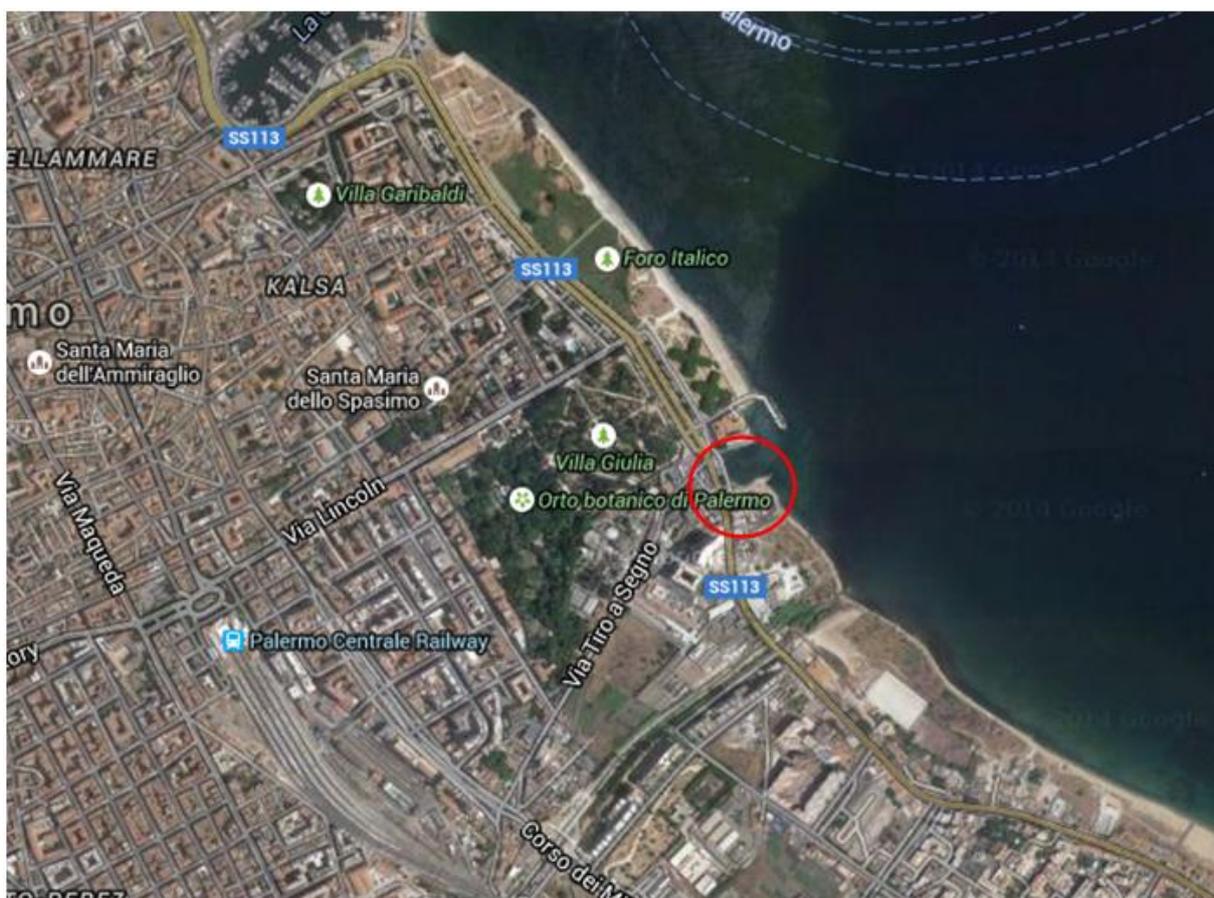
*“**sito potenzialmente contaminato**: un sito nel quale uno o più valori di concentrazione delle sostanze inquinanti rilevati nelle matrici ambientali risultino superiori ai valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC), in attesa di espletare le operazioni di caratterizzazione e di analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica, che ne permettano di determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle concentrazioni soglia di rischio (CSR)”.*

## 4 APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO

### 4.1 Descrizione del sito

Il sito del porticciolo di Sant'Erasmus ricade all'interno del comune di Palermo, poche centinaia di metri a nord della foce del fiume Oreto, a fianco del tratto urbano della S.S. 113, all'altezza di piazza Tonnarazza; le coordinate geografiche dell'ortocentro del punto sono le seguenti:

- Longitudine: 357857
- Latitudine: 4219454



**Figura 9: Inquadramento geografico**

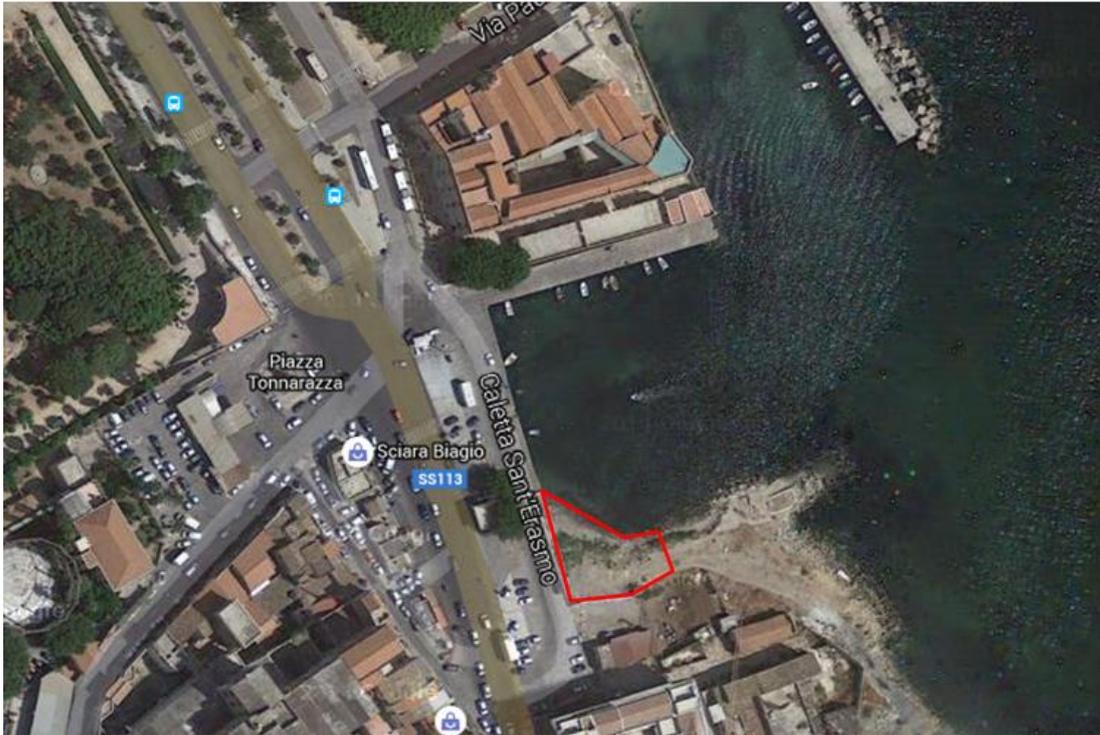
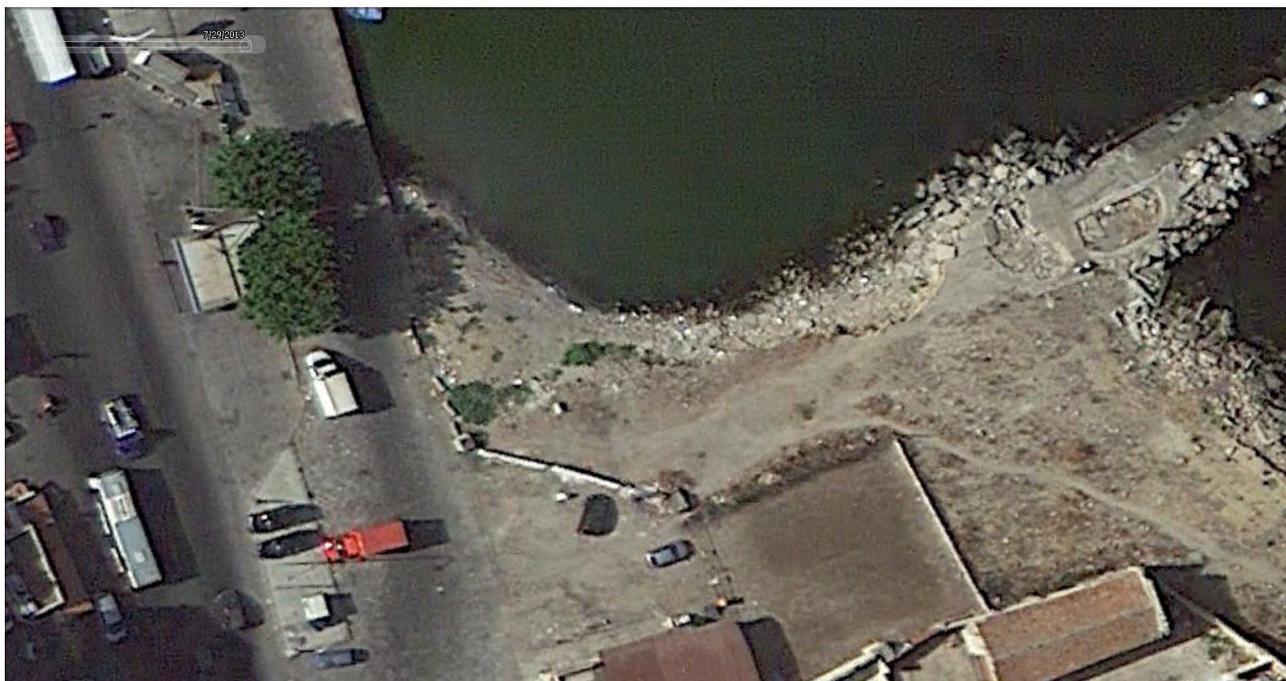


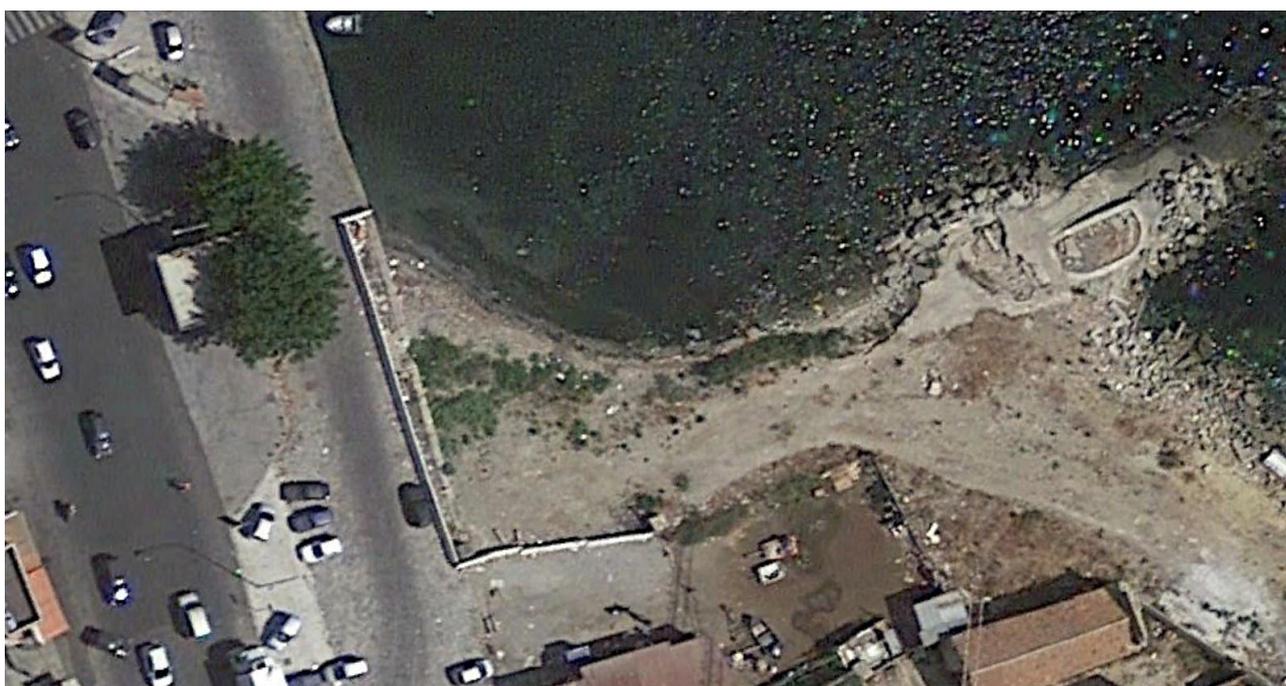
Figura 10: Delimitazione sito



Figura 11. Delimitazione area potenzialmente contaminata



**Figura 12. Ortofoto del 29/7/2013 di dettaglio dell'area risultata potenzialmente contaminata**



**Figura 13. Ortofoto del 12/8/2014 di dettaglio dell'area risultata potenzialmente contaminata**

Il sito è inserito nel tessuto urbano della città, in una zona piuttosto degradata della stessa, e nelle immediate vicinanze sono presenti delle aree industriali, alcune in attività, altre ormai dismesse. A seguire sono riportati i siti principali e la loro distanza dall'area di studio e per maggiore chiarezza gli stessi sono riportati in figura 13:

1. **Area di rifornimento carburante**, 10 m circa: stazione di servizio dotata di benzina e diesel, in attività;
2. **Area di rifornimento carburante**, 40 m circa: stazione di servizio dotata di benzina e diesel, in attività;
3. **Area di rifornimento carburante**, 90 m circa: stazione di servizio dotata di benzina e diesel, in attività;
4. **Stabilimento gassificazione AMG**, 150 m circa: impianto di gassificazione da carbone, non più in attività;
5. **Stabilimento ittico conserviero**, 300 m circa: industria di lavorazione e inscatolamento di tonno, in attività.
6. **Autoparco comunale**, 200m circa: con annessa area di rifornimento attrezzata con cisterne interrate della capacità di 7 mc



Figura 14: Siti industriali limitrofi



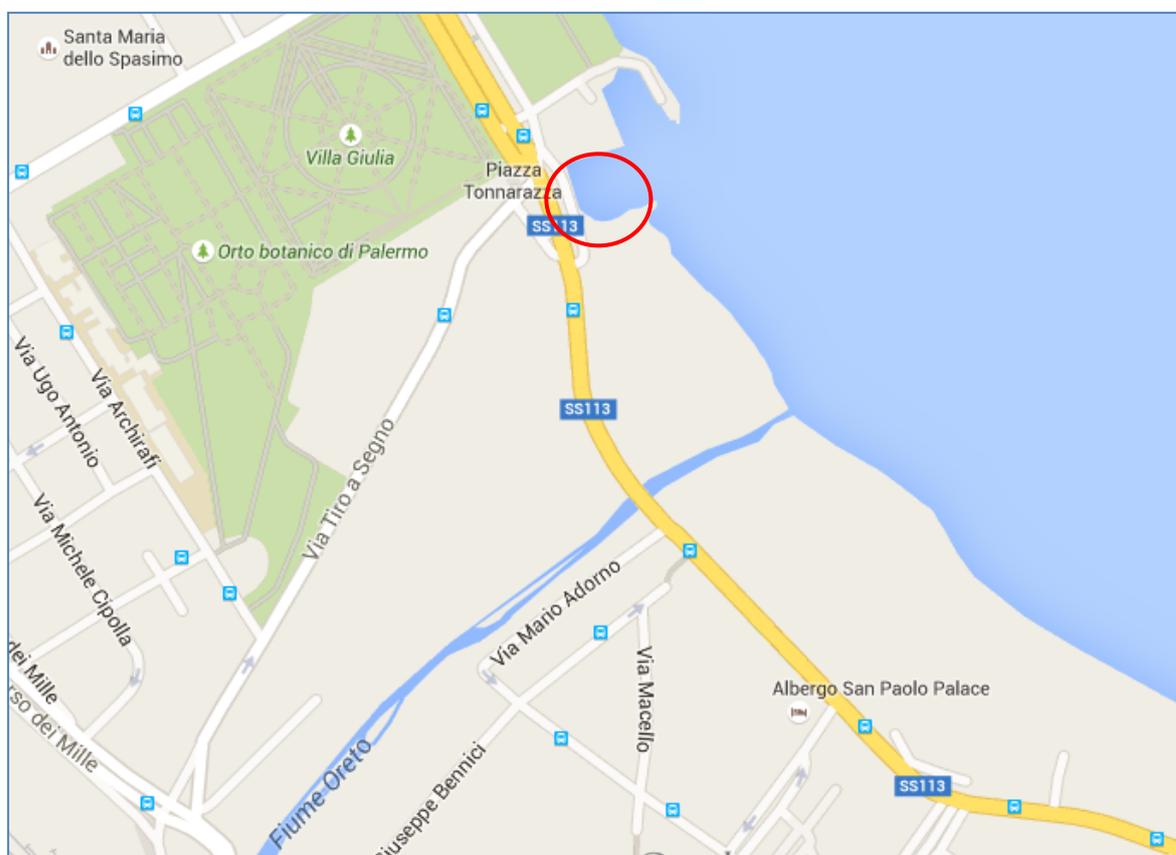
Figura 15. Contesto urbanistico

La zona è poi caratterizzata dalla presenza di ingenti quantità di materiali di riporto e macerie accumulate nei decenni, soprattutto negli anni immediatamente seguenti il secondo conflitto mondiale, che vanno a formare delle aree di accumulo a ridosso del litorale.

L'area in esame è ubicata nella piana di Palermo, un'area pianeggiante compresa tra i Monti di Palermo ed il mar Tirreno nota con il nome di Conca d'Oro ed ormai interamente occupata dall'abitato del capoluogo siciliano.

Circa 200 m a sud rispetto al sito, sfocia il fiume Oreto, uno dei principali corsi d'acqua del versante tirrenico della Sicilia.

Più a nord, invece, ad un chilometro circa, si trova il porto di Palermo.



**Figura 16: Prossimità del sito al fiume Oreto**

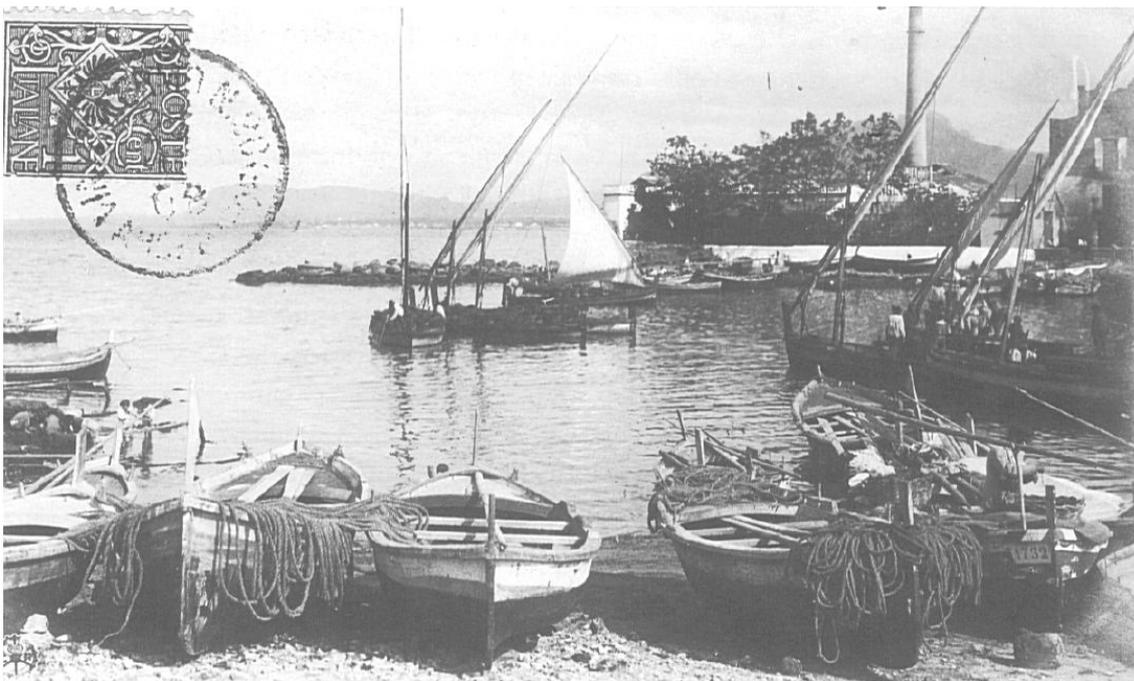
## 4.2 Foto storiche del porticciolo di Sant'Erasmo



Figura 17. Porticciolo di Sant'Erasmo, primi anni del '900 (collezione G. Perricone)



Figura 18. Il porticciolo di Sant'Erasmo e sullo sfondo l'Astrachello di Cutò, primi anni del '900 (collezione G. Perricone)



**Figura 19. Barche tirate a secco sulla spiaggetta del porticciolo di Sant'Erasmo, primi anni del '900  
(collezione G.Perricone)**



**Figura 20. Veduta panoramica del Golfo di Sant'Erasmo con sullo sfondo l'alta ciminiera della  
fabbrica del ghiaccio e la Casena dei marchesi di San Giacinto, primi anni del '900. (collezione  
G.Perricone)**

#### 4.2.1 Inquadramento geografico

La Piana di Palermo ha un'estensione di circa 130 km<sup>2</sup> ed ha andamento NW-SE con uno sviluppo costiero di circa 30 km. E' delimitata dai cosiddetti “Monti di Palermo”, a SE dal Fiume Eleuterio, che la separa dalla attigua Piana di Bagheria, ed a N-E dal Mar Tirreno. I circostanti “Monti di Palermo” raggiungono un'altezza media di circa 900 m, presentando versanti molto ripidi, incisi da valli abbastanza profonde, strette ed incassate, a fondo molto declive, il cui orientamento coincide frequentemente con la direzione predominante dei venti umidi (Libeccio).

Per quel che riguarda il sistema di drenaggio superficiale, il corpo idrico è drenato a SE dal Fiume Oreto, ad E dal Fiume Eleuterio, ed a E-NE da alcuni corsi d'acqua minori (ricadenti nei bacini minori tra F. Oreto e Punta Raisi), tra i quali il maggiore è il Passo di Rigano, oggi interamente canalizzato.

I depositi pleistocenici (argille di Ficarazzi e/o calcareniti biancastre o giallastre) della Piana di Palermo poggiano sulle coperture terrigene numidiche o riposano direttamente sulla prosecuzione sepolta dei corpi idrici di Monte Gallo, Monte Castellaccio, Pizzo Vuturo – Monte Pellegrino, Monte Cuccio – Monte Gibilmesì e Belmonte – Pizzo Mirabella.

Un'aliquota idrica sotterranea, non indifferente, proveniente dai precipitati corpi idrici carbonatici, alimenta i sovrastanti acquiferi calcarenitici.

Il corpo idrico ricade nel foglio I.G.M. n. 249 “Palermo” (scala 1:100.000) e nei territori comunali di Palermo, Villabate, Ficarazzi e Monreale.

#### 4.3 Modello concettuale definitivo

Il Modello Concettuale esplicita i legami tra le diverse componenti (sorgenti di contaminazione, percorsi di migrazione e vie di esposizione, bersagli), permettendo di valutare la presenza delle condizioni di rischio per la salute umana e per l'ambiente come conseguenza del fenomeno di inquinamento rilevato.

La definizione del Modello Concettuale consente di valutare l'eventuale necessità di eseguire interventi mirati all'eliminazione delle sorgenti primarie e/o secondarie di

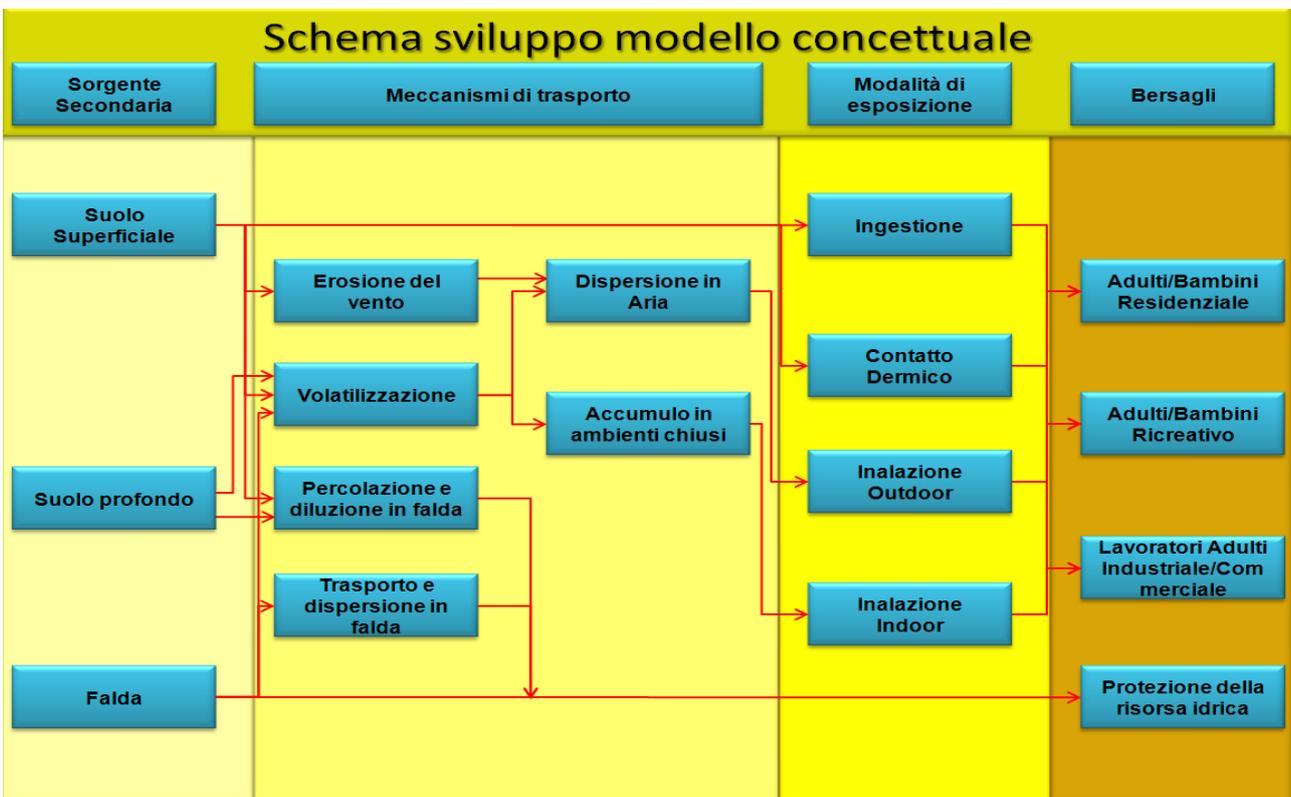
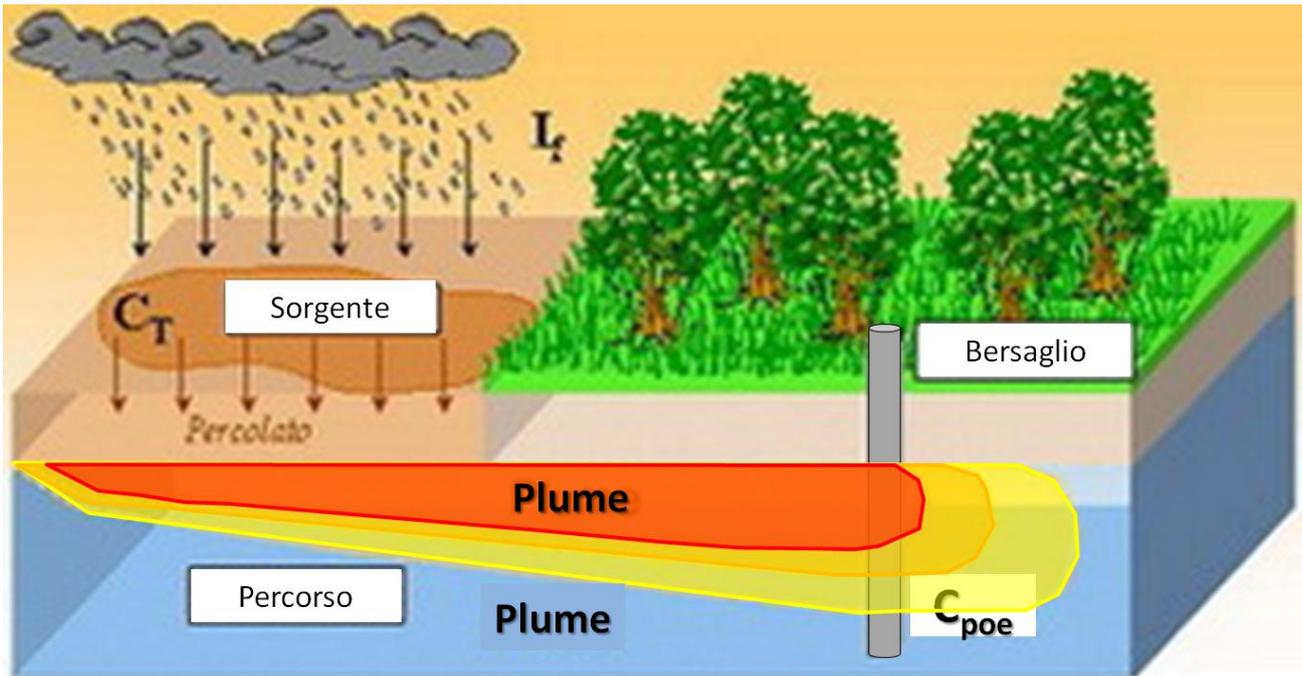
contaminazione, all'interruzione di ogni eventuale percorso di migrazione individuato e, infine, alla bonifica nonché al ripristino ambientale del sito.

Il **MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO** rappresenta l'ipotesi di lavoro che indirizza le valutazioni legate alle cause della potenziale contaminazione consentendo, allo stesso tempo, di impostare la procedura di analisi di rischio sito-specifica. La definizione del Modello Concettuale Definitivo del Sito del Porticciolo di S.Erasmo è stata realizzata seguendo l'approccio metodologico dell'Analisi di Rischio elaborata *dall'American Society for Testing and materials* denominato *Risk Based Corrective Action (RBCA)*, metodo conforme a quanto previsto nelle prescrizioni relative all'elaborazione dei progetti di bonifica indicate nell'allegato 2, Titolo V, Parte IV, del D.Lgs 152/06.

Si riportano di seguito alcune considerazioni riguardanti le componenti che concorrono alla determinazione del potenziale rischio ambientale a seguito del fenomeno di inquinamento rilevato.

In particolare vengono evidenziate le seguenti componenti:

- Sorgenti di contaminazione (primarie e secondarie);
- Percorsi di migrazione;
- Vie di esposizione;
- Bersagli.



**Figura 21 Schema logico seguito per la predisposizione del modello concettuale definitivo**

#### 4.4 Sorgente di contaminazione (potenziali o conclamate)

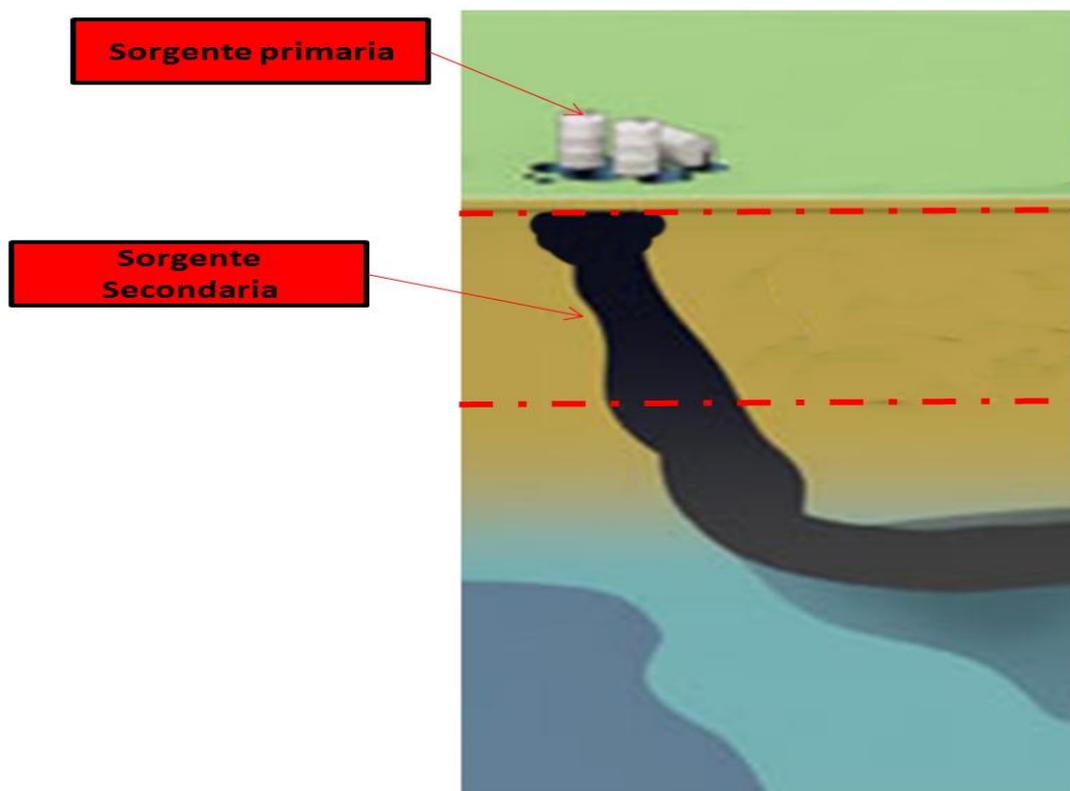
È possibile individuare, in relazione alle attività produttive svolte presso il sito (porticciolo di S.Erasmo-Palermo) e ai risultati di indagini in possesso, le sorgenti di contaminazione primarie e secondarie dalle quali i contaminanti possono migrare, attraverso meccanismi di rilascio e le vie di esposizione, verso i bersagli.

La sorgente di contaminazione si differenzia in sorgente primaria e sorgente secondaria.

La **sorgente primaria** è rappresentata dall'elemento che è causa di inquinamento (es. accumulo di rifiuti, sversamenti, condotte interrato, scarichi a cielo aperto o tombati, ecc.); la **sorgente secondaria** è identificata con il comparto ambientale interessato dalla contaminazione (suolo, acqua).

La sorgente secondaria può trovarsi in due comparti ambientali, ovvero:

- zona insatura, a sua volta classificabile come suolo superficiale, compreso tra 0 ed 1 m di profondità dal piano campagna e suolo profondo, con profondità maggiore di 1 m dal piano campagna;
- zona satura, o acqua sotterranea.



### ***Sorgente primaria potenziale o conclamata***

Nell'area oggetto di indagine, considerata la natura storica della potenziale contaminazione, non sono state individuate fonti di inquinamento sia puntuali che diffuse **attive** legate alle attività industriali intensive svolte nei dintorni dell'area. Tuttavia, durante i primi interventi del 2014 è stato rivenuto un scarico attivo in corrispondenza della banchina posta alla radice del molo (vedi figura sotto). Lo stesso è stato anche rilevato in una ortofoto storica del 2012.



**Figura 22. In alto rilevamento fotografico del 2014 con evidente fenomeno di scarico di acque sull'arenile. In basso ortofoto del settembre 2012 con evidenza del fenomeno**

### **Sorgenti secondarie potenziali o conclamate**

Le sorgenti di rilascio secondarie, dalle quali i contaminanti tendono a diffondersi attraverso i meccanismi di rilascio di seguito riportati, sono rappresentate dalle matrici ambientali potenzialmente contaminate e possono essere identificate nel terreno naturale o di riporto, saturo ed insaturo e nelle acque di scorrimento sotterraneo.

I principali contaminanti individuati presenti nel suolo e sottosuolo, in relazione alle risultanze delle indagini già eseguite, nonché, dai risultati ottenuti in fase di validazione da parte di ARP ST Palermo, sono di seguito riportati. Le concentrazioni indicate tra parentesi si riferiscono ai valori massimi registrati da entrambi i laboratori.

### **METALLI**

- Piombo (419 mg/kg)
- Rame (296 mg/kg)
- Zinco (679 mg/kg)
- Cianuri (240 mg/kg)

### **IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI**

- Benzo(a)antracene (29.7 mg/kg)
- Benzo(a)pirene (27.2 mg/kg)
- Benzo(b)fluorantene (27.9 mg/kg)
- Benzo(k)fluorantene (9.94 mg/kg)
- Benzo(g,h,i)perilene (14.6 mg/kg)
- Crisene (46.9 mg/kg)
- Dibenzo(a,e)pirene (2.57 mg/kg)
- Dibenzo(a,l)pirene (10.1 mg/kg)
- Dibenzo(a,i)pirene (1.26 mg/kg)
- Dibenzo(a,h)pirene (1.55 mg/kg)
- Dibenzo(a,h)antracene (4.64 mg/kg)

- Indenopirene (19.4 mg/kg)
- Pirene (54.5 mg/kg)

#### ALTRI PARAMETRI

- PCB (0.069 mg/kg)
- Idrocarburi (Speciazione MADEP)
  - Alifatici C9-C18 (31.0 mg/kg)
  - Alifatici C19-C36 (60.0 mg/kg)
  - Aromatici C11-C22 (122.0 mg/kg)

I principali contaminanti individuati presenti nelle acque sotterranee, sono:

#### METALLI

- Manganese (480 µg/l)
- Arsenico (49 µg/l)
- Benzo(k)fluorantene (0.099 µg/l)
- Benzo(a)pirene (0.062 µg/l)
- Benzo(g,h,i,)perilene (0.058 µg/l)

#### 4.5 Percorsi potenziali dell'inquinamento

Tenuto conto dei diversi meccanismi di trasporto attraverso i quali può avvenire la diffusione della contaminazione dalle sorgenti primarie e secondarie alle matrici ambientali circostanti, si è potuto constatare che l'analisi dei meccanismi di trasporto e delle vie di esposizione non può essere considerata completa, vista la complessità del sito, la tipologia degli inquinanti e la natura storica della contaminazione.

In considerazione di questa limitazione, nel seguito verranno indicati come **percorsi attivi** soltanto i percorsi che vengono generati da una matrice ambientale in cui la presenza di contaminazione è stata indagata e confermata.

Sulla base di quanto precedentemente indicato, si riporta nel seguito l'analisi relativa ai diversi percorsi di esposizione.

- A. Contatto dermico ed ingestione: secondo quanto precedentemente riportato, essendo nota la contaminazione nel terreno superficiale (ad una profondità inferiore ad 1 m) ed essendo noto lo stato di contaminazione del terreno superficiale, questo percorso è stato considerato **attivo**.
- B. Erosione eolica e dispersione atmosferica: il fenomeno è legato al trasporto del contaminante ad opera dei movimenti d'aria che interessano la superficie dell'area contaminata, qualora esposta agli agenti atmosferici. Essendo noto lo stato di contaminazione del terreno superficiale, si ritiene pertanto che questo percorso debba essere considerato **attivo** per la totalità dell'area interessata dal fenomeno.
- C. Volatilizzazione e dispersione in atmosfera: fenomeno legato al rilascio della frazione leggera dei composti volatili presenti nel suolo o nell'acqua sotterranea e la successiva dispersione in atmosfera. Si ritiene che questo percorso debba essere considerato **attivo**.
- D. volatilizzazione e accumulo in spazi confinati: fenomeno legato al rilascio della frazione leggera dei composti volatili presenti nel suolo o nell'acqua sotterranea e il successivo accumulo in spazi confinati. Si ritiene che questo percorso debba essere considerato **attivo**.
- E. rilascio di percolato e diffusione in falda: fenomeno legato al rilascio di percolato presente in fase libera o adsorbito nelle frazioni fini della zona satura. È inteso come liquido risultante dal rilascio della frazione liquida dei rifiuti e la sua migrazione verso il basso appare quindi limitata dalla presenza dell'acqua. Si ritiene che questo percorso debba essere considerato **attivo**.
- F. lisciviazione e dispersione in falda: il fenomeno di rilascio è causato dalle acque meteoriche che infiltrandosi nel terreno attraversano lo strato di terreno insaturo contaminato e si caricano della parte idrosolubile della

contaminazione. Si ritiene che questo percorso debba essere considerato **attivo**.

- G. rilascio per dissoluzione per contatto diretto con la falda: Il movimento della falda, seppur limitato, può facilitare il contatto e la dispersione del prodotto. Il percorso è stato ritenuto **attivo**.
- H. migrazione di acqua sotterranea contaminata: fenomeno legato al naturale flusso dell'acqua sotterranea verso le aree ubicate a valle flusso: il percorso è stato ritenuto **attivo**. Il meccanismo di trasporto è influenzato dalla solubilità delle sostanze (più alta è la solubilità, maggiori possono essere le concentrazioni in soluzione del composto), dal  $K_{oc}$  e dal  $K_d$  (minore è la capacità a legarsi al terreno, maggiore può essere la mobilità della sostanza).
- I. migrazione di prodotto in fase libera: sulla base dei dati disponibili, essendo stata rilevata la presenza di fase libera o come fase separata, il percorso è ritenuto **attivo**.
- J. migrazione di acque superficiali contaminate: essendo il sito all'interno di un'area portuale il percorso è ritenuto **attivo**.
- K. erosione e trasporto ad opera di acqua di ruscellamento e dispersione in acque superficiali: il fenomeno è generalmente legato all'erosione operata dall'acqua piovana e al successivo ruscellamento della stessa verso corsi d'acqua superficiale. Considerata la superficie topografica relativamente piatta e l'assenza di rilievi, anche artificiali, si tenderebbe a ritenere tale processo non attivo; tuttavia, data l'adiacenza del sito al mare e il costante lavoro di erosione e ripascimento operato da quest'ultimo sul sito, con il conseguente potenziale interessamento del corpo idrico marino, il percorso è ritenuto **attivo**.

## 4.6 Bersagli dell'inquinamento

Sulla base delle caratteristiche specifiche del sito e della situazione di potenziale contaminazione rilevata, è stato possibile individuare per i differenti meccanismi di rilascio dei contaminanti individuati i seguenti bersagli potenziali, ovvero:

- in relazione alla dispersione eolica della frazione fine di terreno contaminato e volatilizzazione dei composti volatili:
  - popolazione non residente che potrebbe frequentare il Sito (esposizione tramite inalazione di vapori);
  - popolazione residente;
- in relazione al rilascio della frazione idrosolubile mediante lisciviazione
  - la falda sotterranea in sito;
- in relazione alla migrazione a valle del sito dei contaminanti presenti in soluzione (contaminanti organici ed inorganici)
  - eventuali utilizzatori dell'acqua di falda a valle del sito (esposizione tramite ingestione, contatto dermico e inalazione di vapori della falda). Tuttavia, come si evince dal Verbale di approvazione della Conferenza dei servizi, l'ubicazione del POC è stata considerata corretta nonostante la stessa insista nel corpo dei rifiuti dell'ex discarica del Comune di Palermo.

## 4.7 CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE

La sorgente di contaminazione può essere identificata e differenziata in sorgente primaria e sorgente secondaria.

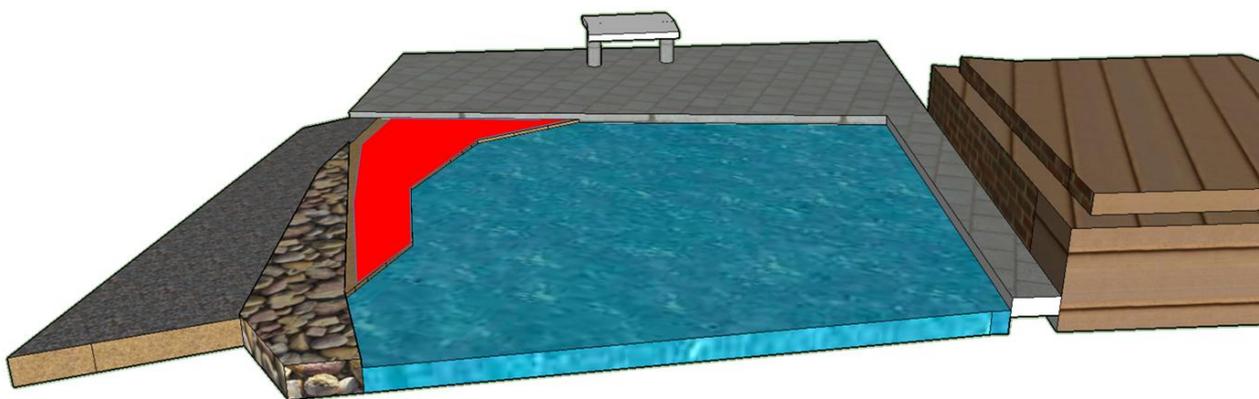
Nel sito “potenzialmente contaminato” del porticciolo di S.Erasmo, oggetto di questa analisi assoluta di rischio, ad oggi non vi è più la presenza di sorgenti primarie, eccetto

quanto rinvenuto nel 2014 circa la presenza di uno scarico, mentre come sorgente secondaria può essere considerato il comparto ambientale oggetto di contaminazione.

La sorgente secondaria, dai risultati dalla campagna condotta in loco mediante trivellazione, è stata localizzata nel suolo superficiale (SS) a partire da 0 m e arrivando fino ad 1 m di profondità e nel suolo profondo (SP), interessando uno spessore di circa 5 m compreso tra quota -1 e -5 m.

L’acquifero è stato generalmente intercettato a quota media di ca. 1 – 1,3 m al di sotto del piano campagna .

In accordo con gli standard di riferimento, la procedura di analisi di rischio è stata applicata riferendosi alla sorgente secondaria di contaminazione, quindi tutti i parametri relativi alla sorgente sono riferiti al comparto ambientale contaminato.



**Figura 23. rappresentazione schematica non in scala della sorgente di contaminazione**

#### 4.7.1 Geometria della zona insatura di suolo

Al fine di determinare la geometria della zona insatura sono stati presi in considerazione i parametri riportati di seguito nella tabella 6:

PARAMETRO	DEFINIZIONE	DATO [cm]
Livello piezometrico dell'acquifero	Rappresenta la distanza tra il piano campagna e la superficie piezometrica dell'acquifero	250
Spessore della frangia capillare	Rappresenta la zona posta subito al di sopra della superficie piezometrica	10
Spessore della zona insatura	Rappresenta la distanza tra il piano campagna e la frangia capillare	250
Spessore di suolo superficiale	Rappresentato dal primo tratto di terreno insaturo rispetto al piano campagna.	100

*Tabella 6- Parametri zona insatura di suolo*

#### 4.7.2 Geometria della sorgente secondaria di contaminazione

##### a) Zona insatura

Una volta delimitata la sorgente, è stato possibile estrapolare i valori dei parametri geometrici utili per la stima dei fattori di trasporto (volatilizzazione, dispersione in atmosfera, percolazione e trasporto in falda). In particolare, si è fatto riferimento all'estensione della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda e alla direzione principale del vento.

PARAMETRO	DEFINIZIONE
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	massima estensione di suolo insaturo contaminato, lungo la direzione parallela al flusso di falda
Estensione della sorgente in direzione ortogonale alla direzione del flusso di falda	la massima estensione di suolo insaturo contaminato lungo la direzione ortogonale al flusso di falda
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	massima estensione di suolo insaturo contaminato lungo la direzione parallela alla direzione prevalente del vento
Estensione della sorgente in direzione ortogonale alla direzione prevalente del vento	massima estensione di suolo insaturo contaminato lungo la direzione ortogonale alla direzione prevalente del vento
Profondità del top della sorgente rispetto al piano campagna	distanza tra il piano campagna e il top della sorgente di contaminazione nel suolo insaturo (superficiale o profondo)
Profondità della base della sorgente rispetto al piano campagna	distanza tra il piano campagna e la base della sorgente di contaminazione nel suolo insaturo (superficiale o profondo)

Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	250 cm
Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	100 cm
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	250 cm

*Tabella 7 - Parametri zona insatura sorgente secondaria*

**b) Zona satura**

PARAMETRO	DEFINIZIONE
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	massima estensione del <i>plume</i> di contaminazione in direzione ortogonale al flusso di falda (serve dato direzione flusso di falda)
Estensione della sorgente in direzione ortogonale alla direzione del flusso di falda	distanza tra la superficie piezometrica ed il punto più basso della falda in cui si è riscontrata la contaminazione
Area della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda	massima estensione del <i>plume</i> di contaminazione lungo la direzione parallela alla direzione prevalente della falda

*Tabella 8 - Parametri zona satura sorgente secondaria*

**Caratteristiche Sito**

Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore	Note
<b>Zona Insatura</b>				
$L_s$ (SS)	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	m	0	Default
$L_s$ (SP)	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	m	1	Default
$d$	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	m	1	Default
$d_s$	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	m	1,5	Modificato
$L_{GW}$	Profondità del piano di falda	m	2,5	Modificato
$h_v$	Spessore della zona insatura	m	2,4	Modificato
$f_{oc, SS}$	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale	g-C/g-suolo	0,01	Default
$f_{oc, SP}$	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo	g-C/g-suolo	0,01	Default
$t_{LF}$	Tempo medio di durata del lisciviato	anni	NA	Non Richiesto
$pH$	pH	adim.	6,8	Default
$\rho_s$	Densità del suolo	g/cm <sup>3</sup>	1,7	Default
$\theta_e$	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	0,385	Modificato
$\theta_w$	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	0,088	Modificato
$\theta_a$	Contenuto volumetrico di aria	adim.	0,317	Modificato
$\theta_{wcap}$	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capillare	adim.	0,33	Modificato
$\theta_{acap}$	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capillare	adim.	0,055	Modificato
$h_{cap}$	Spessore frangia capillare	m	0,1	Modificato
$I_{ef}$	Infiltrazione efficace	cm/anno	12,28	Modificato
$P$	Piovosità	cm/anno	82,6	Modificato
$n_{outdoor}$	Frazione areale di fratture outdoor	adim.	1	Default
Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore	Note
<b>Zona Saturata</b>				
$W$	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	m	75	Modificato
$S_w$	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	m	20	Modificato
$d_a$	Spessore acquifero	m	10	Modificato
$K_{sat}$	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	8,25E-05	Modificato
$i$	Gradiente idraulico	adim.	0,01	Default
$v_{gw}$	Velocità di Darcy	m/s	8,25E-07	Modificato
$v_e$	Velocità media effettiva nella falda	m/s	2,14E-06	Modificato
$\theta_{e sat}$	Porosità efficace del terreno in zona saturata	adim.	0,385	Modificato
$f_{oc}$	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-suolo	0,001	Default
$POC$	Distanza recettore off site (DAF)	m	0,00E+00	Modificato
$a_x$	Dispersività longitudinale	m	0,00E+00	Modificato
$a_y$	Dispersività trasversale	m	0,00E+00	Modificato
$a_z$	Dispersività verticale	m	0,00E+00	Modificato
$\delta_{gw}$	Spessore della zona di miscelazione in falda	m	8,29E+00	Modificato
$LDF$	Fattore di diluizione in falda	adim.	24,40	Modificato

**Figura 24. Schermata A dei dati di INPUT utilizzati dal Software per la definizione delle caratteristiche del sito**

Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore	Note
<b>Ambiente Outdoor</b>				
$\delta_{air}$	Altezza della zona di miscelazione	m	2	Default
$W'$	Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	m	20	Modificato
$S_w'$	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del ven	m	7,50E+01	Modificato
$U_{air}$	Velocità del vento	m/s	1,22E+00	Modificato
$P_e$	Portata di particolato per unità di superficie	g/(cm·s <sup>3</sup> )	6,90E-14	Default
$T_{outdoor}$	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	30	Default
<b>POC ADF</b>	Distanza recettore off site (ADF)	m	1,50E+01	Modificato
$\sigma_y$	Coefficiente di dispersione trasversale	m	1,199101011	Modificato
$\sigma_z$	Coefficiente di dispersione verticale	m	0,890042718	Modificato

Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore	Note
<b>Ambiente Indoor</b>				
<b>Edificio On-Site</b>				
$Z_{crack}$	Profondità fondazioni da p.c.	m	0,15	Default
$L_{crack}$	Spessore delle fondazioni/muri	m	0,15	Default
$\eta$	Frazione areale di fratture indoor	adim.	0,01	Default
$L_b$	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione	m	2	Default
$\theta_{wcrack}$	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0,12	Default
$\theta_{acrack}$	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0,26	Default
<b>ER</b>	Tasso di ricambio di aria indoor	1/s	0,00014	Default
$T_{indoor}$	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	30	Default
$\Delta p$	Differenza di pressione tra indoor e outdoor	g/(cm·s <sup>3</sup> )	NA	Non Richiesto
$K_v$	Permeabilità del suolo al flusso di vapore	m <sup>2</sup>	NA	Non Richiesto
$A_b$	Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione	m <sup>2</sup>	NA	Non Richiesto
$X_{crack}$	Perimetro delle fondazioni/muri	m	NA	Non Richiesto
$\mu_{air}$	Viscosità del vapore	g/(cm·s)	NA	Non Richiesto
<b>Edificio Off-site</b>				
$Z_{crack}$	Profondità fondazioni da p.c.	m	0,15	Default
$L_{crack}$	Spessore delle fondazioni/muri	m	0,15	Default
$\eta$	Frazione areale di fratture indoor	adim.	0,01	Default
$L_b$	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione	m	2	Default
$\theta_{wcrack}$	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0,12	Default
$\theta_{acrack}$	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0,26	Default
<b>ER</b>	Tasso di ricambio di aria indoor	1/s	0,00014	Default
$T_{indoor}$	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	30	Default
$\Delta p$	Differenza di pressione tra indoor e outdoor	g/(cm·s <sup>3</sup> )	NA	Non Richiesto
$K_v$	Permeabilità del suolo al flusso di vapore	m <sup>2</sup>	NA	Non Richiesto
$A_b$	Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione	m <sup>2</sup>	NA	Non Richiesto
$X_{crack}$	Perimetro delle fondazioni/muri	m	NA	Non Richiesto
$\mu_{air}$	Viscosità del vapore	g/(cm·s)	NA	Non Richiesto

**Figura 25. Schermata B dei dati di INPUT utilizzati dal Software per la definizione delle caratteristiche del sito**

## 4.8 CARATTERIZZAZIONE DELLE VIE DI MIGRAZIONE, ESPOSIZIONE E BERSAGLI

### 4.8.1 Migrazione

Nell’ambito della caratterizzazione delle vie di esposizione assumono un ruolo molto importante i fattori di trasporto (quindi concentrazione dell’inquinante alla sorgente e concentrazione dell’inquinante nel punto di esposizione) perché intervengono sulla valutazione dell’esposizione indiretta laddove i contaminanti possono raggiungere i bersagli.

I fattori di trasporto che sono stati presi in considerazione sono riportati in tabella 9.

FATTORE	DEFINIZIONE
fattore di lisciviazione in falda da suolo superficiale e/o profondo	infiltrazione d’acqua piovana all’interno del suolo
fattore di attenuazione in falda	esprime il rapporto tra la concentrazione di un contaminante in corrispondenza della sorgente secondaria in falda e la concentrazione al punto di esposizione situato a distanza x dalla sorgente nel verso di flusso
fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da suolo superficiale	esprime il rapporto tra la concentrazione della specie chimica nel punto di esposizione (in aria) e quella in corrispondenza della sorgente di contaminazione (suolo superficiale)
fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da suolo profondo	esprime il rapporto tra la concentrazione della specie chimica nel punto di esposizione (in aria), al di sopra del sito, e quella in corrispondenza della sorgente di contaminazione (nel suolo profondo)
fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da falda	esprime il rapporto tra la concentrazione della specie chimica nel punto di esposizione (in aria), al di sopra del sito, e quella in corrispondenza della sorgente di contaminazione (falda)

<p>fattore di volatilizzazione di vapori indoor da suolo (Suolo Superficiale, e Suolo Profondo)</p>	<p>esprime il rapporto tra la concentrazione della specie chimica nel punto di esposizione (in aria indoor) e quella in corrispondenza della sorgente di contaminazione (falda)</p>
<p>fattore di volatilizzazione di vapori indoor da falda.</p>	<p>esprime il rapporto tra la concentrazione della specie chimica nel punto di esposizione (in aria indoor) e quella in corrispondenza della sorgente di contaminazione (falda)</p>
<p>fattore di dispersione in aria outdoor</p>	<p>esprime il rapporto tra la concentrazione nella zona di miscelazione in aria al disopra della sorgente di volatilizzazione e la concentrazione in atmosfera a valle della zona di miscelazione ,rispetto alla direzione principale del vento</p>

*Tabella 9 – Fattori di trasporto nelle tre matrici ambientali considerate*

#### 4.8.2 Esposizione e Bersagli

Solo attraverso l'esposizione il potenziale bersaglio entra in contatto con la specie chimica contaminante. Se la via di esposizione coincide con la sorgente di contaminazione è possibile parlare di **esposizione diretta**, se invece il contatto tra contaminante e recettore/bersaglio avviene ad una certa distanza dalla sorgente a causa della migrazione della sostanza chimica inquinante si parla di **esposizione indiretta**.

Le vie di esposizione possono essere:

- ▶ Suolo Superficiale
- ▶ Suolo profondo
- ▶ Aria Outdoor
- ▶ Aria Indoor
- ▶ Acqua sotterranea

Come detto, i bersagli presi in considerazione sono solo quelli on-site ovvero, alla luce della destinazione urbanistica dell'area oggetto di studio (verde agricolo), gli adulti ed i bambini che potrebbero potenzialmente frequentare l'area (invero piuttosto poco frequentata). I parametri di esposizione considerati, del tutto prudenziali, sono riportati di seguito.

Parametri di Esposizione On-site		Residenziale		Industriale
Simbolo	Unità di misura	Adulto	Bambino	Adulto
<b>ON-SITE</b>				
<b>Parametri Generali</b>				
Peso corporeo	kg	70	15	NA
Durata di esposizione sostanze cancerogene	anni	70		
Durata di esposizione sostanze non cancerogene	anni	24	6	NA
Frequenza di esposizione	giorni/anno	350	350	NA
<b>Ingestione di suolo</b>				
Frazione di suolo ingerita	adim	1	1	NA
Tasso di ingestione di suolo	mg/giorno	100	200	NA
<b>Contatto dermico con suolo</b>				
Superficie di pelle esposta	cm <sup>2</sup>	5700	2800	NA
Fattore di aderenza dermica del suolo	mg/cm <sup>2</sup> giorno	0,07	0,2	NA
<b>Inalazione di aria outdoor</b>				
Frequenza giornaliera di esposizione (c)	ore/giorno	24	24	NA
Inalazione outdoor (a),(b)	m <sup>3</sup> /ora	0,9	0,7	NA
Frazione di particelle di suolo nella polvere	adim	1		
<b>Inalazione di aria indoor</b>				
Frequenza giornaliera di esposizione	ore/giorno	24	24	NA
Inalazione indoor (b)	m <sup>3</sup> /ora	0,9	0,7	NA
Frazione indoor di polvere all'aperto	adim	1		
<b>Ingestione di acqua potabile</b>				
Tasso di ingestione di acqua	L/giorno	NA	NA	NA

Parametri di Esposizione Off-site		Residenziale		Industriale
Simbolo	Unità di misura	Adulto	Bambino	Adulto
<b>OFF-SITE</b>				
<b>Parametri Generali</b>				
Peso corporeo	kg	NA	NA	NA
Durata di esposizione sostanze cancerogene	anni	NA	NA	NA
Durata di esposizione sostanze non cancerogene	anni	NA	NA	NA
Frequenza di esposizione	giorni/anno	NA	NA	NA
<b>Inalazione di aria outdoor</b>				
Frequenza giornaliera di esposizione (c)	ore/giorno	NA	NA	NA
Inalazione outdoor (a),(b)	m <sup>3</sup> /ora	NA	NA	NA
Frazione di particelle di suolo nella polvere	adim	NA	NA	NA
<b>Inalazione di aria indoor</b>				
Frequenza giornaliera di esposizione	ore/giorno	NA	NA	NA
Inalazione indoor (b)	m <sup>3</sup> /ora	NA	NA	NA
Frazione indoor di polvere all'aperto	adim		NA	
<b>Ingestione di acqua potabile</b>				
Tasso di ingestione di acqua	L/giorno	NA	NA	NA

**Figura 26. Schermata dei dati di INPUT utilizzati dal Software per la definizione delle vie di esposizione e dei bersagli.**

## 4.9 CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

Il rischio per la salute umana viene differenziato in *individuale* e *cumulativo* a secondo che si tratti, rispettivamente, di rischio associato ad un singolo contaminante per una o più vie di esposizione e rischio associato alla cumulazione degli effetti di più sostanze per una o più vie di esposizione.

Atteso che dai risultati della caratterizzazione sono stati evidenziati superamenti delle CSC in relazione a diversi inquinanti, per la presente analisi assoluta di rischio applicata al sito del porticciolo di Sant’Erasmus si è in presenza di rischio cumulativo.

Per il **suolo superficiale** il rischio è stato stimato considerando il valore più conservativo tra il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) e il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor) a protezione della risorsa idrica sotterranea a seguito dei fenomeni di lisciviazione da suolo superficiale e successivo trasporto in falda

La medesima cosa è stata fatta per calcolare il rischio derivante dal **suolo profondo** e dalla **falda**.

Durante la valutazione del rischio è stato valutato *l’indice di pericolo individuale* (HQ) il quale esprime di quanto l’esposizione reale alla sostanza supera la dose tollerabile o di riferimento.

La presente Analisi di Rischio è stata dunque svolta con riferimento ai soli analiti che hanno presentato superamenti dei limiti e, inoltre, in via del tutto cautelativa si è scelto di assumere come CRS (Concentrazioni Rappresentative del Sito) le massime concentrazioni rilevate per ciascuno dei contaminanti.

**Considerato che il piano di caratterizzazione è stato oggetto di validazione analitica da parte di ARPA ST Palermo e che lo stesso ha avuto esito positivo, applicando il principio di massima cautela sono stati utilizzati, per la caratterizzazione del rischio, i valori più elevati tra quelli ottenuti da i due laboratori.**

### Accettabilità

Target	Individuale	Cumulativo
Rischio	1E-6	1E-5
Indice di pericolo	1	1

### Modello Concettuale

Vie di esposizione	On-Site	Off-Site
<b>Suolo Superficiale</b>		
Ingestione Suolo	V	NA
Contatto Dermico	V	NA
Inalazione Vapori Outdoor	V	V
Inalazione Polveri Outdoor	V	V
Inalazione Vapori Indoor	V	NA
Inalazione Polveri Indoor	V	NA
Lisciviazione In Falda	V	---
<b>Suolo Profondo</b>		
Lisciviazione in Falda	V	---
Inalazione Vapori Outdoor	V	V
Inalazione Vapori Indoor	V	NA
<b>Falda</b>		
Ingestione d'acqua / Risorsa Idrica	V	---
Inalazione Vapori Outdoor	V	V
Inalazione Vapori Indoor	V	V

### Recettori / Ambito

Recettori	On-Site	Off-Site
Recettore	Res - Adjusted	Res - Adulto
Bersaglio Falda	Risorsa Idrica	Risorsa Idrica

Opzioni di Calcolo	Suolo Superficiale	Suolo Profondo
Volatilizzazione, Esaurimento sorgente	V	V
VFsamb per suolo superficiale se sorgente più profonda di p.c.	NA	---
Utilizza minore tra VFsamb e Vfss	---	No
Lisciviazione, Esaurimento sorgente	No	No
Soil Attenuation Model (SAM)	V	V
<b>Altre Opzioni di Calcolo</b>		
Dispersione in Falda		DAF2
Considera Csat per calcolo Rischio (modalità forward)		V
Considera Csat per calcolo CSR (modalità backward)		No

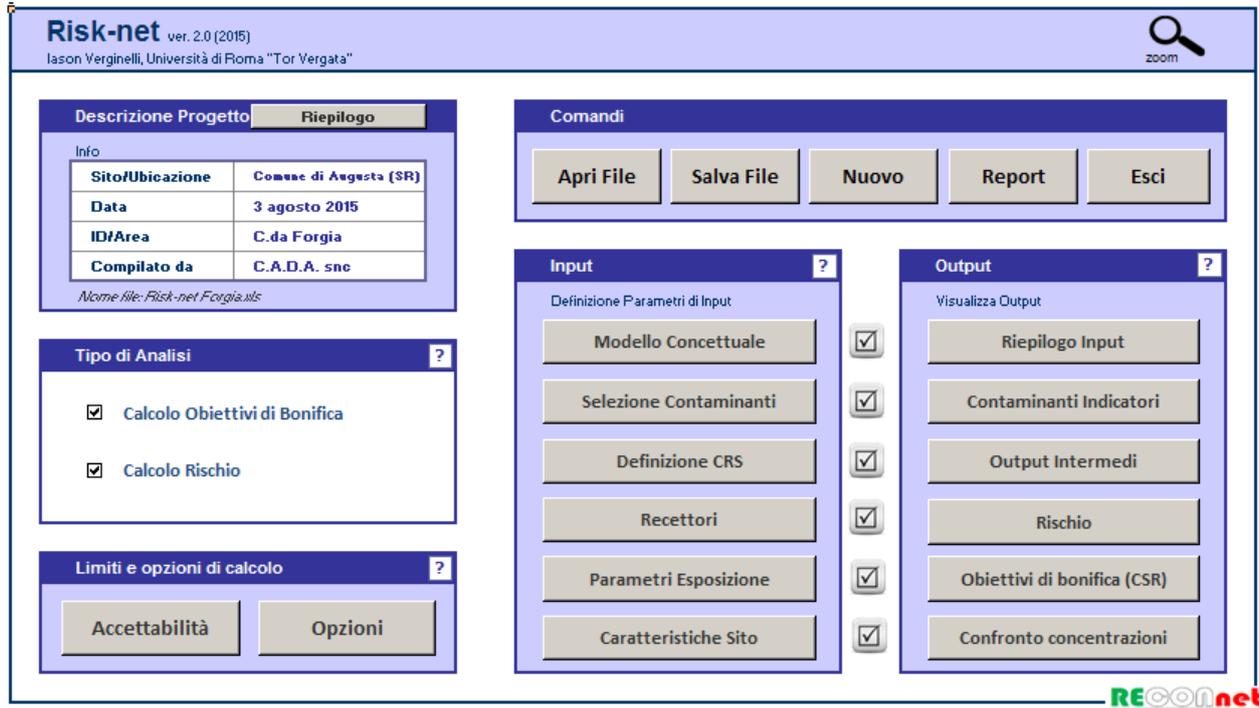
Figura 27. Parametri utilizzati dal software per la caratterizzazione del rischio

## 5 SOFTWARE UTILIZZATO

Il software utilizzato nella presente Analisi assoluta di Rischio, applicata al sito “potenzialmente contaminato” ubicato nel porticciolo di Sant’Erasmus è il Risk-net, nella versione 2.0 del Luglio 2015; è un software sviluppato nell'ambito della rete su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma “Tor Vergata”, con l'obiettivo di fornire uno strumento che ricalchi la procedura APAT-ISPRA di **Analisi di Rischio** (“Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”; APAT 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

Di seguito vengono riportate le varie fasi di utilizzo:

- 1) Avviato il software, viene visualizzata la schermata “Home” del programma in attesa dell’inserimento dati. Tale schermata è strutturata in diverse finestre di dialogo da cui è possibile definire le informazioni generali sul progetto, il tipo di analisi che si intende applicare, i limiti di riferimento e le opzioni di calcolo, gli input e gli output. Da qui è possibile definire le informazioni generali del progetto (Sito, Data, ID e Compilato Da) che vengono riportate sulle diverse schermate di input e output. Il pulsante “Riepilogo” permette di visualizzare le impostazioni e le assunzioni principali definite nel caso in esame. Risk-net può essere utilizzato per applicare l’Analisi di Rischio sia in modalità diretta (“Forward mode”) che inversa (“Backward mode”). L’opzione “Calcolo Obiettivi di Bonifica” permette di calcolare le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) applicando l’Analisi di Rischio in modalità backward. L’opzione “Calcolo Rischio” permette di stimare il rischio associato alla Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente (CRS) definita dall’utente. Le simulazioni possono essere effettuate attivando una o entrambe le opzioni.



**Risk-net** ver. 2.0 (2015)  
Iason Verginelli, Università di Roma "Tor Vergata"

**Descrizione Progetto** **Riepilogo**

Info	
Sito/Ubicazione	Comune di Augusta (SR)
Data	3 agosto 2015
ID/Area	C.da Forgia
Compilato da	C.A.D.A. snc

*Nome file: Risk-net Forgia.xls*

**Tipi di Analisi**

- Calcolo Obiettivi di Bonifica
- Calcolo Rischio

**Limiti e opzioni di calcolo**

Accettabilità    Opzioni

**Comandi**

Apri File    Salva File    Nuovo    Report    Esci

**Input**

Definizione Parametri di Input

- Modello Concettuale
- Selezione Contaminanti
- Definizione CRS
- Recettori
- Parametri Esposizione
- Caratteristiche Sito

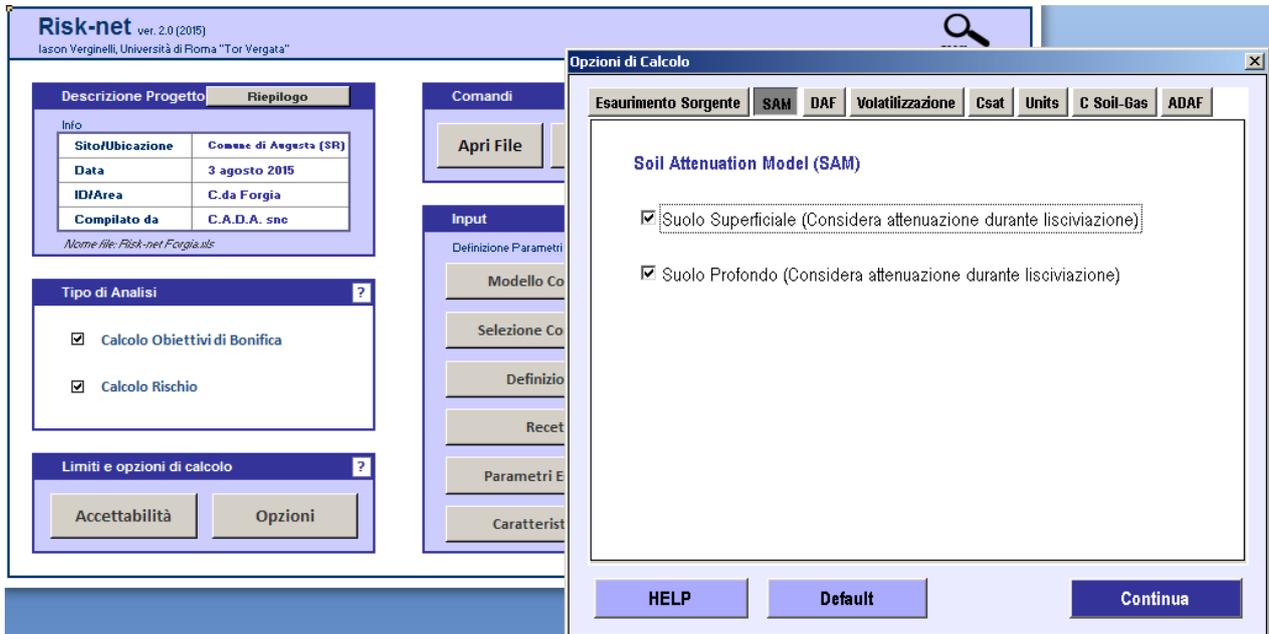
**Output**

Visualizza Output

- Riepilogo Input
- Contaminanti Indicatori
- Output Intermedi
- Rischio
- Obiettivi di bonifica (CSR)
- Confronto concentrazioni

**RECONnet**

2) Nel passo successivo è possibile definire le opzioni di calcolo e i limiti di accettabilità. In entrambi i casi si è scelto di mantenere i dati di default suggeriti dall'ISPRA.



**Risk-net** ver. 2.0 (2015)  
Iason Verginelli, Università di Roma "Tor Vergata"

**Opzioni di Calcolo**

Esaurimento Sorgente    **SAM**    DAF    Volatilizzazione    Csat    Units    C Soil-Gas    ADAF

**Soil Attenuation Model (SAM)**

- Suolo Superficiale (Considera attenuazione durante lisciviazione)
- Suolo Profondo (Considera attenuazione durante lisciviazione)

HELP    Default    Continua

3) Fatto ciò, inizia la fase di inserimento dei **parametri di input**, comprendente:

- a. Modello Concettuale;
- b. Selezione Contaminanti;
- c. Definizione CRS;
- d. Recettori;
- e. Parametri di Esposizione;
- f. Caratteristiche del Sito.

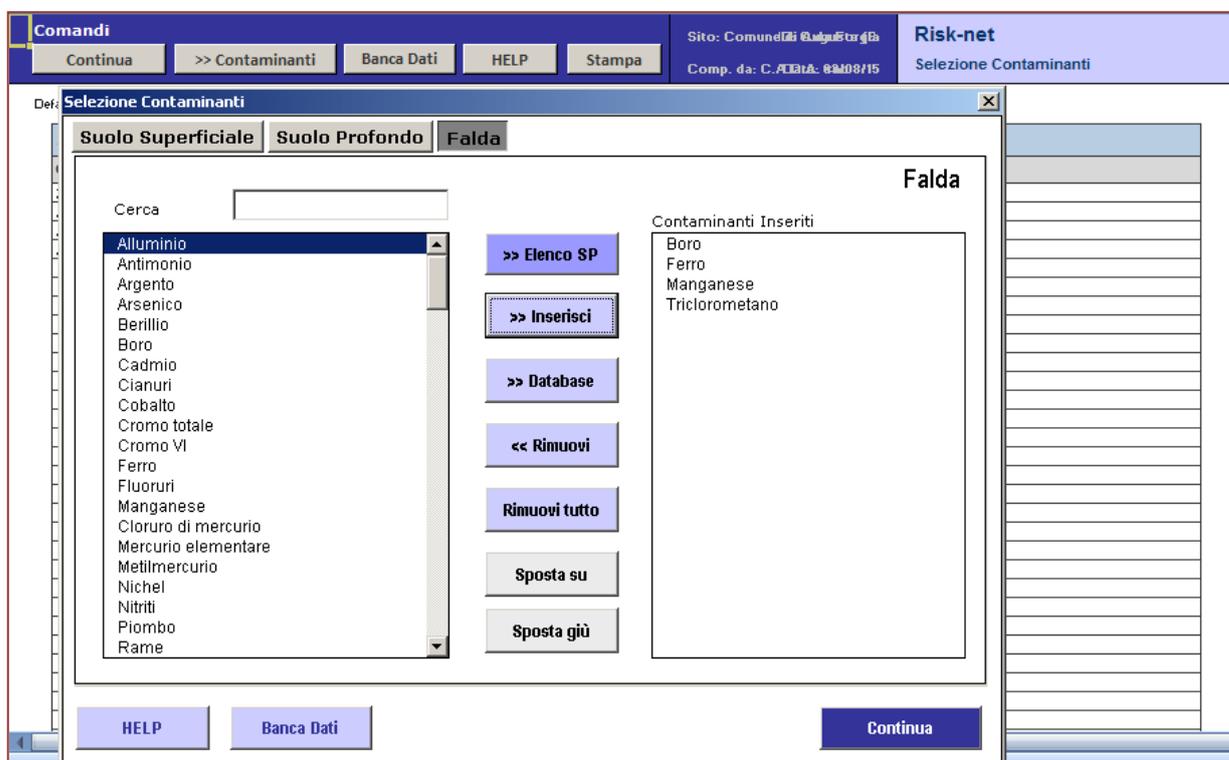
a. La prima scheda di input riguarda il Modello Concettuale:

Comandi		Sito:	ID:	Risk-net	Seleziona Tutte
Continua	HELP	Comp. da:	Data:	Modello Concettuale	Deseleziona Tutte
<b>Sorgente</b>	<b>Esposizione</b>	<b>Bersaglio</b>		<b>On-Site</b>	<b>Off-site</b>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6fa;">Suolo Superficiale</div> <p>Contatto Diretto</p> <p>Volatilizzazione</p> <p>Erosione vento</p> <p>Dilavamento</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Ingestione di Suolo e Contatto Dermico         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Polveri Outdoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Polveri Indoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Lisciviazione in Falda         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> POC = 0         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> No Off-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> Off-Site (ADF)         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> No Off-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> Off-Site (ADF)         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> No Off-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> POC &gt; 0 (DAF)         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6fa;">Suolo Profondo</div> <p>Volatilizzazione</p> <p>Dilavamento</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Lisciviazione in Falda         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> POC = 0         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> Off-Site (ADF)         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> No Off-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> POC &gt; 0 (DAF)         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6fa;">Falda</div> <p>Volatilizzazione</p> <p>Diretto</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> Contaminazione in Falda         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> On-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #ffff00;"> <input checked="" type="checkbox"/> POC = 0         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> Off-Site (ADF)         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> Off-Site         </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; background-color: #e6e6e6;"> <input type="checkbox"/> POC &gt; 0 (DAF)         </div>	

**Figura 28. Schermata di inserimento per la definizione del modello concettuale**

Le vie di esposizione ed i bersagli sono stati selezionati in accordo con quanto scritto nel capitolo precedente.

- b. A seguire vengono inseriti i contaminanti presenti nelle sorgenti secondarie, suddivisi per comparto ambientale. È possibile utilizzare la banca dati interna al software (‘Database di Default’ in cui è implementata la banca dati ISS-INAIL, 2015) o utilizzare il file esterno modificabile (file .xls ‘Banca Dati\_RCN’ che si trova nella stessa cartella del software). Nel Database di Default è implementata la banca dati ISS-INAIL (Marzo 2015) e i limiti fissati dal D.Lgs 152/06 e s.m.i. (per MtBE, EtBE e Piombo Tetraetile i limiti per i suoli e per le acque sotterrane sono riferiti al D.M. 12 febbraio 2015, n. 31). Caricando il file esterno viene disattivata la funzione di calcolo automatico dei coefficienti di ripartizione Koc e Kd che dipendono dal valore di pH definito nel sito e il calcolo delle CSR per gli Idrocarburi.

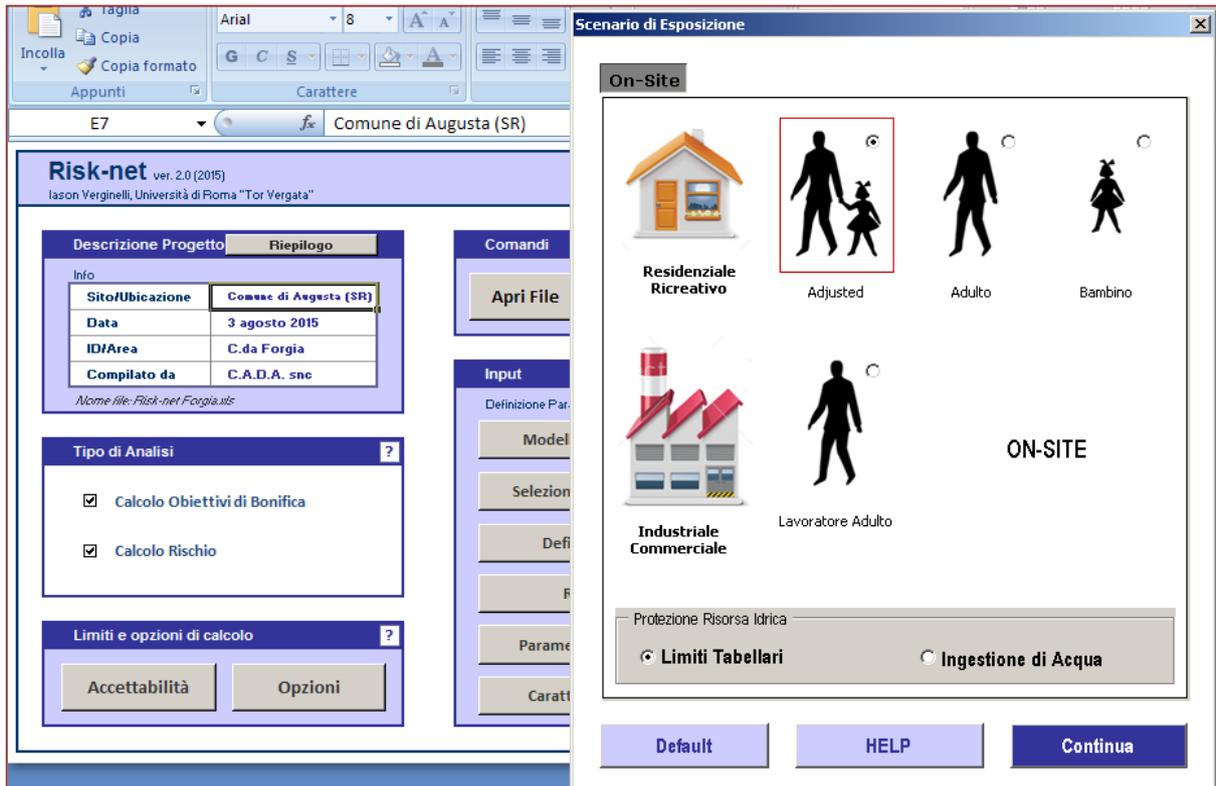


Risk-net									
Banca Dati Esterna									
<i>Istruzioni: Non eliminare né inserire nuove colonne; Il file si deve chiamare 'Banca Dati_RCN'</i>									
ID	Composti	Numero CAS	Classe	Peso Molecolare [g/mole]	Solubilità [mg/L]	Rif.	Pressione di vapore [mm Hg]	Rif.	Costante di Henry [adim.]
1	Acido para-ftalico	100-21-0	Altre sostanze	166.14	2.00E+03	6	1.21E+02	4	5.41E-01
2	Acriammide	79-06-1	Altre sostanze	71.08	2.05E+06	4	1.20E-02	16	5.83E-08
3	Alaclor	15972-60-8	Fitofarmaci	269.77	2.40E+02	4	2.16E-05	4	8.90E-07
4	Aldrin	309-00-2	Fitofarmaci	364.90	1.80E-01	1	2.27E-04	4	6.97E-03
5	Alluminio	7429-90-5	Composti inorganici	26.98	5.94E+04	23	8.74E-10	23	
6	Anilina	62-53-3	Ammine aromatiche	93.10	3.61E+04	4	4.90E-01	23	4.49E-05
7	Anisidina, m.p.	536-90-3	Ammine aromatiche	123.20	1.30E+05	6	5.18E-03	6	1.75E-06
8	Anisidina, o-	90-04-0	Ammine aromatiche	123.17	1.30E+05	6	5.18E-03	6	1.75E-06
9	Antimonio	7440-36-0	Composti inorganici	121.80	1.00E+06	18		23	
10	Argento	7440-22-4	Composti inorganici	107.90	1.00E+06			23	
11	Arsenico	7440-38-2	Composti inorganici	74.90	4.41E+05	19		23	
12	Atrazina	1912-24-9	Fitofarmaci	215.70	3.00E+01	4	8.93E-06	4	1.17E-07
13	Benzene	71-43-2	Aromatici	78.10	1.75E+03	1	9.53E+01	4	2.28E-01
14	Benzo(a)antracene	56-55-3	Aromatici policiclici	228.30	9.40E-03	1	4.55E-06	4	1.37E-04
15	Benzo(a)pirene	50-32-8	Aromatici policiclici	252.30	1.62E-03	1	5.68E-04	ps	4.63E-05
16	Benzo(b)fluorantene	205-99-2	Aromatici policiclici	252.30	1.50E-03	1	6.67E-07	16	4.55E-03
17	Benzo(g,h,i)perilene	191-24-2	Aromatici policiclici	276.30	7.00E-04	2	1.69E-07	4	3.00E-05
18	Benzo(k)fluorantene	207-08-9	Aromatici policiclici	252.30	8.00E-04	1	3.09E-08	4	3.45E-05
19	Berillio	7440-41-7	Composti inorganici	9.01	1.00E+06	18	2.59E-20	23	
20	Boro	7440-42-8	Composti inorganici	10.81	4.37E+04	23	1.24E-07	23	
21	Bromodichlorometano	75-27-4	Alifatici alogenati cancerogeni	163.80	6.74E+03	4	5.00E+01	4	9.82E-02
22	Cadmio	7440-43-9	Composti inorganici	112.40	6.51E+05	19	8.98E-18	23	
23	Cianuri (liberi)	57-12-5	Composti inorganici	27.00	1.00E+05	23	7.42E+02	23	1.10E-06
24	Clordano	57-74-9	Fitofarmaci	409.80	5.60E-02	1	1.99E-05	4	1.99E-03
25	Clorofenolo, 2-	95-57-8	Fenoli clorurati	128.60	2.20E+04	1	2.11E+00	7	1.60E-02
26	Clorometano	74-87-3	Alifatici clorurati cancerogeni	50.50	5.24E+03	4	4.28E+03	4	3.95E-01
27	Clorotrobenzeni	100-00-5	Nitrobenzeni	157.60	2.00E+02	5	3.00E-02	5	6.50E-04
28	Cloruro di vinile	75-01-4	Alifatici clorurati cancerogeni	62.50	2.76E+03	1	2.66E+03	4	1.11E+00

**Figura 29. Esempio della Banca dati presente all'interno del software**

- c. Vengono dunque inseriti i valori relativi alla concentrazione di ciascun analita; le CRS, come già detto in precedenza, sono state poste uguali al valore massimo misurato nei campioni. Come dati di input vengono richiesti le concentrazioni espresse come mg/kg di sostanza secca (per il suolo) e come mg/L per la falda.





- e. A questo punto è possibile editare i parametri relativi all'esposizione, in tutti i casi dove non è stato possibile reperire i dati strumentali o da bibliografia, i valori sono stati lasciati pari a quelli di default e comunque sempre quelli più conservativi.

Comandi			Sito: Comune di Augusta (SR): C.da Forgia			Risk-net		
Continua	HELP	Stampa	Comp. da: C.A.D.A. snc			Data: 03/08/15		
			Parametri di Esposizione					
Parametri di esposizione	Simbolo	Unità di misura	Residenziale (o Ricreativo)		Industriale	Residenziale (o Ricreativo)		Industriale
Parametri Generali			Adulto	Bambino	Adulto	Adulto	Bambino	Adulto
			On-Site			Off-Site		
Peso corporeo	EW	kg	70	15	70	70	15	70
Durata di esposizione sostanze cancerogene	ATc	anni	70			70		
Durata di esposizione sostanze non cancerogene	ED	anni	24	6	25	24	6	25
Frequenza di esposizione	EF	giorn/anno	350	350	250	350	350	250
<b>Ingestione di suolo</b>								
Frazione di suolo ingerita	FI	adim	1,0	1,0	1,0	NA	NA	NA
Tasso di ingestione di suolo	IR	mg/giorno	100,0	200,0	50,0	NA	NA	NA
<b>Contatto dermico con suolo</b>								
Superficie di pelle esposta	SA	cm²	5700,0	2800,0	3300,0	NA	NA	NA
Fattore di aderenza dermica del suolo	AF	mg/cm²/giorno	0,07	0,20	0,20	NA	NA	NA
<b>Inalazione di aria outdoor</b>								
Frequenza giornaliera di esposizione (c)	EFgo	ore/giorno	24	24	8	24	24	8
Inalazione outdoor (a),(b)	Bo	m³/ora	0,9	0,7	2,5	0,9	0,7	2,5
Frazione di particelle di suolo nella polvere	Fsd	adim	1,0			1,0		
<b>Inalazione di aria indoor</b>								
Frequenza giornaliera di esposizione	EFgi	ore/giorno	24	24	8	24	24	8
Inalazione indoor (b)	Bi	m³/ora	0,9	0,7	0,9	0,9	0,7	0,9
Frazione indoor di polvere all'aperto	Fi	adim	1,0			1,0		
<b>Ingestione di acqua potabile</b>								
Tasso di ingestione di acqua	IPw	L/giorno	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0

*(a) In caso di intensa attività fisica, in ambienti residenziali outdoor si suggerisce l'utilizzo di un valore maggiormente conservativo, pari a 1,5 m³/ora per gli adulti, e di 1,0 m³/ora per i bambini. ... utilizzare un valore rispettivamente pari a 1,5 e 0,9 m³/ora. Per un ambito ricreativo le linee guida suggeriscono come valori di inalazione outdoor 3,2 m³/ora e 1,9 m³/ora per un adulto e per bambini, rispettivamente.*  
*(c) Per un ambito ricreativo le linee guida ISPRA indicano una frequenza giornaliera di esposizione di 3 ore/giorno.*

- f. L'ultimo form della fase di input è quello relativo alle caratteristiche del sito, dove vengono inserite tutte le informazioni su zona satura, zona insatura, ambiente outdoor ed ambiente indoor.

Zona insatura:

Zona insatura		U.M.	Default ISPRA	Default ASTM	Valore	Check
L <sub>s</sub> (SS)	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	m	0	0	0,0	ok
L <sub>s</sub> (SP)	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	m	1	1	2,0	Ls (SP) > Lgw
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	m	1	1	1,0	ok
d <sub>s</sub>	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	m	2	2	3,0	ds > Lgw - Ls (SP)
L <sub>GwV</sub>	Profondità del piano di falda	m	3	3	1,2	ds > d > Lgw
h <sub>v</sub>	Spessore della zona insatura	m	2,812	2,95	0,941	ok
f <sub>oc, SS</sub>	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale	g-C/g-suolo	0,01	0,01	0,01	ok
f <sub>oc, SP</sub>	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo	g-C/g-suolo	0,01	0,01	0,01	ok
t <sub>LF</sub>	Tempo medio di durata del lisciviato	anni	30	30	30,0	ok
pH	pH	adim.	6,8	6,8	7,0	ok
ρ <sub>s</sub>	Densità del suolo	g/cm³	1,7	1,7	1,7	ok
θ <sub>s</sub>	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	<b>Selezione Tessitura</b>		0,29	ok
θ <sub>w</sub>	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	SANDY CLAY LOAM		0,178	ok
θ <sub>a</sub>	Contenuto volumetrico di aria	adim.	Lente tra sorgente e p.c.		0,112	ok
θ <sub>wcap</sub>	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capillare	adim.	Tessitura selezionata: SANDY CLAY LOAM		0,248	ok
θ <sub>acap</sub>	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capillare	adim.	<input type="checkbox"/> Calcolato		0,042	ok
h <sub>cap</sub>	Spessore frangia capillare	m	<input type="checkbox"/> Calcolato		0,259	ok
l <sub>ef</sub>	Infiltrazione efficace	cm/anno	30	<input type="checkbox"/> Calcolato	1,54E+00	ok
P	Piovosità	cm/anno	---	---	41,3	ok
n <sub>outdoor</sub>	Frazione areale di fratture outdoor (solo per lisciviazione)	adim.	1	1	1,0	ok

I valori relativi alla geometria della sorgente sono stati desunti dai risultati delle indagini svolte sul sito.

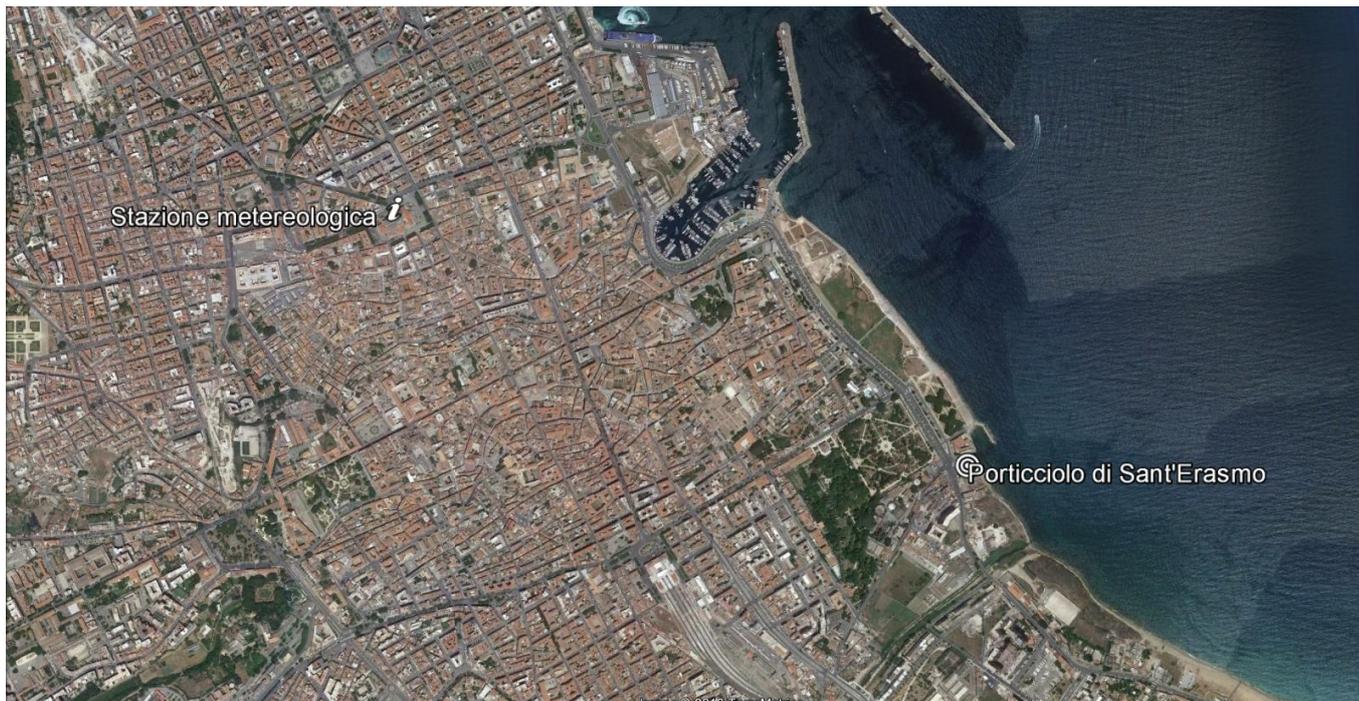
### Zona satura:

Zona Satura			Default ISPRA	Default ASTM	Valore	Check
W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	m	45	45	4,0	ok
S <sub>w</sub>	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	m	45	45	45,0	ok
d <sub>s</sub>	Spessore acquifero	m	...	...	3,0	ok
K <sub>sat</sub>	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	LOAMY SAND		4,05E-05	ok
i	Gradiente idraulico	adim.	...	...	0,01	ok
V <sub>gw</sub>	Velocità di Darcy	m/s	7,90E-07		4,05E-07	ok
V <sub>g</sub>	Velocità media effettiva nella falda	m/s	2,20E-06	2,20E-06	1,15E-06	ok
θ <sub>g sat</sub>	Porosità efficace del terreno in zona satura	adim.	0,353	0,353	0,353	ok
f <sub>oc</sub>	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-suolo	0,001	0,001	0,001	ok
POC	Distanza recettore off site (DAF)	m	100	100	100,0	ok
a <sub>l</sub>	Dispersione longitudinale	m	10		1,00E+01	ok
a <sub>t</sub>	Dispersione trasversale	m	3,3	<input type="checkbox"/> Calcolati	3,33E+00	ok
a <sub>z</sub>	Dispersione verticale	m	0,5		5,00E-01	ok
δ <sub>gw</sub>	Spessore della zona di miscelazione in falda	m	2	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolato	4,28E-01	ok
LDF	Fattore di diluizione in falda	adim.	...	...	9,00E+01	ok

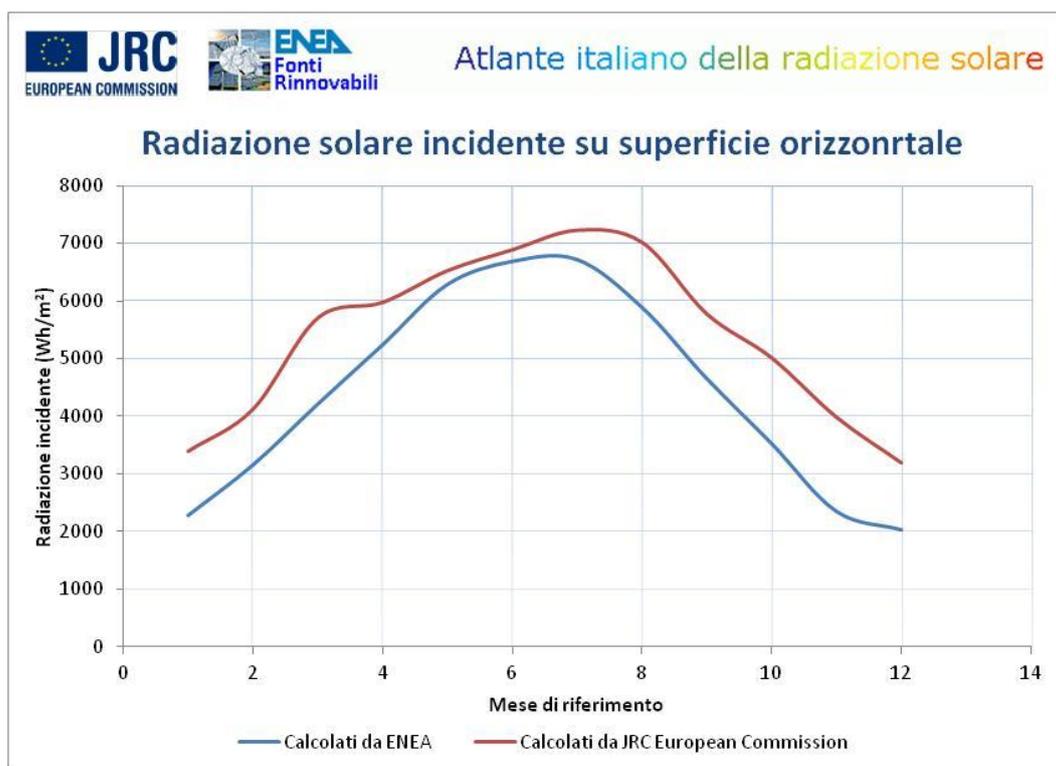
### Ambiente outdoor

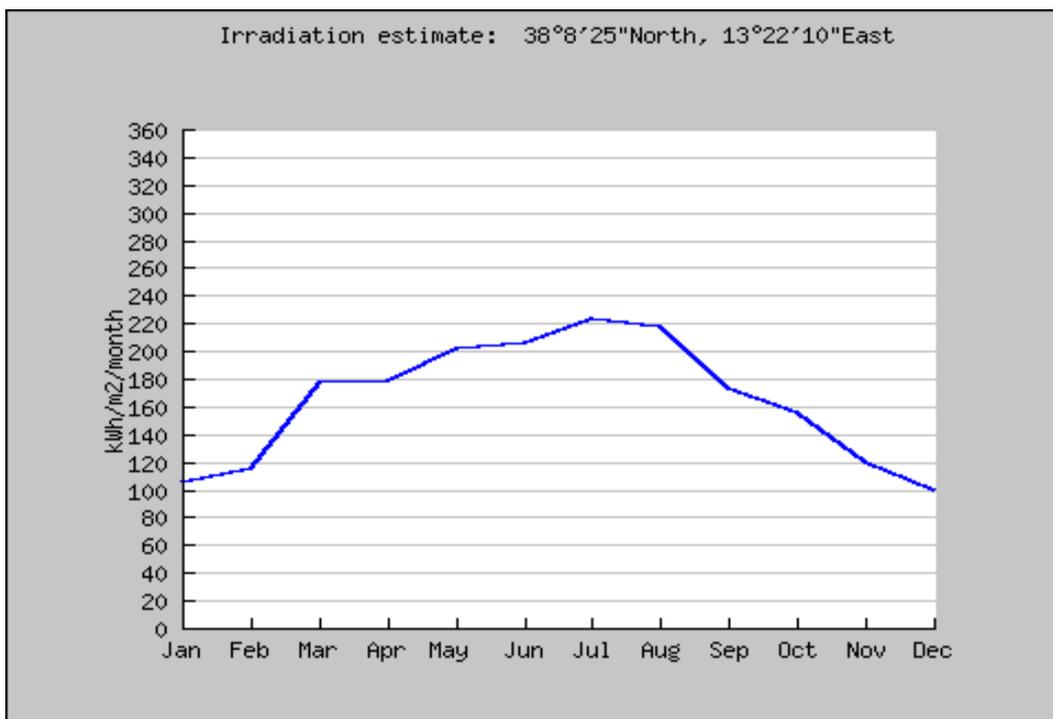
Ambiente Outdoor			Default ISPRA	Default ASTM	Valore	Check
δ <sub>air</sub>	Altezza della zona di miscelazione	m	2	2	2,0	ok
W'	Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	m	45	45	4,0	ok
S <sub>w</sub> '	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	m	45	45	45,0	ok
U <sub>air</sub>	Velocità del vento	m/s	2,25	Calc	2,05	ok
P <sub>g</sub>	Portata di particolato per unità di superficie	g/(cm·s²)	6,90E-14	6,9E-14	6,90E-14	ok
T <sub>outdoor</sub>	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	30	30	30,0	ok
POE ADF	Distanza recettore off site (ADF)	m	100	100	100,0	ok
σ <sub>y</sub>	Coefficiente di dispersione trasversale	m	... CUSTOM ...		1,00E+01	no check
σ <sub>z</sub>	Coefficiente di dispersione verticale	m	... CUSTOM ...		1,00E+01	no check

Il valore di W' così come la velocità del vento sono stati desunti dalla stazione meteorologica di P.zza Verdi (Palermo). Si riportano di seguito i dati degli andamenti climatici relativi agli anni compresi dal 1995 al 2011 per il sito in esame con riferimento alla stazione citata posta a circa 2.5 km dall'area di indagine.

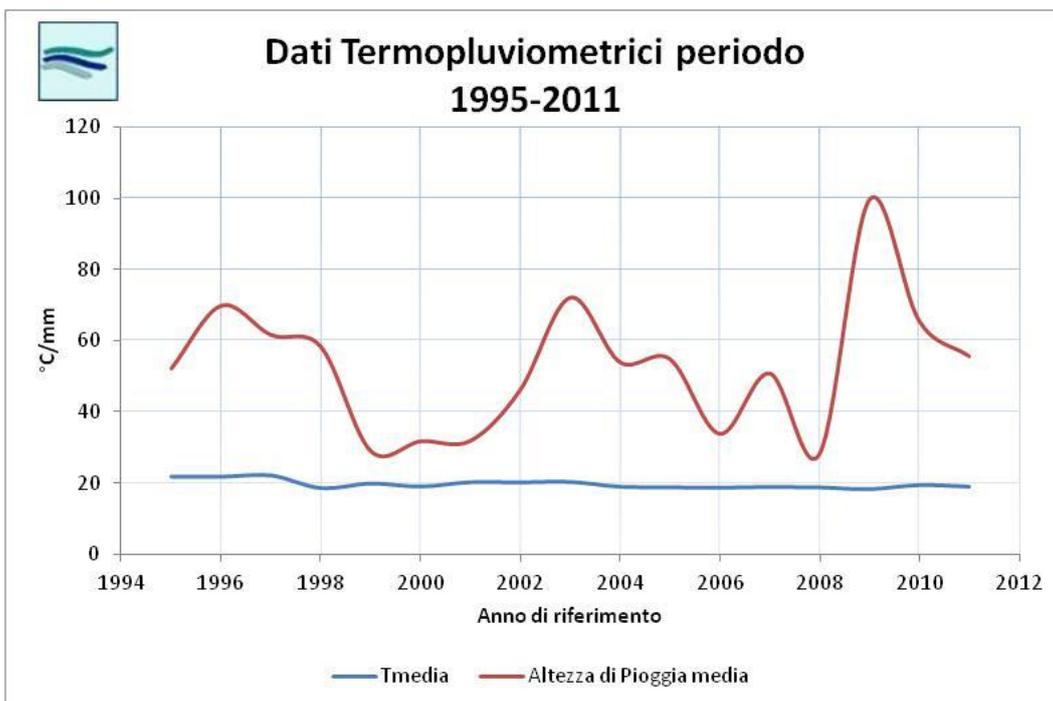


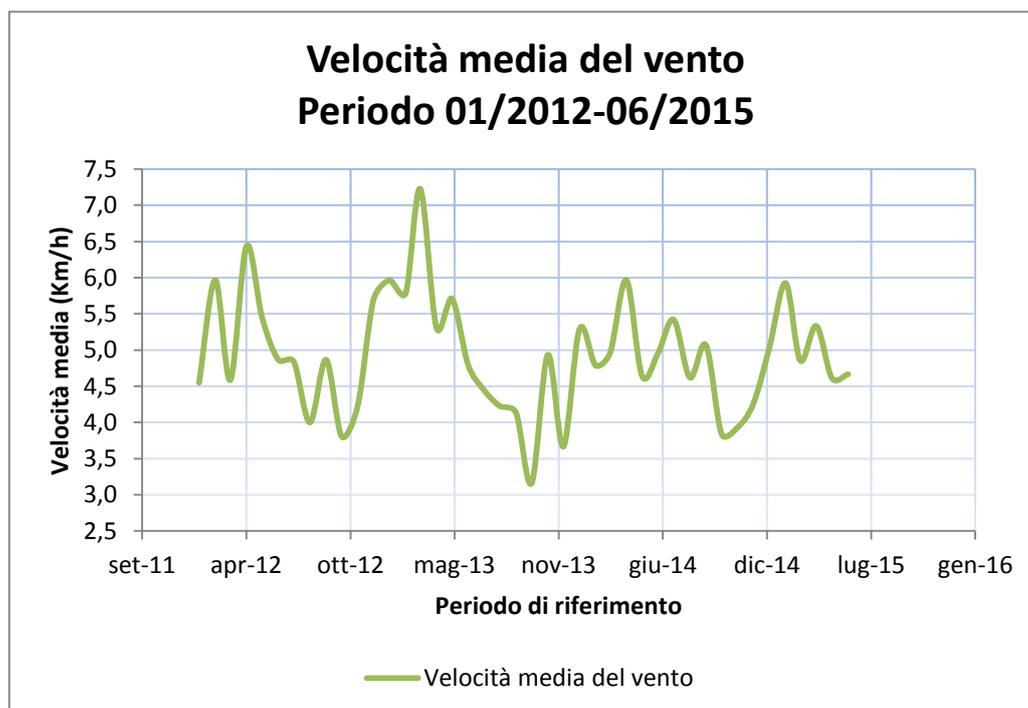
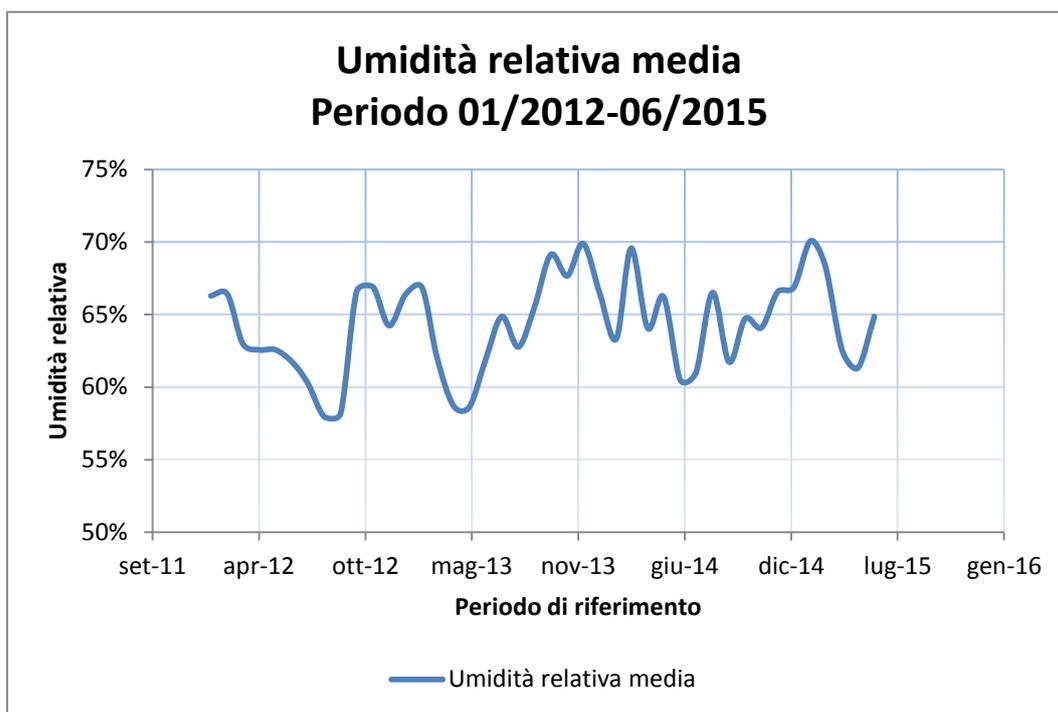
**Figura 30. Ubicazione della stazione meteorologica rispetto all'area di indagine**





**Figura 31. Andamento della radiazione solare incidente**





## 6 RISULTANZE DELL'ANALISI DI RISCHIO

Vengono di seguito riportate le risultanze dell'a procedura di Analisi di Rischio sito-specifica attuata, con riferimento a ciascun comparto ambientale potenzialmente contaminato e al bersaglio individuato nel modello concettuale definitivo.

### **Suolo superficiale**

Osservando i risultati ottenuti mediante l'applicazione della presente procedura di Analisi di Rischio è possibile affermare che, per quanto riguarda la matrice ambientale **Suolo Superficiale**, il Rischio risulta **NON ACCETTABILE** sia nei confronti del bersaglio **Uomo** sia nei confronti del bersaglio **Falda**.

In particolare le vie d'esposizione che hanno dato tale esito sono:

- Ingestione suolo (*on site*);
- Contatto dermico (*on site*);
- Inalazione vapori outdoor (*on site*);
- Inalazione vapori indoor (*on site*);
- Inalazione vapori outdoor (*off site*);
- Percolazione/lisciviazione in falda.

I parametri analitici che sono causa di tale fenomeno sono:

- Piombo;
- Cianuri;
- Benzo(a)antracene;
- Benzo(a)pirene;
- Benzo(b)fluorantene;
- Benzo(k)fluorantene;
- Crisene;
- Dibenzo(a,i)pirene;
- Dibenzo(a,l)pirene;

- Dibenzo(a,h)pirene;
- Dibenzo(a,h)antracene;
- Indenopirene.

I contaminanti quali Rame, Zinco, Benzo(g,h,i)perilene, Dibenzo(a,e)pirene, Pirene, PCB e Idrocarburi, che presentavano valori superiori alle CSC, non sono invece causa di Rischi non accettabili.

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]	CSC Industriale [mg/kg s.s.]	Csat [mg/kg s.s.]	C.A.S. Number
Piombo	4,19E+02	---		4,19E+02	---	---	1,57E+00	7,63E-01	1,00E+02	1,00E+03	---	7439-92-1
Rame	2,96E+02	---		2,96E+02	---	---	9,73E-02	1,38E-01	1,20E+02	6,00E+02	---	7440-50-8
Zinco	6,79E+02	---		6,79E+02	---	---	2,97E-02	5,98E-02	1,50E+02	1,50E+03	---	7440-66-6
Cianuri	2,40E+02	---		2,40E+02	---	---	2,42E+02	7,91E+00	1,00E+00	1,00E+02	---	57-12-5
Benzo(a)antracene	2,97E+01	---		2,97E+01	---	4,81E-05	---	1,54E+00	5,00E-01	1,00E+01	1,66E+01	56-55-3
Benzo(a)pirene	2,72E+01	---		2,72E+01	---	1,03E-03	---	2,66E+00	1,00E-01	1,00E+01	9,51E+00	50-32-8
Benzo(b)fluorantene	2,79E+01	---		2,79E+01	---	4,50E-05	---	2,46E-01	5,00E-01	1,00E+01	8,99E+00	205-99-2
Benzo(k)fluorantene	9,94E+00	---		9,94E+00	---	1,60E-05	---	2,62E-01	5,00E-01	1,00E+01	4,70E+00	207-08-9
Benzo(g,h,i)perilene	1,46E+01	---		1,46E+01	---	---	8,52E-03	4,26E-01	1,00E-01	1,00E+01	4,11E+00	191-24-2
Crisene	2,48E+01	---		2,48E+01	---	4,00E-05	---	6,66E-03	5,00E+00	5,00E+01	3,62E+00	218-01-9
Dibenzo(a,e)pirene	2,57E+00	---		2,57E+00	---	---	1,50E-03	NA	1,00E-01	1,00E+01	2,75E+00	192-65-4
Dibenzo(a,j)pirene	1,26E+00	---		1,26E+00	---	2,03E-06	---	NA	1,00E-01	1,00E+01	8,17E+00	189-55-9
Dibenzo(a,l)pirene	1,01E+01	---		1,01E+01	---	1,63E-04	---	NA	1,00E-01	1,00E+01	4,76E+01	191-30-0
Dibenzo(a,h)pirene	1,59E+00	---		1,59E+00	---	2,50E-06	---	NA	1,00E-01	1,00E+01	5,01E+00	189-64-0
Dibenzo(a,h)antracene	4,64E+00	---		4,64E+00	---	1,76E-04	---	3,98E-01	1,00E-01	1,00E+01	4,76E+01	53-70-3
Indenopirene	1,94E+01	---		1,94E+01	---	3,13E-05	---	3,11E-02	1,00E-01	5,00E+00	3,71E+00	193-39-5
Pirene	5,45E+01	---		5,45E+01	---	---	4,79E-02	3,29E-02	5,00E+00	5,00E+01	7,33E+01	129-00-0
Alifatici C9-C18	3,10E+01	---		3,10E+01	---	---	7,69E-01	2,13E-04	1,00E+01	2,50E+02	6,81E+01	
Alifatici C19-C36	6,00E+01	---		6,00E+01	---	---	6,54E-04	7,03E-09	5,00E+01	7,50E+02	5,97E+00	
Aromatici C11-C22	1,22E+02	---		1,22E+02	---	---	6,12E-01	1,14E-01	1,00E+01	2,50E+02	2,90E+02	
PCB Tot.	6,90E-02	---		6,90E-02	---	3,38E-07	---	1,45E-01	6,00E-02	5,00E+00	5,47E+02	1336-36-3

**Figura 32. Tabella riassuntiva dei Rischi cumulati per ciascun contaminante presente nel comparto Suolo Superficiale. In arancione il rischio non accettabile**

On-Site	Cumulativo Outdoor (Ingestione, Contatto Dermico, Vapori e Polveri Outdoor)		Cumulativo Indoor (Vapori e Polveri Indoor)		Ingestione Suolo		Contatto Dermico		Inalazione Vapori Outdoor		Inalazione Polveri Outdoor		Protezione Risorsa Idrica	Inalazione Vapori Indoor		Inalazione Polveri Indoor		
	R	HI	R	HI	R	HI	R	HI	R	HI	R	HI	RGW	R	HI	R	HI	
Piombo	---	157E+00	---	7,27E-07	---	153E+00	---	4,29E-02	---	---	---	7,27E-07	RGW->	7,63E-01	---	---	---	7,27E-07
Rame	---	9,73E-02	---	4,49E-08	---	9,46E-02	---	2,65E-03	---	---	---	4,49E-08	RGW->	1,38E-01	---	---	---	4,49E-08
Zinco	---	2,37E-02	---	1,37E-08	---	2,89E-02	---	8,10E-04	---	---	---	1,37E-08	RGW->	5,99E-02	---	---	---	1,37E-08
Cianuri	---	2,16E+01	---	2,42E+02	---	5,17E+00	---	1,43E-01	---	1,66E+01	---	6,37E-06	RGW->	7,91E+00	---	2,42E+02	---	6,37E-06
Benzoflantanone	4,81E-05	---	3,31E-08	---	3,39E-05	---	1,39E-05	---	2,22E-07	---	1,25E-11	---	RGW->	1,54E+00	3,31E-08	---	1,25E-11	---
Benzofalprone	1,03E-03	---	5,75E-09	---	7,46E-04	---	2,86E-04	---	2,61E-07	---	2,24E-10	---	RGW->	2,66E+00	5,75E-09	---	2,24E-10	---
Benzofluorantene	4,50E-05	---	3,54E-10	---	3,15E-05	---	1,31E-05	---	1,45E-08	---	1,19E-11	---	RGW->	2,46E-01	3,54E-10	---	1,19E-11	---
Benzofluorantene	1,80E-05	---	1,77E-10	---	1,14E-05	---	4,66E-06	---	7,54E-09	---	4,19E-12	---	RGW->	2,62E-01	1,77E-10	---	4,19E-12	---
Benzofluorantene	---	8,52E-03	---	4,24E-07	---	6,22E-03	---	2,28E-03	---	3,43E-05	---	1,03E-07	RGW->	4,26E-01	---	4,24E-07	---	1,03E-07
Citene	4,00E-05	---	1,69E-09	---	2,83E-05	---	1,86E-05	---	2,26E-08	---	1,04E-11	---	RGW->	6,59E-03	1,69E-09	---	1,04E-11	---
Dibenzofluorantene	---	1,50E-03	---	3,69E-08	---	1,10E-03	---	3,99E-04	---	4,41E-06	---	1,62E-08	---	---	---	3,69E-08	---	1,62E-08
Dibenzofluorantene	2,03E-06	---	5,31E-13	---	1,44E-06	---	5,91E-07	---	8,86E-11	---	5,31E-13	---	---	---	3,28E-13	---	5,31E-13	---
Dibenzofluorantene	1,63E-04	---	5,22E-10	---	1,95E-04	---	4,74E-05	---	4,79E-08	---	4,64E-11	---	---	---	5,22E-10	---	4,64E-11	---
Dibenzofluorantene	2,50E-06	---	6,53E-13	---	1,77E-06	---	7,27E-07	---	1,10E-10	---	6,53E-13	---	---	---	4,04E-13	---	6,53E-13	---
Dibenzofluorantene	1,76E-04	---	4,69E-10	---	1,27E-04	---	4,69E-05	---	4,30E-08	---	4,16E-11	---	RGW->	3,99E-01	4,69E-10	---	4,16E-11	---
Indenopirene	3,03E-05	---	2,72E-11	---	2,23E-05	---	9,10E-06	---	2,43E-09	---	8,17E-12	---	RGW->	3,17E-02	2,72E-11	---	8,17E-12	---
Pirene	---	4,79E-02	---	3,29E-03	---	2,32E-02	---	8,45E-03	---	1,62E-02	---	3,89E-07	RGW->	3,29E-02	---	3,29E-03	---	3,89E-07
Aftaleni C3-C8	---	1,37E-02	---	7,69E-01	---	3,96E-03	---	1,11E-03	---	8,60E-03	---	3,30E-09	RGW->	2,13E-04	---	7,69E-01	---	3,30E-09
Aftaleni C9-C18	---	6,54E-04	---	1,94E-04	---	3,64E-04	---	1,07E-04	---	1,63E-04	---	6,39E-09	RGW->	7,03E-08	---	1,94E-04	---	6,39E-09
Aromatici C11-C22	---	1,49E-01	---	6,12E-01	---	5,20E-02	---	1,46E-02	---	8,27E-02	---	5,19E-08	RGW->	1,14E-01	---	6,12E-01	---	5,19E-08
PCB Tot	3,38E-07	---	2,13E-08	---	2,16E-07	---	9,55E-08	---	2,63E-08	---	1,51E-13	---	RGW->	1,45E-01	2,13E-08	---	1,51E-13	---

Cumulativo	R tot	HI tot	NA	R tot	HI tot	R tot	HI tot										
	1,56E-03	2,38E+01	6,34E-08	2,43E+02	1,12E-03	6,66E+00	4,36E-04	2,19E-01	6,47E-07	1,67E+01	3,60E-10	7,72E-06	---	6,34E-08	2,43E+02	3,60E-10	7,72E-06

**Figura 33. Rischi per ciascun contaminante in funzione delle varie vie d'esposizione on site (Suolo Superficiale).**

Off-Site Contaminanti	Protezione Risorsa Idrica		Inalazione Vapori Outdoor		Inalazione Polveri Outdoor	
	RGW	R	HI	R	HI	
Piombo	NA	NA	---	---	---	2,00E-07
Rame	NA	NA	---	---	---	1,24E-08
Zinco	NA	NA	---	---	---	3,79E-09
Cianuri	NA	NA	---	4,57E+00	---	1,75E-06
Benzo(a)antracene	NA	NA	1,16E-07	---	6,56E-12	---
Benzo(a)pirene	NA	NA	7,01E-08	---	6,01E-11	---
Benzo(b)fluorantene	NA	NA	7,82E-09	---	6,16E-12	---
Benzo(k)fluorantene	NA	NA	3,95E-09	---	2,20E-12	---
Benzo(g,h,i)perilene	NA	NA	---	9,45E-06	---	2,85E-08
Crisene	NA	NA	1,19E-08	---	5,48E-12	---
Dibenzo(a,e)pirene	---	---	---	1,21E-06	---	5,02E-09
Dibenzo(a,i)pirene	---	---	4,71E-11	---	2,78E-13	---
Dibenzo(a,l)pirene	---	---	2,51E-08	---	2,43E-11	---
Dibenzo(a,h)pirene	---	---	5,79E-11	---	3,42E-13	---
Dibenzo(a,h)antracene	NA	NA	1,15E-08	---	1,12E-11	---
Indenopirene	NA	NA	1,27E-09	---	4,29E-12	---
Pirene	NA	NA	---	4,48E-03	---	1,06E-07
Alifatici C9-C18	NA	NA	---	2,37E-03	---	9,10E-10
Alifatici C19-C36	NA	NA	---	4,49E-05	---	1,76E-09
Aromatici C11-C22	NA	NA	---	2,28E-02	---	1,43E-08
PCB Tot.	NA	NA	1,38E-08	---	7,92E-14	---

	NA	R tot	HI tot	R tot	HI tot
Cumulativo	---	2,62E-07	4,60E+00	1,21E-10	2,13E-06

Figura 34. Rischi per ciascun contaminante in funzione delle varie vie d'esposizione off site (Suolo Superficiale)

A seguire viene riportata una tabella sinottica riassuntiva, così come generata dal Software Risk-net, dei Rischi cumulati (in arancio i rischi non accettabili) nei confronti del bersaglio uomo da parte del comparto ambientale **Suolo Superficiale**:

On-site Outdoor	R tot	HI tot
	1,56E-03	2,38E+01
Indoor	6,34E-08	2,43E+02
Off-site Outdoor	R tot	HI tot
	2,62E-07	4,60E+00



Off-Site Contaminanti	Protezione Risorsa Idrica		Inalazione Vapori Outdoor	
		R GW	R	HI
Benzo(a)antracene	NA	NA	9,52E-11	---
Benzo(a)pirene	NA	NA	1,92E-11	---
Benzo(b)fluorantene	NA	NA	1,25E-12	---
Benzo(g,h,i)perilene	NA	NA	---	5,15E-10
Dibenzo(a,e)pirene	---	---	---	5,85E-12
Dibenzo(a,l)pirene	---	---	4,65E-13	---
Dibenzo(a,h)antracene	NA	NA	1,55E-13	---
Indenopirene	NA	NA	3,54E-13	---

Tabella 11: Rischi per ciascun contaminante in funzione delle varie vie d'esposizione *off site* (Suolo Profondo)

A seguire viene riportata una tabella riassuntiva, così come generata dal Software Risk-net, dei Rischi cumulati nei confronti del bersaglio uomo da parte del comparto ambientale **Suolo Profondo**:

<b>On-site</b> Outdoor	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
	2,58E-10	1,89E-09
Indoor	4,37E-09	6,29E-08
<b>Off-site</b> Outdoor	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
	1,17E-10	5,21E-10

Dalla tabella si può vedere come, nei confronti del bersaglio Uomo, il Rischio è sempre accettabile.

### Falda

Per quanto riguarda infine la matrice ambientale **Falda**, il Rischio risulta **NON ACCETTABILE** nei confronti del solo bersaglio **Falda**.

In particolare tutti i contaminanti rinvenuti con valori superiori a quelli limite (Arsenico, Manganese, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Benzo(g,h,i)perilene) presentano tale tipo di rischio.

Dalla tabella seguente è invece possibile vedere come il Rischio diretto nei confronti del bersaglio uomo sia accettabile.

<b>On-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
Outdoor	4,60E-12	1,13E-09
Indoor	2,17E-10	8,01E-08
<b>Off-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
Outdoor	1,35E-12	3,11E-10
Indoor	6,34E-11	2,21E-08

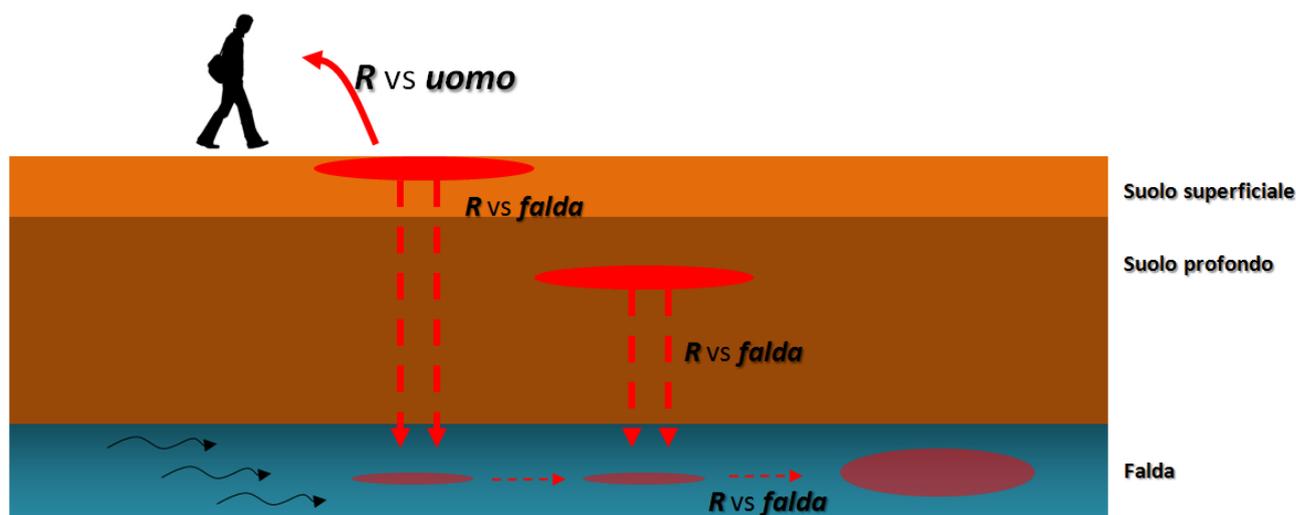
Contaminanti	CRS [mg/L]	CRS soil-gas [mg m <sup>-3</sup> ]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta falda [mg/L]	CRS ridotta soil-gas [mg m <sup>-3</sup> ]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC D.Lgs 152/06 [mg/L]	Solubilità [mg/L]	C.A.S. Number
Manganese	4,84E-01	---	---	4,84E-01	---	---	---	9,68E+00	5,00E-02	---	7439-96-5
Arsenico	4,90E-02	---	---	4,90E-02	---	---	---	4,90E+00	1,00E-02	---	7440-38-2
Benzo(k)fluorantene	9,90E-05	---	---	9,90E-05	---	1,97E-11	---	1,98E+00	5,00E-05	8,00E-04	207-08-9
Benzo(a)pirene	6,20E-05	---	---	6,20E-05	---	1,97E-10	---	6,20E+00	1,00E-05	1,62E-03	50-32-8
Benzo(g,h,i)perilene	5,80E-05	---	---	5,80E-05	---	---	8,01E-08	5,80E+00	1,00E-05	2,60E-04	191-24-2

On-site	Protezione Risorsa Idrica		Inalazione Vapori Outdoor		Inalazione Vapori Indoor	
	R GW	R	HI	R	HI	
Contaminanti						
Manganese	R GW -->	9,68E+00	---	---	---	---
Arsenico	R GW -->	4,90E+00	---	---	---	---
Benzo(k)fluorantene	R GW -->	1,98E+00	4,43E-13	---	1,97E-11	---
Benzo(a)pirene	R GW -->	6,20E+00	4,16E-12	---	1,97E-10	---
Benzo(g,h,i)perilene	R GW -->	5,80E+00	---	1,13E-09	---	8,01E-08

Off-site	Protezione Risorsa Idrica		Inalazione Vapori Outdoor		Inalazione Vapori Indoor	
	R GW	R	HI	R	HI	
Contaminanti						
Manganese	NA	NA	---	---	---	---
Arsenico	NA	NA	---	---	---	---
Benzo(k)fluorantene	NA	NA	2,32E-13	---	1,04E-11	---
Benzo(a)pirene	NA	NA	1,12E-12	---	5,30E-11	---
Benzo(g,h,i)perilene	NA	NA	---	3,11E-10	---	2,21E-08

Tra tutti i bersagli individuati nel modello concettuale definito in fase di attuazione della procedura di analisi di rischio, la falda acquifera risulta essere il bersaglio maggiormente esposto al fenomeno di contaminazione, in quanto, interessato da tutte le sorgenti di contaminazione secondarie individuate, anch'esse, dal modello concettuale definitivo.

Per quanto concerne il bersaglio uomo, le esposizioni principali sono legate alla contaminazione presente nel suolo superficiale.



**Figura 36. Rappresentazione schematica dei principali bersagli interessati dal fenomeno di contaminazione ai fini della definizione dell'Indice di Rischio**

## 6.1 Definizione delle CSR

Le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) rappresentano livelli di contaminazione delle matrici ambientali, da determinare caso per caso con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sito specifica secondo i principi illustrati nell'allegato 1 alla parte quarta del D.Lgs. 152/06 e sulla base dei risultati del piano di caratterizzazione, il cui superamento richiede la messa in sicurezza e la bonifica. I livelli di concentrazione così definiti costituiscono i livelli di accettabilità per il sito.

## CSR suolo superficiale

Contaminanti	CSR Individuale [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR suolo superficiale [mg/kg s.s.]	CSR suolo superficiale [mg/kg T.Q.]	Rischio cancerogeno (R)	Indice di pericolo (HI)	Rischio Risorsa Idrica (RGW)	CSC Residenziali [mg/kg s.s.]	CSC Industriali [mg/kg s.s.]	Csat [mg/kg s.s.]	CRS in sorgente [mg/kg s.s.]
Piombo	2,66E+02		<b>2,66E+02</b>	2,56E+02	---	1,00E+00	4,85E-01	1,00E+02	1,00E+03	---	4,19E+02
Rame	2,14E+03		<b>2,14E+03</b>	2,05E+03	---	7,02E-01	1,00E+00	1,20E+02	8,00E+02	---	2,96E+02
Zinco	1,14E+04		<b>1,14E+04</b>	1,09E+04	---	4,97E-01	1,00E+00	1,50E+02	1,50E+03	---	6,79E+02
Cianuri	9,93E-01		<b>9,93E-01</b>	9,53E-01	---	1,00E+00	3,27E-02	1,00E+00	1,00E+02	---	2,40E+02
Benzo(a)antracene	6,19E-01		<b>6,19E-01</b>	5,94E-01	1,01E-06	---	5,73E-02	5,00E-01	1,00E+01	1,66E+01	2,97E+01
Benzo(a)pirene	2,64E-02		<b>2,64E-02</b>	2,53E-02	1,00E-08	---	7,36E-03	1,00E-01	1,00E+01	9,51E+00	2,72E+01
Benzo(b)fluorantene	6,20E-01		<b>6,20E-01</b>	5,96E-01	1,00E-06	---	1,70E-02	5,00E-01	1,00E+01	8,99E+00	2,79E+01
Benzo(k)fluorantene	6,20E-01		<b>6,20E-01</b>	5,96E-01	1,00E-06	---	3,46E-02	5,00E-01	1,00E+01	4,70E+00	9,94E+00
Benzo(g,h,i)perilene	1,72E+03		<b>1,72E+03</b>	1,65E+03	---	1,00E+00	4,26E-01	1,00E-01	1,00E+01	4,11E+00	1,46E+01
Crisene	6,20E-01		<b>6,20E-01</b>	5,96E-01	1,00E-06	---	1,12E-03	5,00E+00	5,00E+01	3,62E+00	2,48E+01
Dibenzo(a,e)pirene	1,72E+03		<b>1,72E+03</b>	1,65E+03	---	1,00E+00	NA	1,00E-01	1,00E+01	2,75E+00	2,57E+00
Dibenzo(a,i)pirene	6,20E-01		<b>6,20E-01</b>	5,96E-01	1,00E-06	---	NA	1,00E-01	1,00E+01	8,17E+00	1,26E+00
Dibenzo(a,l)pirene	6,20E-02		<b>6,20E-02</b>	5,96E-02	1,00E-06	---	NA	1,00E-01	1,00E+01	4,76E+01	1,01E+01
Dibenzo(a,h)pirene	6,20E-01		<b>6,20E-01</b>	5,96E-01	1,00E-06	---	NA	1,00E-01	1,00E+01	5,01E+00	1,55E+00
Dibenzo(a,h)antracene	2,64E-02		<b>2,64E-02</b>	2,53E-02	1,00E-08	---	2,26E-03	1,00E-01	1,00E+01	4,76E+01	4,64E+00
Indenopirene	6,20E-01		<b>6,20E-01</b>	5,96E-01	1,00E-06	---	5,21E-03	1,00E-01	5,00E+00	3,71E+00	1,94E+01
Pirene	1,70E+03		<b>1,70E+03</b>	1,63E+03	---	1,01E+00	4,43E-02	5,00E+00	5,00E+01	7,33E+01	5,45E+01
Alifatici C9-C18	4,03E+01		<b>4,03E+01</b>	3,87E+01	---	1,00E+00	2,77E-04	1,00E+01	2,50E+02	6,81E+01	3,10E+01
Alifatici C19-C36	1,22E+05		<b>1,22E+05</b>	1,17E+05	---	1,00E+00	7,03E-08	5,00E+01	7,50E+02	5,97E+00	6,00E+01
Aromatici C11-C22	1,99E+02		<b>1,99E+02</b>	1,91E+02	---	1,00E+00	1,86E-01	1,00E+01	2,50E+02	2,90E+02	1,22E+02
PCB Tot.	2,04E-01		<b>2,04E-01</b>	1,98E-01	1,00E-08	---	4,29E-01	6,00E-02	5,00E+00	5,47E+02	6,90E-02

## CSR suolo profondo

Contaminanti	CSR Individuale [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR suolo profondo [mg/kg s.s.]	CSR suolo profondo [mg/kg T.Q.]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]	CSC Industriale [mg/kg s.s.]	Csat [mg/kg s.s.]	CRS in sorgente [mg/kg s.s.]
Benzo(a)antracene	4,32E+00		<b>4,32E+00</b>	4,15E+00	8,34E-09	---	1,00E+00	5,00E-01	1,00E+01	1,66E+01	1,43E+00
Benzo(a)pirene	1,43E+00		<b>1,43E+00</b>	1,38E+00	8,30E-10	---	1,00E+00	1,00E-01	1,00E+01	9,51E+00	2,59E+00
Benzo(b)fluorantene	>Csat		>Csat		3,40E-10	---	6,15E-01	5,00E-01	1,00E+01	8,99E+00	1,21E+00
Benzo(g,h,i)perilene	3,86E+00		<b>3,86E+00</b>	3,70E+00	---	3,73E-07	1,00E+00	1,00E-01	1,00E+01	4,11E+00	6,30E-01
Dibenzo(a,e)pirene	>Csat		>Csat		---	3,23E-08	NA	1,00E-01	1,00E+01	2,75E+00	1,70E-01
Dibenzo(a,i)pirene	>Csat		>Csat		2,30E-09	---	NA	1,00E-01	1,00E+01	4,76E+01	6,00E-01
Dibenzo(a,h)antracene	4,66E+00		<b>4,66E+00</b>	4,47E+00	4,40E-10	---	1,00E+00	1,00E-01	1,00E+01	4,76E+01	2,00E-01
Indenopirene	>Csat		>Csat		2,60E-11	---	7,79E-02	1,00E-01	5,00E+00	3,71E+00	2,20E+00

## CSR falda

Contaminanti	CSR Individuale [mg/L]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR falda [mg/L]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC D.Lgs 152/06 [mg/L]	Solubilità [mg/L]	CRS in sorgente [mg/L]
Manganese	5,00E-02		<b>5,00E-02</b>	---	---	---	5,00E-02		4,84E-01
Arsenico	1,00E-02		<b>1,00E-02</b>	---	---	---	1,00E-02		4,90E-02
Benzo(k)fluorantene	5,00E-05		<b>5,00E-05</b>	9,97E-12	---	1,00E+00	5,00E-05	8,00E-04	9,90E-05
Benzo(a)pirene	1,00E-05		<b>1,00E-05</b>	3,18E-11	---	1,00E+00	1,00E-05	1,62E-03	6,20E-05
Benzo(g,h,i)perilene	1,00E-05		<b>1,00E-05</b>	---	1,38E-08	1,00E+00	1,00E-05	2,60E-04	5,80E-05

## 7 CONCLUSIONI

In conclusione si può affermare, in riferimento a tutte le matrici coinvolte dal fenomeno di inquinamento, che il sito presenta un rischio **NON ACCETTABILE** per i parametri per i quali è stato registrato il superamento dei limiti tabellari riportati nella tabella 1 colonna A allegato 5 parte IV titolo V del D.Lgs.152/2006.

Pertanto, in accordo con quanto previsto al comma 7<sup>3</sup> articolo 242, Parte IV, titolo V del D.Lgs 152/06, il sito risulta essere **CONTAMINATO** e quindi soggetto ad idonei interventi di bonifica finalizzate a riportare i valori di concentrazione al di sotto delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione o Concentrazione Soglia di Rischio previste dalla normativa vigente per i siti con destinazione verde agricolo/residenziale.

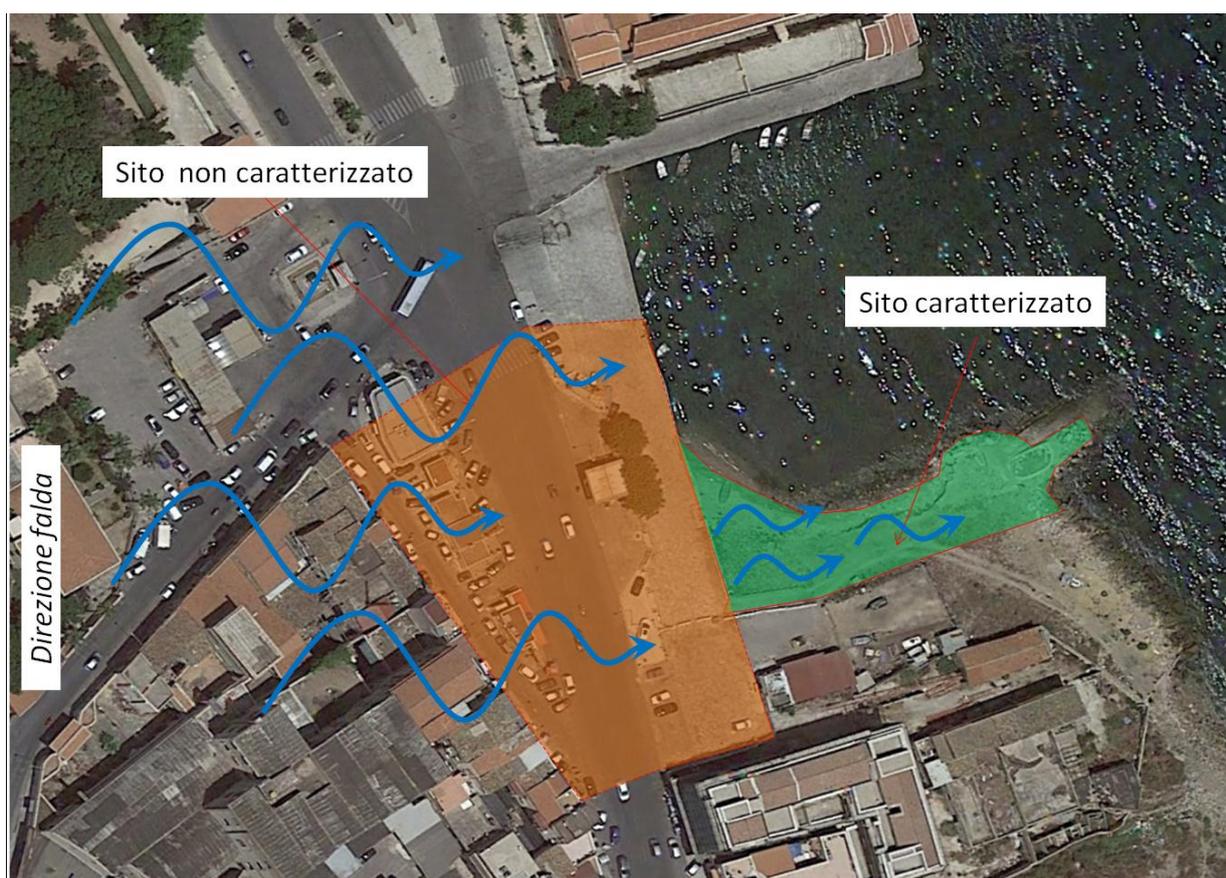
Tuttavia, in relazione alla quantità, qualità e natura delle contaminazioni registrate, nonché ai risultati dell'Analisi di Rischio sito-specifica, raffrontati con la storiografia produttiva del sito, è possibile ipotizzare che il fenomeno di contaminazione registrato sul sito non è da considerarsi limitato alla sola area indagata.

Pertanto necessita estendere l'indagine di caratterizzazione ambientale oltre i limiti amministrativi e giuridici dell'area di pertinenza dell'Autorità Portuale di Palermo, in quanto, anche mediante l'applicazione della presente dell'Analisi di Rischio è impossibile giungere ad un completo progetto di bonifica con annessa definizione oggettiva degli

---

<sup>3</sup> Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito è superiore ai valori di concentrazione soglia di rischio (CSR), il soggetto responsabile sottopone alla regione, nei successivi sei mesi dall'approvazione del documento di analisi di rischio, il progetto operativo degli interventi di bonifica o di messa in sicurezza, operativa o permanente, e, ove necessario, le ulteriori misure di riparazione e di ripristino ambientale, al fine di minimizzare e ricondurre ad accettabilità il rischio derivante dallo stato di contaminazione presente nel sito.

“obiettivi di bonifica”. Obiettivi che la norma di tutela ambientale orienta verso la totalità delle aree con terminate a prescindere dalla titolarità delle singole aree di pertinenza. Tale considerazione è legata alla carenza di dati oggettivi delle aree limitrofe al sito indagato non di pertinenza di Autorità Portuale di Palermo, con particolare riferimento alla zona posta monte idrogeologico e ad ovest geografico del sito (vedi figura). Area, per altro, in cui insistono insediamenti produttivi storici che nel tempo hanno certamente esercitato una forte pressione sul territorio circostante; in alcuni casi con procedure ambientali e di bonifica già avviate e in corso di espletamento.



**C.A.D.A. snc**  
Monitoraggi Ambientali  
**Responsabile**  
*dott. Giandomenico Nardone*

**C.A.D.A. snc**  
Divisione Tecnica  
**Direttore**  
*dott. Filippo Giglio*

Menfi li, 05/12/2016