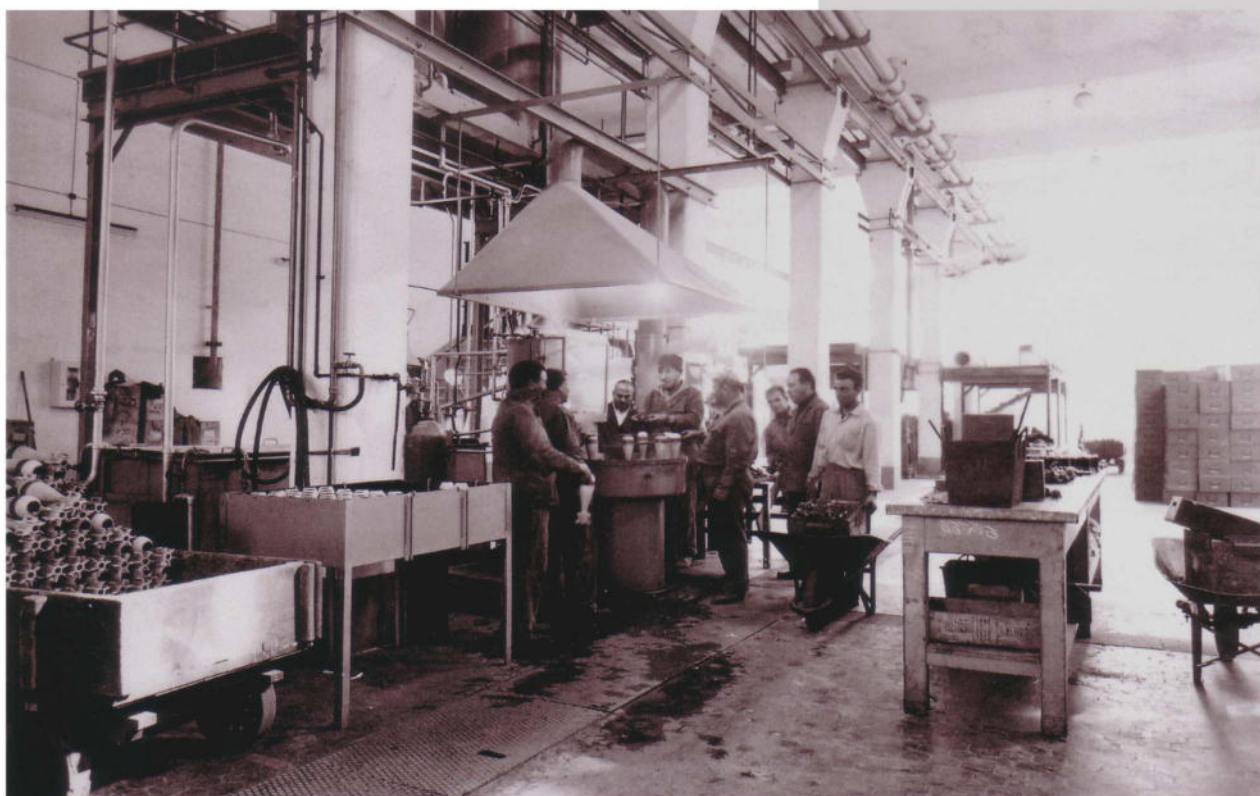




Centro Logistico Interforze NBC

Analisi di Rischio sito-specifica riferita alla colonna B  
"Ex Magazzino Materiali difesa NBC"  
Comune di Ronciglione (VT)



Febbraio 2020

## Sommario

<b>1. Analisi di Rischio sito-specifica</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 Criteri generali e documenti di riferimento</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 Descrizione generale procedura</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3 Descrizione procedura di Analisi di Rischio per il sito.</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4 Modello Concettuale.</b> .....	<b>7</b>
1.4.1 Sorgenti secondarie.....	7
1.4.2 Vie di migrazione e modalità di esposizione. ....	9
1.4.3 Recettori. ....	9
<b>1.5 Parametri di input.</b> .....	<b>10</b>
1.5.1 Contaminanti indicatori. ....	10
1.5.2 Concentrazioni alla sorgente. ....	11
1.5.3 Fattori di esposizione.....	11
1.5.4 Parametri del sito.....	11
<b>1.6 Calcolo del rischio e delle CSR.</b> .....	<b>12</b>
<b>1.7 Elaborazioni sorgenti Suolo Superficiale (SS)</b> .....	<b>14</b>
1.7.1 Sorgente SS1. ....	14
1.7.2 Sorgente SS2. ....	15
1.7.3 Sorgente SS3. ....	16
1.7.4 Sorgente SS4. ....	17
1.7.5 Sorgente SS5. ....	18
<b>1.8 Elaborazioni sorgenti Suolo Profondo (SP).</b> .....	<b>19</b>
1.8.1 Sorgente SP1. ....	19
1.8.2 Sorgente SP2. ....	21
1.8.3 Sorgente SP3. ....	22
<b>1.9 Elaborazione sorgente Falda (GW)</b> .....	<b>23</b>
<b>2. Conclusioni.</b> .....	<b>24</b>

## *Allegati:*

Allegato 1: Dati meteo.

Allegato 2: Schermate *Risknet 3.1 pro*

## *Tavole:*

Tavola 1: Planimetria Area NBC

Tavola 2: Sorgenti comparto Suolo Superficiale (SS)

Tavola 3: Sorgenti comparto Suolo Profondo (SP)

Tavola 4: Sorgenti comparto Falda (GW)

Tavola 5: Sorgenti SS1-SS2

Tavola 6: Sorgente SS3-SS4-SS5

Tavola 7: Sorgente SP1-SP2-SP3

# 1. Analisi di Rischio sito-specifica

## 1.1 Criteri generali e documenti di riferimento

L'Analisi di Rischio sito-specifica (AdR) è lo strumento previsto dalle normative vigenti per la definizione delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) di un sito potenzialmente contaminato, ovvero in cui sono state riscontrate concentrazioni di alcuni inquinanti superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) previste dal D. Lgs. 152/06 nelle diverse matrici ambientali. Qualora le concentrazioni reali risultassero superiori alle CSR calcolate, il sito dovrà essere considerato contaminato.

L'AdR è stata condotta mediante l'utilizzo di metodologie riconosciute a livello internazionale, secondo lo standard dell'ASTM (American Society for Testing and Materials) E2081-00 (2004) che estende l'applicabilità della metodologia RBCA (Risk-Based Corrective Action), precedentemente valida solo per siti interessati dal rilascio di prodotti petroliferi, a tutti i siti interessati da rilasci di sostanze chimiche.

A livello nazionale, si è fatto riferimento alle seguenti norme e documenti:

- Doc.1: D.Lgs.152/06 "Norme in materia ambientale".
- Doc.2: D.Lgs. 04/08 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
- Doc.3: Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati (REV. 2 - Marzo 2008) (di seguito manuale ISPRA).
- Doc.4: Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs 152/06 (gruppo di lavoro "analisi di rischio" APAT-ARPA-ISS-ISPEL – Giugno 2008).
- Doc.5: Linee Guida sull'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii (nota MATTM prot. 29706 del 18/11/14 e successiva errata corrige del 2015).
- Doc.6: Database ISS-ISPEL (ultimo aggiornamento di Marzo 2018), per la definizione delle caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti di interesse e relativo Documento di Supporto.
- Doc.7: Procedura operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati (Linee guida SNPA 17/2018).

A livello locale, ci si è riferiti ai contenuti dei seguenti documenti già trasmessi da questa Agenzia:

- Piano della Caratterizzazione – Rev.00 del 03/08/2011.
- Piano della Caratterizzazione – Rev.05 del 20/02/2014 – Revisione del Piano di Indagine.
- Relazione Conclusiva di Caratterizzazione – luglio 2018.

## 1.2 Descrizione generale procedura

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 (E) 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.

Ai fini di una corretta procedura di calcolo del rischio è necessario definire il modello concettuale del sito che individui tre fattori fondamentali:

- 1) Sorgenti della contaminazione
- 2) Percorsi di migrazione
- 3) Bersagli

A valle di ciò è dunque possibile, tramite modelli matematici e algoritmi di calcolo, mettere in diretta relazione la presenza di contaminanti nell'ambiente con il potenziale danno da essi provocato.

Una volta schematizzato tale modello concettuale, è possibile definire il fattore E, dato dal prodotto tra la concentrazione, calcolata in corrispondenza del punto di esposizione C<sub>poe</sub> e la portata effettiva di esposizione EM:

$$E = C_{poe} \times EM$$

A sua volta, la concentrazione nel punto di esposizione  $C_{poe}$  si calcola attraverso la seguente relazione:

$$C_{poe} = FT \times CRS$$

dove CRS rappresenta la concentrazione in corrispondenza della sorgente di contaminazione e FT è il fattore di trasporto, che tiene conto dei fenomeni di attenuazione che intervengono durante la migrazione dei contaminanti attraverso i vari comparti ambientali.

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  $[\text{mg}/(\text{kg d})]^{-1}$ ) 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  $[\text{mg}/(\text{kg d})]$ ) è la stima dell'esposizione media giornaliera che non produce effetti avversi apprezzabili sull'organismo umano durante il corso della vita.

Le equazioni sopra riportate, di carattere generale, coincidono con quelle inserite nel manuale ISPRA (2008). Tuttavia, coerentemente con l'approccio suggerito nel documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL del 2018, nel caso del percorso di inalazione vapori, i parametri RfD e SF sono sostituiti, rispettivamente, con la Reference Concentration (RfC)  $[\text{mg}/\text{m}^3]$  e l'Inhalation Unit Risk (IUR)  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ . Di conseguenza il fattore di esposizione E risulta indipendente dal peso corporeo e dal tasso di inalazione del recettore.

Il risultato R o HQ, 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. I livelli di rischio sanitario ritenuti accettabili dalla normativa vigente e presi come riferimento per il calcolo eseguito, sono illustrati nella tabella seguente:

Tab.1 – Livelli di rischio accettabili

	Rischio individuale	Rischio cumulativo
Sostanze cancerogene	$10^{-6}$	$10^{-5}$
Sostanze non cancerogene	1	1

Il Rischio individuale è il rischio per la salute umana associato ad una singola specie chimica inquinante, ma a più modalità di esposizione; tale valore viene ricavato applicando, per ogni sorgente secondaria di contaminazione, i criteri di cumulo definiti dal manuale ISPRA.

Riguardo il Rischio cumulativo, gli effetti cancerogeni o tossici dovuti alla esposizione contemporanea a più di una specie chimica inquinante attualmente non sono stati chiaramente stabiliti. Comunque, è possibile effettuare una stima conservativa dell'esposizione ad una contaminazione multipla sommando il rischio (o l'indice di pericolo) di ogni singola specie chimica contaminate. E' importante sottolineare che, in assenza di effetti sinergici, tale operazione di somma generalmente comporta una sovrastima dell'effettivo rischio associato alla esposizione multipla.

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 secondo la tabella precedente, la modalità inversa permette il calcolo della massima concentrazione in sorgente compatibile con la condizione di accettabilità del rischio.

Nel caso in esame, la procedura è stata effettuata sia in modalità diretta che inversa.

### 1.3 Descrizione procedura di Analisi di Rischio per il sito.

A seguito delle attività di campionamento condotte sul sito, in particolari quelle eseguite nel tempo da ARPA Lazio, è stata applicata la procedura di Analisi di Rischio sito-specifica, sia in modalità diretta che inversa, ai sensi del D.Lgs.152/06, al sito in esame.

Tale elaborazione si è resa necessaria a causa del rilevamento di diffuse non conformità sia nei campioni di suolo che in quelli di acqua di falda.

Tale valutazione è da intendersi preliminare in quanto, come specificato nel documento "Relazione Conclusiva di Caratterizzazione" già trasmesso, le indagini eseguite e la *"mancata individuazione*

della sorgente primaria di contaminazione dell'area oggetto di studio..." non hanno permesso di definire il Modello Concettuale Definitivo del sito.

Inoltre, in ragione di quanto sopra, alcuni parametri sito-specifici richiesti nel calcolo sono stati determinati da fonti di letteratura, secondo il principio del caso ragionevolmente peggiore ("Reasonable Worst Case") e non ricavati sperimentalmente.

Ai fini del calcolo è stato adoperato il software *Risk-net ver.3.1 Pro* sviluppato dall'Università di Roma "Tor Vergata" e distribuito gratuitamente dalla rete Reconnet.

## 1.4 Modello Concettuale.

Di seguito si riporta la descrizione del modello concettuale del sito, attraverso l'individuazione dei tre fattori fondamentali che lo compongono: sorgente di contaminazione, vie di migrazione e modalità di esposizione, bersagli.

Per la definizione della sorgente di contaminazione, è stato effettuato un confronto tra i risultati dei parametri analizzati sui campioni prelevati da ARPA Lazio con i rispettivi limiti previsti dalle norme.

A tal proposito, sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Sono state considerate le sole indagini eseguite dall'Agenzia.
- Sono stati considerati tutti e soli gli analiti normati, di cui è fissata una CSC ai sensi del D.Lgs.152/06 (per i terreni riferita alla colonna B) oppure un Valore di Fondo.
- Per l'Arsenico nei suoli è stato considerato un valore di riferimento pari a 110,3 mg/kg, pari al valore di fondo determinato da ARPA Lazio.
- Per i composti Tiodiglicole, Trifenilarsina e Ossido di fenilarsina, presenti in concentrazioni superiori al limite di rilevabilità strumentale e che l'ISS ritiene debbano essere completamente assenti nel suolo, è stata ipotizzata la loro totale rimozione. Pertanto non sono stati considerati nella verifica del calcolo.
- I campioni di terreno prelevati nelle aree di scavo in corrispondenza di orizzonti compresi tra il piano campagna e profondità superiori a 1 m sono stati considerati per le sorgenti sia nel comparto suolo superficiale (SS) che suolo profondo (SP).

### 1.4.1 Sorgenti secondarie.

La procedura di Analisi di Rischio si basa, innanzitutto, sull'individuazione delle sorgenti secondarie di contaminazione nei diversi comparti ambientali. Secondo la normativa vigente queste possono essere di tre tipi:

1. Suolo Superficiale (SS) (da 0 a 1 m di profondità dal p.c.);
2. Suolo Profondo (SP) (da 1 m di profondità fino al livello piezometrico);



### 3. Falda o zona satura (GW).

Le geometrie delle sorgenti di contaminazione sono state individuate considerando i volumi di terreno o di acque sotterranee interessati dalla presenza di almeno un contaminante in concentrazione superiore alle CSC o al corrispondente valore di fondo (Arsenico).

A tal fine, come già indicato nel paragrafo precedente, relativamente alla matrice suolo è stata considerata la colonna B della tabella 1 dell'Allegato V al titolo V della parte IV del D.Lgs. 152/06, ovvero le CSC per *siti ad uso commerciale e industriale*, coerentemente con la fase di caratterizzazione.

Si ribadisce come, nel caso in cui un campione di suolo sia stato prelevato a cavallo della profondità di 1 m dal p.c., esso sia stato considerato, cautelativamente, appartenente sia alla sorgente SS che SP.

Dall'esame dei risultati della caratterizzazione per il comparto insaturo, è stata osservata una contaminazione da metalli abbastanza diffusa, che risulta essere quella principale. Dal momento che non è stata certificata la presenza di un vero e proprio inquinamento diffuso nell'area, tali non conformità sono state prese in considerazione per l'individuazione delle sorgenti secondarie di contaminazione.

In aggiunta, sono stati rilevati isolati superamenti normativi relativi a composti di origine idrocarburica, in particolare IPA (nel solo campione P-M16-A), e Esacloroetano (nel solo campione C-M1-D).

Tali non conformità sono in numero esiguo in confronto con la totalità dei campioni prelevati e in alcuni casi, in base ai contenuti della Relazione Conclusiva, esse potrebbero essere riconducibili alla presenza di sorgenti primarie ancora attive (vd. il campione relativo all'anomalia M16) o costituire veri outlier. Pertanto, alla luce di quanto sopra, nelle more di una caratterizzazione integrativa che possa approfondire il grado di conoscenza in merito, allo stato attuale le suddette anomalie non sono state considerate per l'individuazione di sorgenti secondarie di contaminazione alle quali applicare la presente Analisi di Rischio.

Analogamente al comparto insaturo, anche in falda è stata rilevata una diffusa presenza di metalli e un isolato superamento normativo per Tricloroetilene (TCE) e Tetracloroetilene (PCE) nel solo PZ2. Tali non conformità necessitano di ulteriori approfondimenti per individuarne la causa e circoscriverne la diffusione in falda, pertanto non sono state considerate per la definizione di una sorgente secondaria.

La geometria e la continuità spaziale delle sorgenti è stata ricostruita individuando, innanzitutto, le aree di influenza di ogni punto non conforme ai limiti con il cosiddetto metodo dei poligoni di Thiessen; successivamente, è stata applicata l'*analisi del vicinato* per le celle con concentrazioni inferiori alle CSC (manuale APAT 2008).

Tale procedura ha condotto all'individuazione delle seguenti sorgenti, suddivise per comparto:

- Suolo Superficiale: n.6 (SS1, SS2, SS3, SS4, SS5, SS6) (vd. Tav. 2)..
- Suolo Profondo: n.3 (SP1, SP2, SP3) (vd. Tav. 3).
- Falda: n.1 (GW1) (vd. Tav. 4).

In merito alla contaminazione rilevata in falda si fa presente che non risulta siano state attivate misure di messa in sicurezza volte a contenere la diffusione dei contaminanti. Pertanto, si ritiene opportuno che siano avviati tutti gli adempimenti previsti all'art. 242 c.1 del D.Lgs. 152/06.

Conformemente con la normativa tecnica, è stata eseguita una valutazione del rischio per ciascuna delle suddette sorgenti.

Ogni elaborazione viene trattata in un paragrafo distinto; nei paragrafi seguenti sono descritte le procedure di carattere generale.

#### **1.4.2 Vie di migrazione e modalità di esposizione.**

Le vie di migrazione e le modalità di esposizione sono quelle mediante le quali il potenziale bersaglio entra in contatto con le specie chimiche contaminanti.

Sebbene il sito attualmente risulti inutilizzato e la maggior parte degli edifici sia in condizioni fatiscenti, al limite dell'agibilità, è stato considerato un uso futuro analogo a quello passato, con presenza di edifici commerciali; pertanto sono state individuate le seguenti modalità di esposizione:

- Ingestione di suolo
- Contatto dermico
- Inalazione di vapori outdoor/indoor, per effetto della volatilizzazione
- Inalazione di polveri outdoor/indoor, per effetto dell'erosione del vento

In aggiunta alle vie di migrazione sopra esposte, sarà considerato anche il percorso di lisciviazione da suolo in falda.

#### **1.4.3 Recettori.**

Con riferimento al manuale ISPRA, i recettori umani vengono individuati in funzione dei percorsi di esposizione, dell'uso del sito (attuale o futuro) e della loro localizzazione, distinguendo, quindi, tra bersagli on-site, ovvero posti in corrispondenza della sorgente, ed off-site se posti ad una certa distanza da essa. Nel caso specifico, come già indicato nel precedente paragrafo, il sito ricade in un'area militare dismessa, la cui destinazione d'uso futura non è certa. Tuttavia, adottando un

criterio sito specifico, ci si è basati sull'ultimo utilizzo effettivo del sito, ovvero come magazzino, sono stati individuati due tipi di recettori:

- Bersaglio umano per sito *commerciale/industriale* on-site;
- Bersaglio umano per sito *commerciale/industriale* off-site;

Nello scenario di esposizione *commerciale/industriale*, come da manuale ISPRA, "le persone esposte al maggior rischio sono i lavoratori presenti nel sito, i quali sono esposti alla contaminazione con frequenza praticamente giornaliera".

In tal caso, quindi, il recettore tipo è costituito da un bersaglio di tipo *adulto (17-65 anni)*.

Si precisa come, dal momento che, a parità di tipologia di bersaglio umano, la condizione di maggiore prossimità alla sorgente di contaminazione risulta maggiormente conservativa, le elaborazioni saranno eseguite per il solo recettore on-site.

A tal proposito, dato l'uso più recente dell'area, è stato considerato che il lavoratore tipo sia coinvolto in attività che possono essere svolte sia in ambienti aperti (outdoor) che in ambienti chiusi (indoor).

## 1.5 Parametri di input.

L'AdR sito-specifica è stata eseguita adoperando, per la maggior parte, parametri determinati in maniera diretta. Laddove questo non sia stato possibile, soprattutto a causa della mancata definizione di un modello concettuale definitivo del sito, si è fatto ricorso a criteri di stima indiretta su base sito-specifica o ai parametri di default più conservativi previsti dal manuale ISPRA.

Di seguito, si riporta una descrizione dei principali parametri di input.

### 1.5.1 Contaminanti indicatori.

Per quanto riguarda i contaminanti indicatori (COC), come indicato al precedente paragrafo 1.4.1, sono state selezionate tutte le sostanze per le quali è stato registrato almeno un superamento del limite normativo, ad eccezione di quelle che hanno fatto registrare isolate non conformità che, in assenza di un modello concettuale definitivo, non possono essere considerate rappresentative di un'effettiva contaminazione del sito. I COC rilevati in maniera diffusa sono i seguenti:

#### *Terreno*

- Arsenico
- Cadmio
- Mercurio
- Vanadio
- Zinco

## Acqua sotterranea

- Arsenico
- Ferro
- Manganese

### 1.5.2 Concentrazioni alla sorgente.

Per l'esecuzione dell'Analisi di Rischio in modalità inversa (backward) occorre definire, per ogni contaminante indice e in ogni sorgente, la cosiddetta Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente (CRS), che deve essere confrontata con la Concentrazione Soglia di Rischio (CSR) derivata dal calcolo. In tal modo si può determinare l'effettivo stato di contaminazione del sito.

Dal momento che per ogni sorgente si dispone di un numero di determinazioni inferiore a 10, la CRS è stata posta pari al massimo valore di concentrazione rilevato.

### 1.5.3 Fattori di esposizione.

Come indicato in precedenza, in assenza di una certa destinazione d'uso futura del sito e in virtù della specificità dello stesso, come bersagli umani della contaminazione sono stati considerati recettori corrispondenti a uno scenario di tipo *commerciale/industriale*. Di conseguenza, i fattori di esposizione sono stati scelti in accordo con quelli previsti dal manuale ISPRA 2008 e dalle Linee Guida 17/2018 per questo tipo di bersaglio, sempre secondo un principio di conservatività.

### 1.5.4 Parametri del sito.

L'AdR sito-specifica è stata eseguita adoperando, per la maggior parte, parametri determinati in maniera diretta. Laddove questo non sia stato possibile, soprattutto a causa della mancata definizione del Modello Concettuale Definitivo del sito, si è fatto ricorso a criteri di stima indiretta su base sito-specifica o ai parametri di default previsti dal manuale ISPRA, adottando sempre il criterio conservativo del *reasonable worst case*.

I parametri del sito richiesti per il calcolo sono generalmente differenti per ogni sorgente individuata, ad eccezione di alcuni, che sono comuni a tutte le simulazioni.

Tra questi ultimi, in particolare, si evidenziano i seguenti.

- Tessitura: Sandy Loam (ricavato dalle analisi granulometriche svolte);
- Densità del suolo ( $\rho_s$ ): 1,7 g/cm<sup>2</sup> (valore di default ISPRA);
- pH del suolo: 6,8 (valore di default ISPRA);
- Frazione carbonio organico ( $f_{oc}$ ): 0,01 (valore di default ISPRA);

In merito a ulteriori parametri, si evidenzia quanto segue.

Per quanto riguarda i dati meteo, non essendo presente una centralina nell'area, come previsto dalla letteratura tecnica, si sono analizzati i dati storici relativi a una stazione vicina, presente nell'aeroporto di Viterbo. Dall'esame dei dati si osserva che la direzione prevalente del vento è NE-SW, con un valor medio di intensità pari a circa 4 m/s, su un periodo di osservazione più che decennale (2007-2017).

A tal proposito, è opportuno comunque precisare, che, da un punto di vista meramente scientifico, i dati di questa centralina non sono molto attendibili per il sito in esame a causa di fattori quali, ad esempio, la distanza da essa (17 km), la differente orografia del territorio in cui si colloca, la presenza di una folta vegetazione.

Pertanto, tali dati sono stati ulteriormente analizzati da un punto di vista della conservatività ai fini del calcolo del rischio.

In particolare, è stato considerato un valore del parametro *Estensione della sorgente nella direzione principale del vento ( $W'$ )* pari alla dimensione massima della sorgente.

Mentre per la *Velocità del vento ( $U_{air}$ )* è stato considerato il valore di default del Manuale ISPRA 2008, pari a 2,25 m/s, minore di quello misurato nella centralina di Viterbo, poiché il valore più conservativo è il minimo.

Per quanto riguarda il valore di piovosità media annua, rilevante per il percorso di lisciviazione in falda, sono stati considerati i valori medi annui del periodo 2007-2018 rilevati in tre stazioni dell'ARSIAL ubicate in provincia di Viterbo (Corchiano, Soriano Pantane e Vetralla).

Cautelativamente è stato considerato il valore massimo di precipitazione annua che è risultato essere di 134 cm.

In merito ai parametri della porzione satura, in assenza di una esaustiva caratterizzazione della stessa, sono stati considerati cautelativamente i parametri di default previsti dal Manuale ISPRA, ad eccezione del valore di soggiacenza della falda ( $L_{gw}$ ), che è stato posto cautelativamente pari a 11 m da p.c., ovvero il minimo dato ricavato in fase di caratterizzazione in corrispondenza del piezometro PZ3.

## 1.6 Calcolo del rischio e delle CSR.

Sulla base del modello concettuale e dei parametri di input sopra indicati, si è proceduto, quindi, ad una preliminare verifica del rischio sanitario ambientale per il sito in oggetto per ciascuna delle sorgenti individuate al paragrafo 1.4.1.

In relazione ai bersagli umani, è stato verificato sia il rischio cancerogeno che tossicologico.

In merito al rischio legato alla lisciviazione del contaminante in falda, il Punto di Conformità (POC), ovvero il punto in cui deve essere verificato il rispetto delle CSC delle acque di falda ai sensi della Tab. 2 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06, è stato posto cautelativamente

sotto la sorgente, quindi a distanza nulla da essa. Non vengono quindi presi in considerazione eventuali fenomeni di dispersione e diluizione della contaminazione connessi al trasporto delle acque sotterranee fino al POC.

In via preliminare si osserva che per tutte le sorgenti relative al comparto suolo superficiale, il calcolo, in relazione ai contatti diretti, restituisce per l'Arsenico un valore di CSR individuale ben inferiore al rispettivo valore di fondo. Pertanto, si suggerisce di porre quest'ultimo coincidente con la suddetta CSR e, conseguentemente, di escludere tale analita dal calcolo delle CSR cumulate, conformemente a quanto indicato dal MATTM al punto 1 della nota prot. 29706 del 18/11/14.

Pertanto:

- CSR Arsenico = 110,3 mg/kg;

Per quanto riguarda il Mercurio, il Documento di Supporto alla Banca Dati ISS-INAIL 2018 ne considera tre forme distinte, con rispettivi parametri chimico-fisici e tossicologici, da utilizzare, secondo il principio di massima cautela, a seconda della modalità di esposizione:

- il *Cloruro di mercurio* per il rischio risorsa idrica;
- il *Mercurio elementare* in caso di volatilizzazione;
- il *Metilmercurio* per i contatti diretti (ingestione e contatto dermico).

Dal momento che non si possiede una determinazione in tal senso, anche perché le indagini di caratterizzazione sono terminate prima del 2018, è stata attribuita l'intera concentrazione rilevata in campo alla forma o composto più cautelativo a seconda del percorso considerato.

Nel caso del Cloruro di Mercurio, è stato osservato che il calcolo restituisce una CSR sempre inferiore alla CSC.

Pertanto, si suggerisce di associare a tale analita una CSR pari alla CSC e di escluderlo dal calcolo delle CSR cumulate.

Nei paragrafi che seguono si riportano i risultati delle varie elaborazioni sia in modalità diretta che inversa, omettendo ogni considerazione sugli specifici rischi già trattati nel presente paragrafo.

In allegato 2, invece, si riportano le schermate delle simulazioni eseguite con il software *Risknet 3.1 pro* cui si rimanda per maggiori dettagli circa i parametri di input e i risultati dell'elaborazione presentati.

## 1.7 Elaborazioni sorgenti Suolo Superficiale (SS).

Per tutte le elaborazioni relative al comparto Suolo Superficiale sono considerati tutti i percorsi di esposizione già descritti al precedente paragrafo 1.5.1.

### 1.7.1 Sorgente SS1.

La sorgente SS1 è ubicata nella porzione ovest del sito ed è costituita da un unico poligono di Thiessen, relativo al punto C-M1-1 (ved. Tav.5), per il quale è stato rilevato un solo superamento relativo al parametro Mercurio.

Nella tabella seguente si riporta il contaminante indice individuato, la rispettiva CRS, il campione di riferimento e la CSC riportata in colonna B, tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

Tab. 3 COC sorgente SS1

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Mercurio	5,2	C-M1-I	5

I risultati della verifica in modalità diretta evidenziano la presenza del solo rischio per la risorsa idrica già trattato nel paragrafo 1.6. Pertanto, coerentemente con quanto già descritto al medesimo paragrafo, la CSR coincide con la CSC, come indicato nella seguente tabella.

Tab. 4 CSR sorgente SS1

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
<b>Mercurio (come Cloruro di mercurio)</b>	<b>5,2</b>	C-M1-I	5	5

### 1.7.2 Sorgente SS2.

La sorgente SS2, ubicata a sud-est della precedente SS1 è anch'essa costituita da un unico poligono di Thiessen, relativo al punto P-M5-A (ved. Tav.5), per il quale è stato rilevato un solo superamento relativo al parametro Arsenico.

Nella tabella seguente si riporta il contaminante indice individuato, la rispettiva CRS, il campione di riferimento e il valore di fondo.

Tab. 5 COC sorgente SS2

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Arsenico	296	P-M5-A	110,3*

\* *valore di fondo*

I risultati della verifica in modalità diretta evidenziano la presenza del solo rischio legato all'esposizione per ingestione e contatto dermico, già trattato al paragrafo 1.6. Pertanto, coerentemente con quanto già descritto al medesimo paragrafo, la CSR coincide con il valore di fondo, come indicato nella seguente tabella.

Tab. 6 CSR sorgente SS2

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
<b>Arsenico</b>	<b>296</b>	P-M5-A	110,3*	110,3

\* *valore di fondo*



### 1.7.3 Sorgente SS3.

La sorgente SS3 è ubicata nella porzione centrale del sito ed è costituita da un unico poligono di Thiessen, relativo al punto S57 (ved. Tav.6), per il quale è stato rilevato un solo superamento relativo al parametro Mercurio.

Nella tabella seguente si riporta il contaminante indice individuato, la rispettiva CRS, il campione di riferimento e la CSC riportata in colonna B, tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

Tab. 7 COC sorgente SS3

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Mercurio	6,2	S57-1	5

I risultati della verifica in modalità diretta evidenziano la presenza del solo rischio per la risorsa idrica già trattato nel paragrafo 1.6. Pertanto, coerentemente con quanto già descritto al medesimo paragrafo, la CSR coincide con la CSC, come indicato nella seguente tabella.

Tab. 8 CSR sorgente SS3

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
<b>Mercurio (come Cloruro di mercurio)</b>	<b>6,2</b>	S57-1	5	5

#### 1.7.4 Sorgente SS4.

La sorgente SS4 è ubicata nella porzione est del sito ed è costituita da un unico poligono di Thiessen, relativo al punto S76 (ved. Tav.6), per il quale è stato rilevato un solo superamento relativo al parametro Vanadio.

Nella tabella seguente si riporta il contaminante indice individuato, la rispettiva CRS, il campione di riferimento e la CSC riportata in colonna B, tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

Tab. 9 COC sorgente SS4

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Vanadio	339	S76-1	250

I risultati della verifica in modalità diretta non evidenziano alcun rischio.

Eseguendo la verifica in modalità inversa, è stata calcolata la CSR dell'analita, sulla base dei criteri previsti dal Manuale ISPRA, che viene riportata nella tabella seguente.

Tab. 10 CSR sorgente SS4

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
Vanadio	339	S76-1	250	4405

### 1.7.5 Sorgente SS5.

La sorgente SS, è ubicata nella porzione centrale del sito, a sud-est della sorgente SS3, e anch'essa è costituita da un unico poligono di Thiessen, relativo al punto C-M23-I (ved. Tav.6).

Nella tabella seguente si riportano i contaminanti indice individuati, le rispettive CRS, il campione cui queste si riferiscono e le CSC riportate in colonna B, tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

Tab. 11 COC sorgente SS5

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Arsenico	118	C-M23-I	110,3*
Cadmio	34	C-M23-I	15
Zinco	3095	C-M23-I	1500

\* *valore di fondo*

In aggiunta al rischio per contatti diretti legato all'Arsenico già trattato nel paragrafo 1.6, i risultati della verifica in modalità diretta evidenziano un rischio per la risorsa idrica legato all'Arsenico e al Cadmio.

Eseguendo la verifica in modalità inversa, sono state calcolate le CSR cumulate per ogni analita, sulla base sia di quanto indicato al paragrafo 1.6 che dei criteri previsti dal Manuale ISPRA, in particolare applicando, laddove necessario, opportuni fattori di riduzione.

Nella tabella seguente si riporta la sintesi delle suddette CSR.

Tab. 12 CSR sorgente SS5

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
<b>Arsenico</b>	<b>118</b>	C-M23-I	110,3*	110,3*
<b>Cadmio</b>	<b>34</b>	C-M23-I	15	15
<b>Zinco</b>	<b>3095</b>	C-M23-I	1500	3034

\* *valore di fondo*

Dall'esame della tabella si osserva che la CRS risulta superiore alle CSR per tutti i parametri (analiti evidenziati in rosso).

## 1.8 Elaborazioni sorgenti Suolo Profondo (SP).

Per tutte le elaborazioni che seguono, stante l'ovvia assenza di quelli diretti, gli unici percorsi di esposizione considerati sono i seguenti:

- Inalazione di vapori outdoor e indoor, per effetto della volatilizzazione
- Lisciviazione in falda

Per tali percorsi, si fa presente che, in virtù delle caratteristiche chimico fisiche e tossicologiche, non è possibile definire il rischio legato alla presenza di Vanadio.

Per quanto riguarda il valore da attribuire allo spessore di ogni sorgente, esso è stato calcolato come differenza tra la minima profondità cui è stato prelevato un campione non conforme e il valore di 1 m da p.c. (limite inferiore del comparto suolo superficiale).

### 1.8.1 Sorgente SP1.

La sorgente SP1 è la più estesa tra quelle relative al suolo profondo, ubicata nella porzione ovest del sito e costituita da due poligoni di Thiessen, ovvero quelli relativi ai punti C-M1-I e S10 (vd. Tav.7). La profondità massima di tale sorgente, pari a 5 m, è data dal fondo dello scavo relativo all'anomalia M1.

Nella tabella seguente si riportano i contaminanti indice individuati, le rispettive CRS, il campione cui queste si riferiscono, e le CSC riportate in colonna B, tab. 1 del D.Lgs. 152/06. Si ricorda che le CRS sono state poste pari alle concentrazioni massime rilevate.

Tab. 13 COC sorgente SP1

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Mercurio	5,2	C-M1-I	5
Vanadio	310	S10-2	250

I risultati della verifica in modalità diretta evidenziano la presenza del solo rischio per la falda legato al Mercurio, già trattato al paragrafo 1.6.

Eseguendo la verifica in modalità inversa, sono state calcolate le CSR cumulate per ogni analita, sulla base sia di quanto indicato al paragrafo 1.6 che dei criteri previsti dal Manuale ISPRA.

Nella tabella seguente si riporta la sintesi delle suddette CSR.

Tab. 14 CSR sorgente SP1

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
<b>Mercurio (come Cloruro di mercurio)</b>	<b>5,2</b>	C-M1-I	5	5
Vanadio	310	S10-2	90	-

Dall'esame della tabella si osserva che per il Mercurio la CRS risulta superiore alle CSR (analita evidenziati in rosso).

### 1.8.2 Sorgente SP2.

La sorgente SP2 è ubicata nella porzione centrale del sito ed è costituita da un unico poligono di Thiessen, relativo al punto S50 (ved. Tav.7), per il quale è stato rilevato un solo superamento relativo al parametro Vanadio.

La profondità massima di tale sorgente, pari a 2 m, è data dal fondo foro del sondaggio eseguito.

Nella tabella seguente si riporta il contaminante indice individuato, la rispettive CRS, il campione cui questa si riferisce e la CSC riportate in colonna B, tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

Tab. 15 COC sorgente SP2

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Vanadio	270	S50-2	250

Come già indicato in precedenza, i risultati della verifica in modalità diretta non evidenziano alcun rischio legato al Vanadio, pertanto, eseguendo la verifica in modalità inversa, non è possibile definire una CSR, come indicato nella seguente tabella 16.

Tab. 16 CSR sorgente SP2

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
Vanadio	270	S50-2	250	-

### 1.8.3 Sorgente SP3.

La sorgente SP3 è ubicata nella porzione ovest del sito ed è costituita da un unico poligono di Thiessen, relativo al punto S76 (ved. Tav.7), per il quale è stato rilevato un solo superamento relativo al parametro Arsenico.

La profondità massima di tale sorgente, pari a 2 m, è data dal fondo foro del sondaggio eseguito. Nella tabella seguente si riporta il contaminante indice individuato, la rispettive CRS, il campione cui questa si riferisce e la CSC riportate in colonna B, tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

Tab. 17 COC sorgente SP3

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>
Arsenico	116	S76-2	110,3*

\* valore di fondo

I risultati della verifica in modalità diretta evidenziano la presenza del rischio per la falda legato all'Arsenico.

Eseguendo la verifica in modalità inversa, è stata calcolata la relativa CSR, riportata nella seguente tabella 18, conformemente a quanto indicato nel Manuale ISPRA e dal MATTM al punto 1 della nota prot. 29706 del 18/11/14.

Tab. 18 CSR sorgente SP3

<b>Analita</b>	<b>CRS [mg/kg]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [mg/kg]</b>	<b>CSR [mg/kg]</b>
<b>Arsenico</b>	<b>116</b>	S76-2	110,3*	110,3

\* valore di fondo

## 1.9 Elaborazione sorgente Falda (GW).

Per il comparto saturo, dal momento che tutti i piezometri campionati sono risultati non conformi per i medesimi analiti, la sorgente coincide con l'intero sito.

Nella tabella seguente si riportano i contaminanti indice individuati, le rispettive CRS, il campione cui queste si riferiscono, e le CSC riportate in tab. 2 del D.Lgs. 152/06. Si ricorda che le CRS sono state poste pari alle concentrazioni massime rilevate.

Tab. 31 COC sorgente GW

<b>Analita</b>	<b>CRS [<math>\mu\text{g/l}</math>]</b>	<b>Campione di riferimento per la CRS</b>	<b>CSC [<math>\mu\text{g/l}</math>]</b>
Arsenico	133	PZ2	10
Ferro	86100	PZ1	200
Manganese	4350	PZ5	50

Dal momento che gli analiti non conformi coincidono con metalli che, per le loro proprietà, non sono soggetti a volatilizzazione, non è possibile elaborare un rischio in relazione al percorso di inalazione vapori.

Pertanto, le CSR possono essere calcolate soltanto in relazione alla tutela della risorsa idrica.

Nelle precedenti trattazioni relative al comparto insaturo, in mancanza di un'adeguata caratterizzazione del comparto saturo, che consenta di definire l'eventuale presenza di falde sovrapposte, nonché un'univoca direzione di falda, il POC è stato posto cautelativamente al di sotto di ogni sorgente. Tale assunzione è suffragata anche dal fatto che, poiché la sorgente coincide con l'intero sito, qualunque punto posto al confine di esso si troverebbe comunque a distanza nulla da essa.

Pertanto, adottando lo stesso criterio, ovvero il rispetto delle CSC all'interno del sito, queste coincidono con le CSR per l'intera sorgente.

Tale trattazione potrebbe subire una revisione in caso di una caratterizzazione integrativa del comparto falda.



## 2. Conclusioni.

In base ai risultati della caratterizzazione ottenuti da ARPA e presentati nei 3 documenti già trasmessi, è stata eseguita una verifica preliminare del rischio connesso ai superamenti rilevati.

In attesa di un'eventuale caratterizzazione integrativa, è stato comunque ritenuto opportuno, in questa fase, escludere alcuni contaminanti dalla trattazione per i motivi già spiegati nei paragrafi del capitolo precedente.

I risultati dell'Analisi di Rischio eseguita sia in modalità diretta che inversa hanno evidenziato la presenza di alcuni rischi legati alle CRS calcolate e il superamento delle stesse rispetto alle CSR.

E' necessario evidenziare, tuttavia, che i risultati del modello sono validi esclusivamente nello scenario descritto (destinazione d'uso del sito, utilizzo attuale del sito, assenza di edifici residenziali, ecc.) e che ogni variazione comporterebbe una rimodulazione del calcolo.