

Analisi di Rischio Sito Specifica: Zona B e C Ovest

Polo Chimico di Castellanza-Olgiate Olona (Va)

Luglio 2014

www.erm.com

Chemisol Italia Srl

Analisi di Rischio Sito
Specifica: Zona B e C Ovest:
*Polo Chimico di Castellanza -
Olgiate Olona (VA)*

ERM sede di Milano

Via San Gregorio, 38
I-20124 Milano
T: +39 0267440.1
F: +39 0267078382

www.erm.com/italy



Chemisol Italia Srl

**Analisi di Rischio Sito Specifica:
Zona B e C Ovest: *Polo Chimico di
Castellanza - Olgiate Olona (VA)***

18 luglio 2014

Rif. 0244066

Questo documento è stato preparato da Environmental Resources Management, il nome commerciale di ERM Italia S.p.A., con la necessaria competenza, attenzione e diligenza secondo i termini del contratto stipulato con il Cliente e le nostre condizioni generali di fornitura, utilizzando le risorse concordate.

ERM Italia declina ogni responsabilità verso il Cliente o verso terzi per ogni questione non attinente a quanto sopra esposto.

Questo documento è riservato al Cliente. ERM Italia non si assume alcuna responsabilità nei confronti di terzi che vengano a conoscenza di questo documento o di parte di esso.

Alessandro Battaglia
Project Director

Andrea Iosia
Project Manager

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
1.1	PREMESSA	1
1.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	2
2	SINTESI DELLE INDAGINI ESEGUITE	4
2.1	INDAGINI DA PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AREE AMI (GIUGNO 2008)	4
2.2	INDAGINI DA PIANO DI CARATTERIZZAZIONE PERSTORP (SETTEMBRE 2009)	5
2.3	INDAGINI PRELIMINARI CHIMICA POMPONESCO (2010-2013)	6
2.4	SINTESI DEI RISULTATI (AREA DI STUDIO)	6
3	MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO DEL SITO	7
3.1	INTRODUZIONE	7
3.2	GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	7
3.3	SORGENTI, CONTAMINANTI, PERCORSI DI ESPOSIZIONE E RECETTORI	9
3.4	SINTESI DEL MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO DEL SITO	16
4	METODOLOGIA D'ANALISI DI RISCHIO UTILIZZATA	18
4.1	PROCEDIMENTO GENERALE	18
4.2	VALORI DI RISCHIO CANCEROGENO E NON CANCEROGENO ACCETTABILI	18
4.3	VALORE DI RISCHIO ACCETTABILE PER LE ACQUE SOTTERRANEE	19
5	PARAMETRIZZAZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE	21
5.1	SINTESI	21
5.2	PARAMETRI DI ESPOSIZIONE	21
5.3	MATRICI AMBIENTALI ED AMBIENTI INDOOR E OUTDOOR	22
5.4	PARAMETRI CHIMICO-FISICI E TOSSICOLOGICI DEI CONTAMINANTI DI INTERESSE²⁹	
6	RISULTATI	30
6.1	SINTESI DELLE ASSUNZIONI	30
6.2	VALORI DI RISCHIO CALCOLATI	30
6.3	CONCENTRAZIONI SOGLIA DI RISCHIO	38
7	CONCLUSIONI	44

ALLEGATI:

Allegato A:	Figure Fuori Testo
Allegato B:	Caratteristiche Edifici Indoor
Allegato C:	Schermate Risknet (su supporto CD)

Il presente documento costituisce l'Analisi di Rischio Sito Specifica (AdR) ai sensi del D.Lgs. n° 152/2006 e s.m.i. della Zona B e C Ovest dello stabilimento di multisocietario di Castellanza-Olgiate Olona.

Perstorp S.p.A. (nel seguito *Perstorp*) per conto delle coinsediate *Chemisol*, *Chimica Pomponesco* e *Perstorp* ha incaricato *ERM Italia S.p.A.* (nel seguito *ERM*) di predisporre questo documento progettuale in conformità l'Allegato 2 al Titolo V del citato D.Lgs. a seguito di quanto emerso nel corso della Conferenza dei Servizi del 18/12/2013 e delle attività caratterizzazione completate e validate dagli Enti di Controllo nel corso degli anni scorsi a partire dall'anno 2006.

L'area oggetto del presente documento (che nei capitoli successivi sarà indicata come *Sito*) è riportata in Allegato A, Figura 1 ed ha un'estensione pari a circa 76.000 m²; in particolare le Zone A, C-Est e D non sono oggetto della presente AdR, in quanto ancora oggetto di discussione tra le Coinsediate (Zona A) o per le quali è in corso di predisposizione un progetto operativo di bonifica da parte di *Chemisol*. (Zone C-est e D).

La presente AdR per la matrice terreno è stata condotta sui parametri di interesse per il sito industriale, le cui concentrazioni rilevate nel suolo sono risultate superiori alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06.

Relativamente al composto *formaldeide* (unico composto sito-specifico non normato ai sensi del D.Lgs 152/06 per cui siano presenti dei superamenti delle concentrazioni proposte da ISSN nella matrice suolo ⁽¹⁾. - vedi capitolo 2), le Società Coinsediate hanno convenuto di adottare, quale obiettivo di Bonifica/Messa in Sicurezza, la concentrazione proposta da ISSN (2 mg/kg).

Su tale base, nella presente AdR, non è stato quindi proposto uno specifico obiettivo risk-based per la Bonifica/Messa in Sicurezza della *formaldeide* nel suolo, previa adozione del valore di screening proposto da ISSN.

L'adozione del valore proposto da ISSN per la matrice terreno relativamente alla *formaldeide* non implica alcuna accettazione o acquiescenza, da parte delle Società Coinsediate, per quanto concerne i valori proposti da ISSN per altre matrici ambientali (e.g. acque di falda) e non comporta accettazione o acquiescenza ai valori proposti da ISSN per altri eventuali composti sito specifici non normati dal D.Lgs. 152/06.

¹ <http://www.iss.it/site/BancaDatiBonifiche>

Il sito ha una destinazione d'uso commerciale/industriale che è stata utilizzata come riferimento per l'elaborazione della presente AdR considerando come recettori la presenza di lavoratori sul sito stesso e di residenti all'esterno posti lungo la direzione del vento.

L'AdR è stata elaborata con riferimento al documento "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati, rev.2 – ISPRA, marzo 2008" (nel seguito *Protocollo ISPRA*); inoltre, sono state considerate le *Linee Guida della Regione Lombardia per l'Elaborazione dell'Analisi di Rischio* contenute nella DGR n° 11348 del 10 febbraio 2010.

Le elaborazioni dell'AdR sono state effettuate con l'applicativo *Risk-net 1.0*, sviluppato nell'ambito della rete *RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati)* su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma "Tor Vergata" e disponibile sul sito internet www.reconnet.net; detto strumento permette di applicare la procedura di analisi di rischio ai siti contaminati in accordo con quanto previsto dal *Protocollo ISPRA* e dalla citata normativa Italiana di riferimento.

La presente relazione tecnica è strutturata come segue:

- *Capitolo 2*, che riassume i risultati delle indagini ambientali del sito;
- *Capitolo 3*, in cui viene descritto il *Modello Concettuale Definitivo* del sito;
- *Capitolo 4*, dove vengono descritti i criteri generali utilizzati per l'elaborazione della presente AdR;
- *Capitolo 5*, in cui vengono elencati i parametri di ingresso selezionati per descrivere il *Modello Concettuale Definitivo* del sito per il citato applicativo;
- *Capitolo 6*, dove sono presentati i valori di CSR calcolati e viene effettuato il confronto tra questi e le concentrazioni ritrovate in sito;
- *Capitolo 7*, in cui si sintetizzano gli esiti dell'AdR.

1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

A supporto del presente elaborato vengono richiamati i contenuti dei seguenti documenti principali, riguardanti il complesso delle aree delle Zone B e C ovest:

Chemisol:

- *Piano della Caratterizzazione Aree di Proprietà AMI: Polo Chimico e Aree Limitrofe* (ERM, Luglio 2007);
- *Rapporto di Caratterizzazione delle Aree AMI Interne e Limitrofe al Polo Chimico* (ERM, Giugno 2008);
- *Analisi di Rischio Sito Specifica delle Aree AMI Interne al Polo Chimico* (ERM, Giugno 2008);
- *Progetto di MISO – Matrice Acque di Falda – Polo Chimico Multisocietario di Castellanza-Olgiate Olona (VA)* (ERM Febbraio 2009).

Perstorp:

- *Risultati Caratterizzazione Preliminare Aree Perstorp* (Ottobre 2008);
- *Piano della Caratterizzazione Aree Perstorp* (Tauw, Marzo 2009);
- *Risultati della Caratterizzazione Ambientale* (Tauw, Gennaio 2010);
- *Relazione Conclusiva delle Attività Svolte - linea acque Pozzo15* (TAUW, Ottobre 2011);
- *Caratterizzazione integrativa delle particelle catastali 9727, 9728 e 9741* (Febbraio 2012);
- *Relazione Tecnica Descrittiva inerente la Gestione dei Materiali di Risulta, derivante dalla Realizzazione della Nuova Rete Antincendio - Sito Perstorp* (ERM, Luglio 2012);
- *Piano di Indagine Ambientale e di Gestione dei Terreni di Scavo Nuova Linea Acque Pozzo n.15* (Erm, Settembre 2013);

Chimica Pomponesco:

- *Esiti indagini preliminari* (ERM Gennaio 2011);
- *Relazione Descrittiva delle Attività di Caratterizzazione Integrativa* (ERM, Ottobre 2013).

Oltre a numerosi altri documenti relativi alle altre aree del sito multisocetario, al monitoraggio delle acque sotterranee, alla gestione della barriera idraulica.

L'AdR fa riferimento alle indagini di caratterizzazione eseguite sul sito dalle varie coinsediate; nello specifico dell'area in oggetto, esse sono consistite in:

- esecuzione di 50 sondaggi a carotaggio continuo;
- esecuzione di 5 piezometri a carotaggio;
- realizzazione di 5 trincee esplorative;
- esecuzione di 18 microcarotaggi;
- prelievo di 2-3 campioni di terreno da ogni sondaggio, in contraddittorio con ARPA, per l'analisi dei composti ritenuti rappresentativi del sito (metalli, idrocarburi, fenoli, IPA, composti sito-specifici non normati: formaldeide, pentaeritrite, melamina, esametiltetramina, acetaldeide);
- analisi di un set specifico di campioni per la determinazione dei parametri sito-specifici per l'elaborazione della presente AdR (*pH, FoC, Kd, speciazione idrocarburi*).

Ritenendo quindi conclusa la caratterizzazione ambientale del sito, in questo rapporto vengono definite le *Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)* mediante *Analisi di Rischio* sito specifica (AdR) ai sensi D.Lgs. n° 152/2006 e s.m.i., che costituiranno gli obiettivi di bonifica/messa in sicurezza per il sito.

Nel presente capitolo sono sintetizzati i risultati delle varie fasi di indagini pregresse.

Trattandosi di numerose attività svolte da diversi soggetti dal 2006 ad oggi, verrà qui riportata una sintesi schematica, rimandando per il dettaglio ai documenti finali a suo tempo presentati dalle varie coinsediate.

2.1 INDAGINI DA PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AREE AMI (GIUGNO 2008)

Questa indagine ha avuto per oggetto tutte le aree di proprietà AMI dello stabilimento. Per quanto concerne le zone B e C ovest, queste corrispondono essenzialmente alle aree attualmente di proprietà *Chemisol*.

Nelle zone B e C ovest sono stati realizzati:

- 2 piezometri spinti fino alla profondità di circa 40m da p.c (altri 4 erano pre-esistenti); per ciascuno di essi sono stati prelevati 3 campioni di terreno nell'intervallo 0.2-8m e un campione a 38-40m nel saturo.
- 16 sondaggi uniformemente distribuiti sulle due zone (due di essi in aree attualmente di proprietà Perstorp), spinti fino alla profondità di 8-10m da p.c; per ciascuno di essi sono stati prelevati 3 campioni di terreno: uno superficiale (0.2-1m), uno intermedio (3-4m) e uno profondo (7-8m).
- 18 microcarotaggi (nel parco serbatoi a sud della Zona B, nel parco a nord-est della Zona B, nella sottostazione elettrica e all'interno di due edifici) spinti fino alla profondità di 3-4m da p.c.; per ciascuno di essi sono stati prelevati due campioni di terreno: uno superficiale (0.2-1m), e uno profondo (2-3m).

Nel corso di questa indagine sono stati inoltre prelevati dei campioni per i parametri sito-specifici dell'analisi di rischio (pH, FOC, granulometria e speciazione idrocarburi).

I risultati dei campionamenti effettuati sulla matrice terreno hanno mostrato:

- la conformità per tutti i *metalli* in tutti i punti ad eccezione del *mercurio* nel campione MBH16 (0,4-1,5m), leggermente eccedente il limite Industriale; (il *mercurio* era stato riscontrato non conforme nel campione BH3 (4,5m), appartenente alla campagna di indagini del 2006, precedente alla Caratterizzazione);
- la conformità per gli *idrocarburi* in tutti i punti ad eccezione degli *idrocarburi pesanti* ($C>12$) nel campione MBH12 (0-1m), eccedente il limite Industriale;
- la conformità per tutti gli altri composti normati in tutti i punti; gli *IPA* erano stati riscontrati non conformi nel campione BH1 (4,8 m),

appartenente alla campagna di indagini del 2006, precedente alla Caratterizzazione);

- per quanto concerne i parametri sito-specifici non normati (*formaldeide, pentaeritrite, melamina, esametiltetramina e acetaldeide*) si era evidenziata la non conformità per alcuni parametri, ai valori limite a suo tempo proposti da ISSN⁽¹⁾; confrontando con i valori limite attualmente indicati da ISSN⁽²⁾, si riscontra la conformità per tutti i composti.

2.2

INDAGINI DA PIANO DI CARATTERIZZAZIONE PERSTORP (SETTEMBRE 2009)

Questa indagine ha avuto per oggetto tutte le aree di proprietà *Perstorp* dello stabilimento, essenzialmente localizzate nelle zone B e C ovest; queste corrispondono essenzialmente alle aree attualmente di proprietà *Perstorp*.

Nelle zone B e C ovest sono stati realizzati:

- 5 sondaggi, spinti fino alla profondità di 10-11m da p.c; per ciascuno di essi sono stati prelevati tendenzialmente 3 campioni di terreno: uno superficiale uno intermedio, e uno profondo. 12 sondaggi, fino alla profondità indicativa di 8m da p.c., erano già stati eseguiti nelle fasi di caratterizzazione preliminare.
- 3 trincee (in prossimità della sottostazione elettrica) spinti fino alla profondità di 2-3m da p.c.; per ciascuno di essi sono stati prelevati due campioni di terreno: uno superficiale e uno profondo. 13 microcarotaggi e 3 trincee, fino alla profondità indicativa di 4m da p.c., erano già stati eseguiti nelle fasi di caratterizzazione preliminare.

I risultati dei campionamenti effettuati sulla matrice terreno nelle varie campagne effettuate da *Perstorp* hanno mostrato:

- la conformità per tutti i *metalli* in tutti i punti ad eccezione dell'*arsenico* nel campione TPP4 (0-1m), eccedente il limite Industriale;
- la conformità per gli *IPA* in tutti i punti ad eccezione del campione TPP2bis (0,0-0,4m), eccedente il limite Industriale;
- la conformità per tutti gli altri composti normati in tutti i punti;
- per quanto concerne i parametri sito-specifici non normati (*formaldeide, pentaeritrite, melamina, esametiltetramina e acetaldeide*) si era evidenziata la non conformità per alcuni parametri, ai valori limite a suo tempo proposti da ISSN; confrontando con i valori limite attualmente indicati da ISSN, si riscontra la conformità per tutti i composti ad eccezione della *formaldeide* nei campioni BHP2 (0-11 m), BHP12 (1,5-9 m), BHP13 (4-13 m), BHP14 (8-13 m), BHP26 (0,4-1,5 m), ove è presente con valori tra 2 e 11 mg/kg.

(1) ISS con nota TI.2007 00 – 12904

(2) <http://www.iss.it/site/BancaDatiBonifiche>

2.3

INDAGINI PRELIMINARI CHIMICA POMPONESCO (2010-2013)

Queste indagini hanno avuto per oggetto l'area di proprietà di *Chimica Pomponesco*, localizzata nella Zona B.

Sono stati realizzati:

- 6 sondaggi, di cui 5 spinti fino alla profondità di 8 m e uno fino a 11 m da p.c; per ciascuno di essi sono stati prelevati tendenzialmente 3 campioni di terreno: uno superficiale, uno intermedio, e uno profondo.

I risultati dei campionamenti effettuati sulla matrice terreno nelle varie campagne effettuate da *Chimica Pomponesco* hanno mostrato:

- la conformità per tutti i *metalli* in tutti i punti;
- la conformità per gli *idrocarburi* in tutti i punti ad eccezione degli *idrocarburi pesanti C>12* nei campioni BHCP2 (3-4 m) e BHCP2 (7-8 m), eccedente il limite Industriale;
- la conformità per tutti gli altri composti normati in tutti i punti;
- la conformità, per tutti i parametri sito-specifici non normati (*formaldeide, pentaeritrite, melamina, esametiltetramina e acetaldeide*) ai valori limite attualmente indicati da ISSN, ad eccezione della *formaldeide* nei campioni BHCP2 (8-9 m), BHCP2 (9-10 m), BHCP4 (0,2-1 m), BHCP4 (3-4 m), BHCP4 (7-8 m), BHCP5 (3-4 m), BHCP6 (3-4 m), ove è presente con valori tra 2 e 6 mg/kg.

2.4

SINTESI DEI RISULTATI (AREA DI STUDIO)

La sintesi dei superamenti delle CSC e dei superamenti dei valori ISSN degli oltre 100 campioni analizzati è riportata nella *Figura 2a* (terreno superficiale insaturo tra 0 e 1m da pc) e nella *Figura 2b* (terreno profondo insaturo da 1 m da pc alla tavola d'acqua) in *Allegato A*.

3.1 INTRODUZIONE

Il *Modello Concettuale del Sito (MCS)* ha lo scopo di identificare i collegamenti esistenti tra le sorgenti di contaminazione presenti ed i possibili recettori; incrociando le informazioni inerenti al tipo, grado ed estensione della contaminazione riscontrata con le caratteristiche ambientali della zona, si delinea un quadro delle potenziali sorgenti identificate, dei meccanismi di trasporto, dei percorsi di esposizione attivi e dei recettori presenti.

Il MCS rappresenta dunque la base per lo sviluppo dell'*AdR*; di seguito vengono riportati i principali aspetti relativi alla definizione del MCS in funzione dello scenario considerato nella presente *AdR*:

- geologia e idrogeologia;
- sorgenti di contaminazione;
- contaminanti di interesse;
- percorsi di esposizione;
- potenziali recettori.

Nei paragrafi successivi vengono quindi descritti i principali aspetti relativi alla definizione del MCS.

3.2 GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Sotto l'aspetto stratigrafico il Sito può essere suddiviso in tre livelli omogenei, ai fini della presente *AdR*:

- 0 - 1 m da p.c.: riporto, costituito da ghiaia e sabbia;
- 1 - 35 m: terreno profondo instaurato, costituito da ghiaia e sabbia
- 35 - 60 m da p.c.: terreno saturo e sede dell'acquifero freatico, costituito da alternanze di depositi ghiaioso-sabbiosi prevalenti e locali lenti argillose.

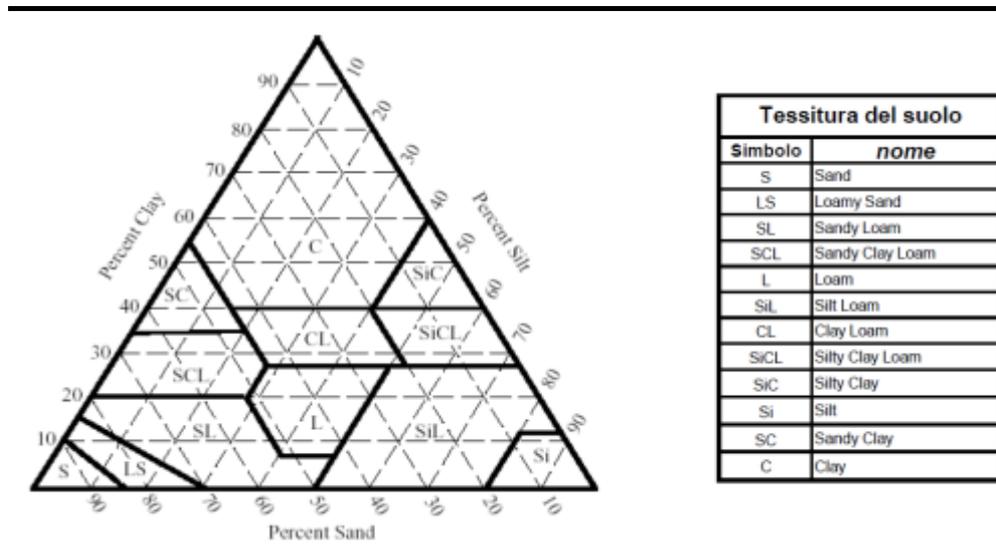
Sulla base delle stratigrafie dei pozzi di stabilimento, a profondità superiori ai 60 m si riscontra la presenza di alternanze di depositi ghiaioso-sabbiosi prevalenti e locali lenti argillose fino a circa 100 m di profondità dal piano campagna.

A profondità superiori ai 100 m da p.c. risultano banchi argillosi di spessore anche di decine di metri alternati a sabbie e ghiaie.

Sulla base delle analisi granulometriche svolte, risulta una percentuale di limo e argilla compresa tra il 5% ed il 20%; sulla base della classificazione del terreno secondo il *Protocollo ISPRA* effettuata utilizzando il diagramma triangolare di *Error! Reference source not found.* ivi contenuto, per identificare

i parametri di ingresso per l'AdR relativi ai terreni superficiali e profondi insaturi è stata selezionata la classe maggiormente cautelativa, ovvero *Sand*.

Figura 3.1 *Diagramma Triangolare della Granulometria - Protocollo ISPRA*



Dal punto di vista idrogeologico si individuano un acquifero freatico, sviluppato entro 100 m da p.c., ed un acquifero profondo a profondità superiori a 100 m da p.c. Anche sulla base degli studi idrogeologici dei comuni di pertinenza, tali due acquiferi risultano idraulicamente separati.

La falda freatica presente al di sotto dei 35 m da p.c. permea i sedimenti alluvionali e scorre per permeabilità primaria (porosità) in direzione Sud Est;

Le stratigrafie dei sondaggi/piezometri realizzati nel corso delle indagini confermano le caratteristiche geologiche e idrogeologiche ricavate dai dati di letteratura, con particolare riguardo alle stratigrafie dei pozzi di stabilimento e dei piezometri precedentemente installati nell'area di studio

La soggiacenza dell'acquifero è generalmente intorno a 30-35 m da p.c. Analizzando i profili freaticometrici, si nota che la superficie piezometrica nell'area di studio evidenzia una direzione di deflusso idrico sotterraneo da NO a SE, con quote prossime a 180 m s.l.m. Il gradiente idraulico medio dell'area di interesse risulta pari a circa 5 ‰.

La conducibilità idraulica dell'acquifero freatico può essere stimata come pari a $2,7 \times 10^{-4}$ m/s, sulla base di prove LeFranc effettuate in Sito.

3.3 *SORGENTI, CONTAMINANTI, PERCORSI DI ESPOSIZIONE E RECETTORI*

3.3.1 *Generalità*

Come descritto nel *Protocollo ISPRA*, le sorgenti secondarie di contaminazione possono trovarsi all'interno dei seguenti comparti/matrici ambientali:

- terreno superficiale insaturo (da 0 a -1 m da p.c.);
- terreno profondo insaturo (da -1 m da p.c. fino alla tavola d'acqua);
- acque sotterranee (zona satura).

Come anticipato la presente *AdR* riguarda esclusivamente la matrice terreno insaturo superficiale e profondo.

La denominazione delle aree sorgente è stata effettuata utilizzando la sigla del punto di indagine non conforme; nel caso di aree sorgente identificate dall'unione di più poligoni di *Thiessen* si è deciso di utilizzare la sigla del punto di indagine prima in ordine alfabetico.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le sorgenti secondarie di contaminazione identificate, i rispettivi contaminanti di interesse, i percorsi di esposizione valutati come attivi ed i bersagli individuati sulla base delle indagini svolte in sito descritte al *capitolo 2*.

Per quanto riguarda i possibili percorsi di esposizione ed i recettori, si ricorda che:

- come richiesto dalla Delibera della Regione Lombardia n°011348 del 10/02/2010, relativamente all'inalazione di vapori in ambienti chiusi, devono essere considerati i possibili recettori residenziali in un raggio di 30 m dalla sorgente; poiché nel caso in oggetto non sono presenti edifici residenziali, tale percorso di esposizione non è stato considerato nella presente *AdR*;
- è stata inoltre cautelativamente considerata la presenza di un recettore residenziale off-site lungo la direzione di provenienza del vento relativamente all'inalazione di vapori in ambienti aperti, in corrispondenza di ogni area sorgente.

In *Allegato A, Figure 3a e 3b* sono riportati i poligoni di *Thiessen* e le aree sorgente identificate nel terreno superficiale e profondo insaturo.

3.3.2 *Terreno Superficiale Insaturo*

Le attività di indagine condotte in sito hanno evidenziato dei superamenti delle CSC (commerciale/industriale) in alcuni campioni prelevati nel terreno superficiale insaturo (compreso tra 0 e 1 m da p.c.) per i composti *idrocarburi pesanti C>12, arsenico, mercurio e IPA*.

Ai fini della presente *AdR* sono state quindi individuate 5 diverse aree sorgente di contaminazione la cui estensione è stata determinata come previsto dalle citate linee guida nazionali, attraverso l'utilizzo dei poligoni di *Thiessen* e dell'"analisi del vicinato" utilizzando i punti di indagine senza eccedenze per delimitare tali aree (in *Allegato A, Figura 3a* è riportata la delimitazione delle aree sorgente identificate).

- *Area MBH12*: tale area di estensione pari a 862 m² è localizzata nella porzione sud del Sito ed è rappresentata dal poligono di *Thiessen* incentrato sul punto di indagine MBH12 che ha evidenziato una eccedenza delle CSC a carico del parametro *idrocarburi pesanti C>12*;
- *Area MBH16*: tale area di estensione pari a 1.265 m² è localizzata nella porzione centrale del Sito ed è rappresentata dal poligono di *Thiessen* incentrato sul punto di indagine MBH16 che ha evidenziato una eccedenza delle CSC a carico del parametro *mercurio*;
- *Area TPP4*: tale area di estensione pari a 595 m² è localizzata nella porzione nord del Sito ed è rappresentata dal poligono di *Thiessen* incentrato sul punto di indagine TPP4 che ha evidenziato una eccedenza delle CSC a carico del parametro *arsenico*;
- *Area TPP2bis*: tale area di estensione pari a 195 m² è localizzata nella porzione nord del Sito ed è rappresentata dal poligono di *Thiessen* incentrato sul punto di indagine TPP2bis che ha evidenziato una eccedenza delle CSC a carico dei parametri *benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, benzo(k)fluorantene e indenopirene*.

Nel seguito vengono descritte nel dettaglio le 5 aree sorgente di contaminazione individuate nel terreno superficiale insaturo (tra 0 e 1 m da p.c.) in relazione ai contaminanti di interesse (Constituent of Concern, CoC), ai percorsi di esposizione ed ai possibili recettori.

Area MBH12

Come anticipato, il contaminante di interesse presente in tale area è rappresentato dagli *idrocarburi pesanti C>12* rilevati in concentrazione pari a 815 mg/kg.

Per l'attribuzione delle frazioni idrocarburiche necessarie all'implementazione dell'*AdR*, è stata utilizzata l'analisi di speciazione condotta sul campione MBH12 (0-1 m).

Sulla base di tale analisi, le concentrazioni rappresentative delle diverse classi idrocarburiche utilizzate nella presente *AdR* per l'Area MBH12 sono:

- *alifatici C19-C36*: 2.185 mg/kg;
- *aromatici C11-C22*: 60 mg/kg;
- *aromatici >C21-35*: 836 mg/kg.

Considerando che i CoC nell'area sorgente sono composti volatili, questi sono i possibili percorsi di esposizione considerati attivi nella presente *AdR* per l'area sorgente MBH12:

- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti chiusi per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore residenziale (residente) esterno al sito lungo la direzione prevalente di provenienza del vento;
- lisciviazione e trasporto in falda della contaminazione.

I percorsi di esposizione diretti relativi all'ingestione di suolo e contatto dermico e all'inalazione di polveri non sono stati considerati attivi in quanto l'area di interesse risulta pavimentata.

Per quanto riguarda la lisciviazione, si ricorda che il bersaglio della potenziale contaminazione per tale percorso è rappresentato dalle acque sotterranee al confine del Sito.

Area MBH16

Come anticipato, il contaminante di interesse presente in tale area è rappresentato dal *mercurio* rilevato in concentrazione pari a 5,51 mg/kg; tale valore, in quanto pari al valore massimo rilevato, è stato quindi utilizzato come concentrazione rappresentativa nella presente *AdR*.

Considerando che il CoC nell'area sorgente è un composto volatile, questi sono i possibili percorsi di esposizione considerati attivi nella presente *AdR* per l'area sorgente MBH16:

- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti chiusi per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore residenziale (residente) esterno al sito lungo la direzione prevalente di provenienza del vento;
- lisciviazione e trasporto in falda della contaminazione.

I percorsi di esposizione diretti relativi all'ingestione di suolo e contatto dermico e all'inalazione di polveri non sono stati considerati attivi in quanto l'area di interesse risulta pavimentata.

Per quanto riguarda la lisciviazione, si ricorda che il bersaglio della potenziale contaminazione per tale percorso è rappresentato dalle acque sotterranee al confine del Sito.

Area TPP4

Come anticipato, il contaminante di interesse presente in tale area è rappresentato dall'*arsenico* rilevato in concentrazione pari a 62,6 mg/kg; tale valore, in quanto pari al valore massimo rilevato, è stato quindi utilizzato come concentrazione rappresentativa nella presente *AdR*.

Considerando che il CoC nell'area sorgente è un composto non volatile, questi sono i possibili percorsi di esposizione considerati attivi nella presente *AdR* per l'area sorgente TPP4:

- ingestione di suolo e contatto dermico per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di polveri outdoor per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- lisciviazione e trasporto in falda della contaminazione.

I percorsi di esposizione diretti relativi all'ingestione di suolo e contatto dermico e all'inalazione di polveri sono stati considerati attivi in quanto l'area di interesse risulta non pavimentata.

Per quanto riguarda la lisciviazione, si ricorda che il bersaglio della potenziale contaminazione per tale percorso è rappresentato dalle acque sotterranee al confine del Sito.

Area TPP2bis

Come anticipato, i contaminanti di interesse presenti in tale area sono rappresentati dagli *IPA*.

Considerando che i CoC nell'area sorgente sono composti volatili, questi sono i possibili percorsi di esposizione considerati attivi nella presente *AdR* per l'area sorgente TPP2bis:

- ingestione di suolo e contatto dermico per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di polveri outdoor per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti chiusi per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore residenziale (residente) esterno al sito lungo la direzione prevalente di provenienza del vento;
- lisciviazione e trasporto in falda della contaminazione.

I percorsi di esposizione diretti relativi all'ingestione di suolo e contatto dermico e all'inalazione di polveri sono stati considerati attivi in quanto l'area di interesse risulta non pavimentata.

Per quanto riguarda la lisciviazione, si ricorda che il bersaglio della potenziale contaminazione per tale percorso è rappresentato dalle acque sotterranee al confine del Sito.

3.3.3 *Terreno Profondo Insaturo*

Le attività di indagine condotte in sito hanno evidenziato dei superamenti delle CSC (commerciale/industriale) in alcuni campioni prelevati nel terreno profondo insaturo (compreso tra 1 m da p.c. e la tavola d'acqua) per i composti *mercurio, idrocarburi pesanti C>12 e IPA*.

Ai fini della presente *AdR* sono state quindi individuate 3 diverse aree sorgente di contaminazione la cui estensione è stata determinata come previsto dalle citate linee guida nazionali, attraverso l'utilizzo dei poligoni di *Thiessen* e l'"analisi del vicinato" utilizzando i punti di indagine senza eccedenze per delimitare tali aree (in *Allegato A, Figura 3b* è riportata la delimitazione delle aree sorgente identificate).

- *Area BH1*: tale area di estensione pari a 730 m² è localizzata nella porzione nord del Sito ed è rappresentata dal poligono di *Thiessen* incentrato sul punto di indagine BH1 che ha evidenziato delle eccedenze delle CSC a carico dei parametri *benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, dibenzo(a,e)pirene, dibenzo(a,h)pirene, dibenzo(a,i)pirene, dibenzo(a,l)pirene e indenopirene*;
- *Area BH3*: tale area di estensione pari a 845 m² è localizzata nella porzione centrale del Sito ed è rappresentata dal poligono di *Thiessen* incentrato sul punto di indagine BH3 che ha evidenziato una eccedenza delle CSC a carico del parametro *mercurio*;
- *Area BHCP2*: tale area di estensione pari a 211 m² è localizzata nella porzione centrale del Sito ed è rappresentata dal poligono di *Thiessen* incentrato sul punto di indagine BHCP2 che ha evidenziato una eccedenza delle CSC a carico del parametro *idrocarburi pesanti C>12*.

Nel seguito vengono descritte nel dettaglio le 3 aree sorgente di contaminazione individuate nel terreno profondo insaturo (tra 1 m da p.c. e la tavola d'acqua) in relazione ai contaminanti di interesse (Constituent of Concern, CoC), ai percorsi di esposizione ed ai possibili recettori.

Area BH1

Come anticipato, i contaminanti di interesse presenti in tale area sono rappresentati dagli *IPA*.

Il tetto della sorgente è stato cautelativamente posto pari a 1 m da p.c. mentre la base è stata posta pari alla semi distanza tra il campione non conforme prelevato a 4,8 m da p.c. ed il successivo campione conforme prelevato a 5,6 m da p.c.. Lo spessore della sorgente di contaminazione BH1 nel terreno profondo insaturo è stato quindi posto pari a 4,2 m (da 1 a 5,2 m da p.c.).

Considerando che i CoC nell'area sorgente sono composti volatili, questi sono i possibili percorsi di esposizione considerati attivi nella presente *AdR* per l'area sorgente BH1:

- ingestione di suolo e contatto dermico per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di polveri outdoor per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti chiusi per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore residenziale (residente) esterno al sito lungo la direzione prevalente di provenienza del vento;
- lisciviazione e trasporto in falda della contaminazione.

I percorsi di esposizione diretti relativi all'ingestione di suolo e contatto dermico e all'inalazione di polveri sono stati considerati attivi in quanto l'area di interesse risulta non pavimentata.

Per quanto riguarda la lisciviazione, si ricorda che il bersaglio della potenziale contaminazione per tale percorso è rappresentato dalle acque sotterranee al confine del Sito.

Area BH3

Come anticipato, il contaminante di interesse presente in tale area è rappresentato dal *mercurio* rilevato in concentrazione pari a 5,29 mg/kg; tale valore, in quanto pari al valore massimo rilevato, è stato quindi utilizzato come concentrazione rappresentativa nella presente *AdR*.

Il tetto della sorgente è stato cautelativamente posto pari alla semi distanza tra il campione non conforme prelevato a 4,5 m da p.c. ed il precedente campione conforme prelevato a 2,9 m da p.c. mentre la base è stata posta pari alla semi distanza tra il campione non conforme prelevato a 4,5 m da p.c. ed il successivo campione conforme prelevato a 9,8 m da p.c.. Lo spessore della sorgente di contaminazione BH3 nel terreno profondo insaturo è stato quindi posto pari a 3,45 m (da 3,7 a 7,15 m da p.c.).

Considerando che il CoC nell'area sorgente è un composto volatile, questi sono i possibili percorsi di esposizione considerati attivi nella presente *AdR* per l'area sorgente MBH16:

- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti chiusi per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;

- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore residenziale (residente) esterno al sito lungo la direzione prevalente di provenienza del vento;
- lisciviazione e trasporto in falda della contaminazione.

I percorsi di esposizione diretti relativi all'ingestione di suolo e contatto dermico e all'inalazione di polveri non sono stati considerati attivi in quanto l'area di interesse risulta pavimentata.

Per quanto riguarda la lisciviazione, si ricorda che il bersaglio della potenziale contaminazione per tale percorso è rappresentato dalle acque sotterranee al confine del Sito.

Area BHCP2

Come anticipato, il contaminante di interesse presente in tale area è rappresentato dagli *idrocarburi pesanti C>12* rilevati in concentrazione pari a 3.080 mg/kg.

Il tetto della sorgente è stato cautelativamente posto pari a 1 m da p.c. mentre la base è stata posta pari alla quota della base dell'ultimo campione non conforme (prelevato tra 7 e 8 m da p.c.) in quanto coincidente con la quota del tetto del primo campione conforme (prelevato tra 8 e 9 m da p.c.). Lo spessore della sorgente di contaminazione BHCP2 nel terreno profondo insaturo è stato quindi posto pari a 7 m (da 1 a 8 m da p.c.).

Per l'attribuzione delle frazioni idrocarburiche necessarie all'implementazione dell'*AdR*, è stata utilizzata l'analisi di speciazione condotta sul campione BHCP2 (7-8 m).

Sulla base di tale analisi, le concentrazioni rappresentative delle diverse classi idrocarburiche utilizzate nella presente *AdR* per l'Area BHCP2 sono:

- *alifatici C9-C18*: 20 mg/kg;
- *alifatici C19-C36*: 2.830 mg/kg;
- *aromatici C11-C22*: 230 mg/kg.

Considerando che i CoC nell'area sorgente sono composti volatili, questi sono i possibili percorsi di esposizione considerati attivi nella presente *AdR* per l'area sorgente BHCP2:

- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti chiusi per un recettore commerciale/industriale (lavoratore) in sito;
- inalazione di vapori in ambienti aperti per un recettore residenziale (residente) esterno al sito lungo la direzione prevalente di provenienza del vento;
- lisciviazione e trasporto in falda della contaminazione.

I percorsi di esposizione diretti relativi all'ingestione di suolo e contatto dermico e all'inalazione di polveri non sono stati considerati attivi in quanto l'area di interesse risulta pavimentata.

Per quanto riguarda la lisciviazione, si ricorda che il bersaglio della potenziale contaminazione per tale percorso è rappresentato dalle acque sotterranee al confine del Sito.

3.4 SINTESI DEL MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO DEL SITO

Nelle seguenti tabelle è riportata una sintesi del modello concettuale suddiviso per sorgenti secondarie di contaminazione.

Tabella 3.1 Sorgenti di Contaminazione - Terreno Superficiale Insaturo

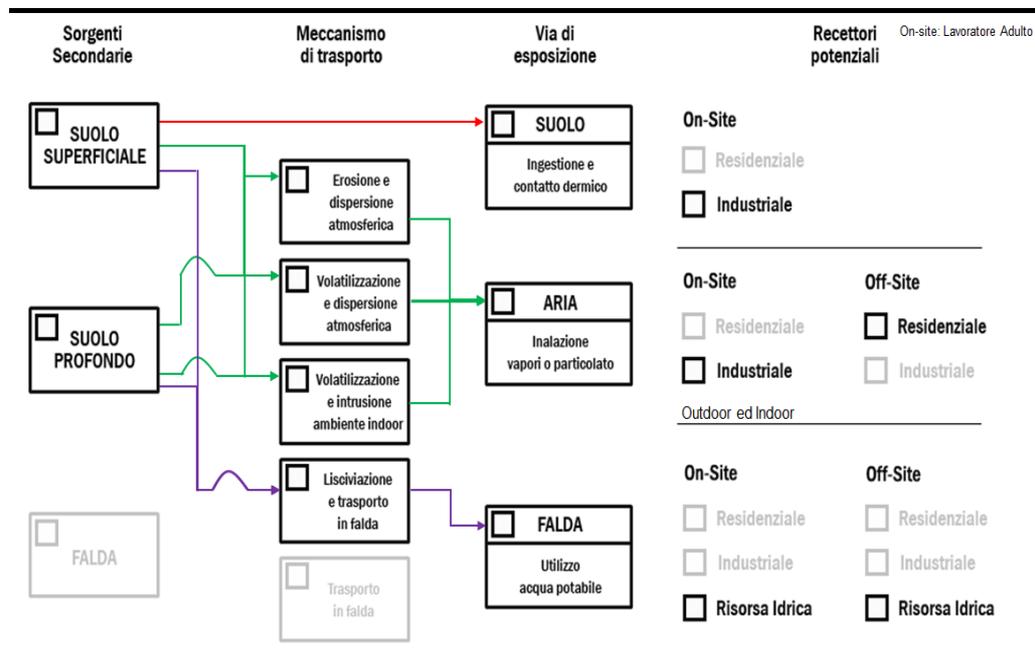
Area	Contaminanti di Interesse	Percorsi di Esposizione	Recettori
MBH12	idroc. C>12 (815 mg/kg)	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee
MBH16	mercurio (5,51 mg/kg)	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee
TPP4	arsenico (62,6 mg/kg)	- ingestione e contatto dermico	- lavoratore on-site
		- inalazione polveri outdoor	- lavoratore on-site
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee
TPP2bis	benzo(a)antracene benzo(a)pirene benzo(b)fluorantene benzo(g,h,i)perilene benzo(k)fluorantene indenopirene	- ingestione e contatto dermico	- lavoratore on-site
		- inal. polveri e vapori outdoor	- lavoratore on-site
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee

Tabella 3.2 Sorgenti di Contaminazione - Terreno Profondo Insaturo

Area (spessore)	Contaminanti di Interesse	Percorsi di Esposizione	Recettori		
BH1 (da 1 a 5,2 m)	benzo(a)antracene benzo(a)pirene benzo(b)fluorantene benzo(g,h,i)perilene dibenzo(a,e)pirene dibenzo(a,h)pirene dibenzo(a,i)pirene dibenzo(a,l)pirene indenopirene	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site		
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site		
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site		
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee		
		BH3 (da 3,7 a 7,15 m)	mercurio (5,29 mg/kg)	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site
				- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site
				- inal. vapori outdoor	- residente off-site
- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee				
BHCP2 (da 1 a 8 m)	idroc. C>12 (3.080 mg/kg)	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site		
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site		
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site		
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee		

La *Figura 3.2* rappresenta graficamente il *Modello Concettuale Definitivo del Sito* considerato per l'AdR, così come descritto in precedenza che, viene parametrizzato nel *capitolo 5* tramite i dati sito-specifici disponibili.

Figura 3.2 *Modello Concettuale Definitivo del Sito*



4.1 PROCEDIMENTO GENERALE

La normativa italiana con il D.Lgs. 152/06 e s.m.i. inquadra l'analisi di rischio come "strumento necessario a stabilire i valori delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), il cui superamento richiede la messa in sicurezza e la bonifica"; nello specifico, la costruzione del modello concettuale è stata sviluppata considerando lo scenario attuale del sito, ovvero per una destinazione d'uso commerciale/industriale e la presenza di lavoratori sul sito.

L'AdR si è quindi sviluppata applicando il seguente procedimento:

- costruzione del modello concettuale ai fini dell'AdR: sulla base dei risultati delle indagini ambientali svolte si è proceduto alla ricostruzione dei caratteri delle seguenti tre componenti principali dell'AdR ovvero:
 - le aree sorgenti di contaminazione,
 - i contaminanti di interesse, ovvero i composti ritrovati in concentrazioni superiori alle CSC – Concentrazioni Soglia di Contaminazione – ex D.lgs.n° 152/06 e s.m.i. (tale approccio deriva dal Protocollo ISPRA: "...per sorgente secondaria di contaminazione si intende il volume di suolo o sottosuolo interessato dalla presenza di contaminanti in concentrazione superiore ai valori di riferimento indicati dalla normativa vigente, in funzione della destinazione d'uso del sito...") e le relative concentrazioni rappresentative, e
 - le modalità di trasporto ed i bersagli o recettori di tale contaminazione;
- impostazione di modelli *Fate & Transport* che permettono di calcolare la concentrazione di contaminante che entra in contatto con i recettori;
- calcolo dei valori di rischio (modalità diretta o *forward*): sulla base delle concentrazioni dei contaminanti di interesse, dei parametri di esposizione standard, dei valori tossicologici e dei dati sito-specifici vengono calcolati i valori di rischio cancerogeno e non cancerogeno per i recettori umani;
- calcolo dei valori di CSR – Concentrazioni Soglia di Rischio – ex D.lgs.n° 152/06 e s.m.i. (modalità inversa o *backward*) per i contaminanti di interesse sulla base dei valori di rischio accettabile, dei parametri di esposizione standard, dei valori tossicologici e dei dati sito-specifici;
- confronto tra le CSR e le concentrazioni ritrovate in sito rappresentative delle sorgenti di contaminazione al fine di verificare la necessità o meno di procedere ad attività di bonifica e/o di messa in sicurezza permanente.

4.2 VALORI DI RISCHIO CANCEROGENO E NON CANCEROGENO ACCETTABILI

Il rischio per la salute umana viene suddiviso in rischio non cancerogeno e rischio cancerogeno; per i composti che esibiscono tossicità di tipo non cancerogeno, il confronto tra la dose media giornaliera assunta (*Average Daily Intake, ADI*) e la dose ritenuta in grado di non determinare danno per la salute umana (*TDI = Tolerable Daily Intake*, identificata con la *Reference Dose, RfD*),

consente di valutare se il rischio per i recettori umani sia da considerarsi “accettabile” ($ADI < TDI$) o “inaccettabile” ($ADI > TDI$).

Tale valutazione è pertanto effettuata mediante il calcolo del Quoziente di Rischio o *Hazard Quotient* (HQ):

$$HQ = \frac{ADI}{RfD}$$

Si considera accettabile il rischio associato all'esposizione ad un dato contaminante quando HQ assume valori inferiori o uguali a 1, sia per un recettore che trascorre l'intero periodo di esposizione in ambiente indoor che per un recettore che trascorre l'intero periodo di esposizione in ambiente outdoor; si considera altresì accettabile il rischio associato all'esposizione di più contaminanti quando anche HI (*Hazard Index*), calcolato come somma degli HQ relativi ai singoli contaminanti, assume valori inferiori o uguali a 1.

Per i composti che esibiscono tossicità di tipo cancerogeno il rischio (R) è rappresentato dalla stima probabilistica di insorgenza di forme tumorali nel corso della vita ed è espresso dalla seguente formula:

$$R = ADI * SF$$

dove SF (*Slope Factor*) espresso in $(\text{mg}/\text{kg di peso corporeo} \times \text{giorno})^{-1}$ rappresenta il coefficiente angolare della retta che interpola, per basse dosi, i risultati dei test sperimentali per determinare le relazioni dose-risposta.

Sulla base di quanto disposto dal *Protocollo ISPRA* e dal *D.Lgs. n° 152/06* e s.m.i. si considera accettabile il rischio incrementale cancerogeno quando R assume valori inferiori o uguali a $1 \cdot 10^{-6}$ per gli effetti derivanti dall'esposizione ad un singolo agente cancerogeno e quando il rischio cancerogeno cumulato R_{tot} , calcolato come somma dei rischi incrementali ottenuti per ogni singolo composto, è inferiore a $1 \cdot 10^{-5}$.

In sintesi, nel presente lavoro i criteri di accettabilità utilizzati sono i seguenti:

- $HQ = 1$;
- $HI = 1$;
- $R = 1 \cdot 10^{-6}$;
- $R_{tot} = 1 \cdot 10^{-5}$.

4.3

VALORE DI RISCHIO ACCETTABILE PER LE ACQUE SOTTERRANEE

Nel caso del trasporto di contaminazione nelle acque sotterranee, in accordo con il *D.Lgs. n° 152/06* e s.m.i., il rischio viene definito accettabile o meno sulla base delle concentrazioni presenti al “punto di conformità” (*POC*), così definito: “...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...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. Valori superiori possono essere ammissibili solo in caso di fondo naturale più elevato o di modifiche allo stato originario dovute all'inquinamento diffuso, ove accertati o validati dalla Autorità pubblica competente, o in caso di specifici minori obiettivi di qualità per il corpo idrico sotterraneo o per altri corpi idrici recettori, ove stabiliti e indicati dall' Autorità pubblica competente, comunque compatibilmente con l'assenza di rischio igienico-sanitario per eventuali altri recettori a valle. A monte idrogeologico del punto di conformità così determinato e comunque limitatamente alle aree interne del sito in considerazione, la concentrazione dei contaminanti può risultare maggiore della CSR così determinata, purché compatibile con il rispetto della CSC al punto di conformità nonché compatibile con l'analisi del rischio igienico sanitario per ogni altro possibile recettore nell'area stessa...".

Nel caso specifico, per quanto riguarda il percorso di esposizione relativo alla lisciviazione da terreno superficiale e profondo insaturo, il POC è stato identificato con il confine di Sito lungo la direzione di deflusso della falda.

5.1 SINTESI

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i valori attribuiti ai principali parametri d'ingresso necessari per caratterizzare ai fini dell'AdR le sorgenti di contaminazione individuate, i percorsi di esposizione attivi ed i potenziali recettori; inoltre vengono riportate le principali assunzioni adottate per la determinazione e definizione di tali parametri.

5.2 PARAMETRI DI ESPOSIZIONE

Nella seguente *Figura 5.1* vengono riportati i valori attribuiti ai parametri di esposizione relativi ad un recettore in sito di tipo commerciale/industriale relativamente al percorso di esposizione "inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor" e ad un recettore esterno di tipo residenziale relativamente al percorso di esposizione "inalazione di vapori in ambiente outdoor".

Figura 5.1 Parametri di Esposizione

Parametri di esposizione	Simbolo	Unità di misura	Residenziale (o Ricreativo)		Industriale	Residenziale (o Ricreativo)		Industriale
			Adulto	Bambino	Adulto	Adulto	Bambino	Adulto
Fattori comuni			On-Site			Off-Site		
Peso corporeo	BW	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	giorni/anno	350	350	250	350	350	250
Ingestione di suolo								
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
Contatto dermico con suolo								
Superficie di pelle esposta	SA	cm ²	5700,0	2800,0	3300,0	NA	NA	NA
Fattore di aderenza dermica del suolo	AF	mg/cm ² /giorno	0,07	0,20	0,20	NA	NA	NA
Inalazione di aria outdoor								
Frequenza giornaliera di esposizione	EFgo	ore/giorno	24	24	8	24	24	8
Inalazione outdoor (a)/(b)	Bo	m ³ /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		
Inalazione di aria Indoor								
Frequenza giornaliera di esposizione	EFgi	ore/giorno	24	24	8	24	24	8
Inalazione indoor (b)	Bi	m ³ /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		
Ingestione di acqua potabile								
Tasso di ingestione di acqua	IRw	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.

(b) Per l'ambito commerciale/industriale si suggerisce di utilizzare nel caso di dura attività fisica un valore pari a 2,5 m³/ora e da utilizzare mentre, nel caso di attività moderata e sedentaria è più opportuno utilizzare un valore rispettivamente pari a 1,5 e 0,9 m³/ora.

I parametri di esposizione sono quelli attribuiti dal *Protocollo ISPRA* ad un recettore "on-site" di tipo commerciale/industriale e "off-site" di tipo residenziale (di tipo "adjusted" per gli effetti cancerogeni e di tipo "bambino" per gli effetti non cancerogeni).

Si anticipa che, in conformità alla delibera della Regione Lombardia n° 11348 del 10 febbraio 2010, relativamente all'inalazione di vapori in ambienti chiusi non sono presenti recettori residenziali in un raggio di 30 m dalle sorgenti di contaminazione individuate.

5.3.1

Generalità

I modelli di trasporto richiedono una descrizione delle caratteristiche delle matrici ambientali contaminate e dei comparti all'interno dei quali avviene il trasporto dei contaminanti dalla sorgente al recettore; per lo svolgimento dell'AdR sono stati attribuiti ai diversi parametri che caratterizzano le matrici ambientali, dei valori sito-specifici, quando disponibili, o in alternativa dei valori di *default*, suggeriti dai protocolli di riferimento: l'utilizzo di questi ultimi, opportunamente cautelativi, è previsto dalla procedura di AdR.

Nella seguente *Tabella 5.1* vengono elencati i parametri utilizzati per il calcolo degli obiettivi di bonifica sito-specifici; nei paragrafi successivi sono dettagliati i procedimenti utilizzati per ricavare tali parametri.

Tabella 5.1 Parametri di Ingresso dell'AdR

parametro	valore	note
zona insatura		
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c. (m) per tutte le aree sorgente identificate	0	Protocollo ISPRA
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo (m) per tutte le aree sorgente identificate	1	Protocollo ISPRA
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c. (m) - Area BH1	1	Sito Specifico
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo (m) - Area BH1	4,2	Sito Specifico
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c. (m) - Area BH3	3,7	Sito Specifico
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo (m) - Area BH3	3,45	Sito Specifico
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c. (m) - Area BHCP2	1	Sito Specifico
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo (m) - Area BHCP2	7	Sito Specifico
Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale (g-C/g-suolo)	0,000141	Sito Specifico
Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo (g-C/g-suolo)	0,0000894	Sito Specifico
pH	6,8	Protocollo ISPRA
Densità secca nel terreno superficiale e profondo insaturo (g/cm ³)	1,7	Protocollo ISPRA*
Porosità efficace del suolo (ad.) - classe "Sand"	0,385	Protocollo ISPRA*
Contenuto d'acqua nel suolo (ad.) - classe "Sand"	0,068	Protocollo ISPRA*
Contenuto d'aria nel suolo (ad.) - classe "Sand"	0,317	Protocollo ISPRA*
Piovosità (cm/anno)	144,12	Sito Specifico
Frazione areale di fratture outdoor (adim.) - aree pavimentate	0,1	Protocollo ISPRA
Infiltrazione efficace (cm/anno)	3,74	Protocollo ISPRA
Frazione areale di fratture outdoor (adim.) - aree non pavimentate	1	Protocollo ISPRA
Infiltrazione efficace (cm/anno)	37,4	Protocollo ISPRA
zona Saturata		
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area MBH12	33,2	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area MBH12	38,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area MBH16	45,4	Sito Specifico

parametro	valore	note
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area MBH16	27,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area TPP4	23,2	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area TPP4	19,6	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area TPP2bis	16,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m) - terreno superficiale, Area TPP2bis	16,9	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m) - terreno profondo, Area BH1	32,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m) - terreno profondo, Area BH1	33,6	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m) - terreno profondo, Area BH3	35,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m) - terreno profondo, Area BH3	36,5	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda (m) - terreno profondo, Area BHCP2	18	Sito Specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda (m) - terreno profondo, Area BHCP2	15	Sito Specifico
Profondità del piano di falda (m da p.c.)	30	Sito Specifico
Spessore dell'acquifero (m)	70	Sito Specifico
Conducibilità idraulica del terreno saturo (m/s)	$2,70 \times 10^{-4}$	Sito Specifico
Gradiente Idraulico (adim.)	0.0058	Sito Specifico
Distanza sorgente - POC, terreno superficiale, Area MBH12 (m)	0	Sito Specifico
Distanza sorgente - POC, terreno superficiale, Area MBH16 (m)	156,9	Sito Specifico
Distanza sorgente - POC, terreno superficiale, Area TPP4 (m)	50,9	Sito Specifico
Distanza sorgente - POC, terreno superficiale, Area TPP2bis (m)	100	Sito Specifico
Distanza sorgente - POC, terreno profondo, Area BH1 (m)	298,3	Sito Specifico
Distanza sorgente - POC, terreno profondo, Area BH3 (m)	99	Sito Specifico
Distanza sorgente - POC, terreno profondo, Area BHCP2 (m)	109,5	Sito Specifico
ambiente outdoor		
Altezza della zona di miscelazione (m)	2	Protocollo ISPRA
Estensione della sorgente, nella direzione del vento (m), terreno superficiale, Area MBH12	38,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione ortogonale al vento (m), terreno superficiale, Area MBH12	33,2	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione del vento (m), terreno superficiale, Area MBH16	27,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione ortogonale al vento (m), terreno superficiale, Area MBH16	45,4	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione del vento (m), terreno profondo, Area TPP4	16,9	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione ortogonale al vento (m), terreno profondo, Area TPP4	23,2	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione del vento (m), terreno profondo, Area TPP2bis	16,9	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione ortogonale al vento (m), terreno profondo, Area TPP2bis	16,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione del vento (m), terreno profondo, Area BH1	33,6	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione ortogonale al vento (m), terreno profondo, Area BH1	32,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione del vento (m), terreno profondo, Area BH3	36,5	Sito Specifico

parametro	valore	note
Estensione della sorgente, nella direzione ortogonale al vento (m), terreno profondo, Area BH3	35,3	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione del vento (m), terreno profondo, Area BHCP2	15	Sito Specifico
Estensione della sorgente, nella direzione ortogonale al vento (m), terreno profondo, Area BHCP2	18	Sito Specifico
Direzione di provenienza del vento	NE	Sito Specifico
Distanza sorgente - recettore residenziale off-site (m), terreno superficiale, Area MBH12	400	Sito Specifico
Distanza sorgente - recettore residenziale off-site (m), terreno superficiale, Area MBH16	500	Sito Specifico
Distanza sorgente - recettore residenziale off-site (m), terreno superficiale, Area BH1	500	Sito Specifico
Distanza sorgente - recettore residenziale off-site (m), terreno superficiale, Area TPP2bis	300	Sito Specifico
Distanza sorgente - recettore residenziale off-site (m), terreno profondo, Area BH1	500	Sito Specifico
Distanza sorgente - recettore residenziale off-site (m), terreno profondo, Area BH3	500	Sito Specifico
Distanza sorgente - recettore residenziale off-site (m), terreno profondo, Area BHCP2	600	Sito Specifico
ambiente indoor		
Profondità delle fondazioni (cm)	15	Protocollo ISPRA
Spessore delle fondazioni (cm)	15	Protocollo ISPRA
Frazione areale di fratture (cm ² /cm ²)	0,01	Protocollo ISPRA
Rapporto tra volume degli edifici e area di infiltrazione (m) - terreno superficiale Area MBH12	3,0	Sito Specifico
Rapporto tra volume degli edifici e area di infiltrazione (m) - terreno superficiale Area MBH16	3,0	Sito Specifico
Rapporto tra volume degli edifici e area di infiltrazione (m) - terreno profondo Area BH1	18,7	Sito Specifico
Rapporto tra volume degli edifici e area di infiltrazione (m) - terreno superficiale Area TPP2bis	18,7	Sito Specifico
Rapporto tra volume degli edifici e area di infiltrazione (m) - terreno profondo Area BH3	3,0	Sito Specifico
Rapporto tra volume degli edifici e area di infiltrazione (m) - terreno profondo Area BHCP2	3,0	Sito Specifico
Contenuto d'aria nelle fratture (ad.)	0,26	Protocollo ISPRA
Contenuto d'acqua nelle fratture (ad.)	0,12	Protocollo ISPRA
Tasso di ricambio d'aria (1/s) uso commerciale/industriale	2,3 × 10 ⁻⁴	Protocollo ISPRA

*: l'attribuzione della classe granulometrica è stata effettuata sulla base dei dati sito specifici ricavati dalle analisi granulometriche

Nelle allegate *Figure 3a e 3b* sono riportate le caratteristiche geometriche delle aree sorgente di contaminazione, mentre in *Allegato C* sono riportate le schermate riepilogative dei parametri di ingresso dell'applicativo utilizzato.

5.3.2

Zona Insatura

Sulla base dei risultati delle analisi granulometriche e della successione stratigrafica locale (riportate al *paragrafo 3.2*), ai fini dell'*AdR* il terreno superficiale e profondo insaturo è stato considerato appartenente alla classe tessiturale *Sand*; lo spessore delle sorgenti nel terreno profondo insaturo sono invece descritti al *paragrafo 3.3.3*.

Il valore attribuito al parametro *frazione di carbonio organico* nel terreno superficiale ed in quello profondo insaturo è stato posto pari al valore minimo rilevato sulla base dei risultati dell'analisi di sensibilità presente nel *Protocollo ISPRA (Appendice N, Tabella N9)*, secondo i quali l'adozione di un valore basso del parametro in esame si traduce nella massima conservatività.

Il valore del parametro *pH* nei terreni insaturi è stato posto pari al valore di default (6,8) proposto nel protocollo *ISPRA*; i dati sito-specifici non sono stati utilizzati in quanto non funzionali alla caratterizzazione dei composti d'interesse e dei percorsi d'esposizione considerati attivi.

Il valore attribuito al parametro *densità secca* è quello di default suggerito dal *Protocollo ISPRA* anche in ragione dell'analisi di sensitività condotta da *ISPRA* (Appendice N, Tabella N8) che ne riporta un livello di sensitività "basso".

Il valore dei parametri *contenuto volumetrico d'acqua e d'aria nel suolo e porosità efficace* sono quelli definiti nel *Protocollo ISPRA* per un terreno di tipo "Sand", selezionato per rappresentare il terreno insaturo del sito in base alle analisi granulometriche effettuate (vedi *paragrafo 3.2*).

Il valore del parametro *piovosità (cm/anno)* è stato determinato sulla base dei dati meteo rilevati dalla centralina ARPA di Busto Arsizio in via Magenta (dati disponibili sul sito web Arpa Lombardia - http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp#): i dati grezzi utilizzati si riferiscono ai valori cumulati in mm/anno relativi al periodo 2003 - 2013.

Tabella 5.2 *Precipitazioni Cumulate (mm/anno) - Stazione di Busto Arsizio Via Magenta*

Anno	Precipitazioni Cumulate (mm)
2003	670
2004	870,2
2005	636,8
2006	847
2007	677,2
2008	1.280,2
2009	945,4
2010	1441,2
2011	744,6
2012	909,4
2013	952
Valore massimo rilevato	1441,2

E' stato quindi selezionato il valore massimo, pari a 1.441,2 mm/anno, sulla base dei risultati dell'analisi di sensibilità presente nel *Protocollo ISPRA* (Appendice N, Tabella N37), secondo i quali l'adozione del valore massimo del parametro in esame si traduce nella massima conservatività; utilizzando la formula riportata nel *Protocollo ISPRA* a pag. 64, relativamente ad una tessitura di tipo "Sand" è stato possibile calcolare il valore di *infiltrazione efficace*:

$$I_{ef} = 0,0018 \times P^2$$

Dove P rappresenta il valore di precipitazione media annua in cm/anno precedentemente selezionato.

Per quanto riguarda le aree sorgente di contaminazione pavimentate, in accordo con il *Protocollo ISPRA*, il valore di infiltrazione efficace è stato moltiplicato per la *frazione areale di fratture outdoor* (pari a 0,1) ottenendo così un valore di I_{ef} pari a 3,74 cm/anno.

Mentre per quanto riguarda le aree sorgente di contaminazione non pavimentate, in accordo con il *Protocollo ISPRA*, il valore di infiltrazione efficace è stato moltiplicato per la *frazione areale di fratture outdoor* (pari a 1) ottenendo così un valore di I_{ef} pari a 37,4 cm/anno.

5.3.3 *Zona Saturata*

I valori dei parametri *estensione della sorgente nella direzione del flusso ed ortogonale al flusso di falda* sono stati determinati considerando una direzione del deflusso della falda verso Sud-Est (come riportato nei paragrafi precedenti) e sono riportati in *Allegato A, Figura 3a e 3b*.

Il valore del parametro *profondità del piano di falda*, è stato posto pari al valore utilizzato nel Progetto di MISO del Febbraio 2009 ovvero pari a 30 m da p.c..

Il valore del parametro *spessore dell'acquifero* rappresenta la distanza tra la quota piezometrica e la quota dello strato impermeabile alla base dell'acquifero. Sulla base dei dati bibliografici disponibili relativi all'assetto idrogeologico della zona di interesse la quota dello strato impermeabile si trova a circa 100 m da p.c., mentre la quota piezometrica, come sopra descritto è stata posta pari a 30 m da p.c.. Lo spessore dell'acquifero è stato quindi così calcolato e posto pari a 70 m.

Il valore del parametro *conducibilità idraulica nel terreno saturo* è stato posto pari al valore utilizzato nel Progetto di MISO del Febbraio 2009 ovvero pari a $2,7 \times 10^{-4}$ m/s.

Il valore del parametro *gradiente idraulico* è stato posto pari al valore utilizzato nel Progetto di MISO del Febbraio 2009, ovvero pari a 0,0058 %.

Il valore del parametro *distanza sorgente - POC* è stato determinato in funzione della geometria delle aree sorgente nel terreno superficiale e profondo insaturo e della direzione del flusso di falda pari a Sud-Est. In *Allegato A, Figure 3a e 3b* sono riportati i valori in (m) di tale parametro.

5.3.4 *Ambiente Outdoor*

Il valore del parametro *"altezza della zona di miscelazione in aria"* in accordo con il *Protocollo ISPRA* è stato posto pari al valore di default di 2 m; questo parametro rappresenta lo spessore di aria, valutato da piano campagna, nel quale avviene la miscelazione dei contaminanti.

I valori attribuiti ai parametri *lunghezza della sorgente parallelamente alla direzione del vento*, *larghezza della sorgente perpendicolarmente alla direzione del vento* sono riportati nelle allegate *Figure 3a e 3b*.

Il valore dei parametri *velocità media del vento* e *direzione principale del vento* derivano dall'elaborazione dei dati meteo rilevati dalla centralina di Busto Arsizio in Via Magenta disponibili sul sito SCIA dell'ISPRA (dati disponibili sul sito web http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp#) : i dati grezzi utilizzati si riferiscono ai valori di velocità media annua e direzione del vento relativi al periodo 2003- 2013.

Tabella 5.3 *Velocità del Vento 2003 - 2013, Centralina di Busto Arsizio in Via Magenta (m/s)*

anno	velocità del vento
2003	0,90
2004	0,95
2005	1,17
2006	1,14
2007	1,10
2008	1,08
2009	1,12
2010	1,14
2011	1,07
2012	1,07
2013	1,07

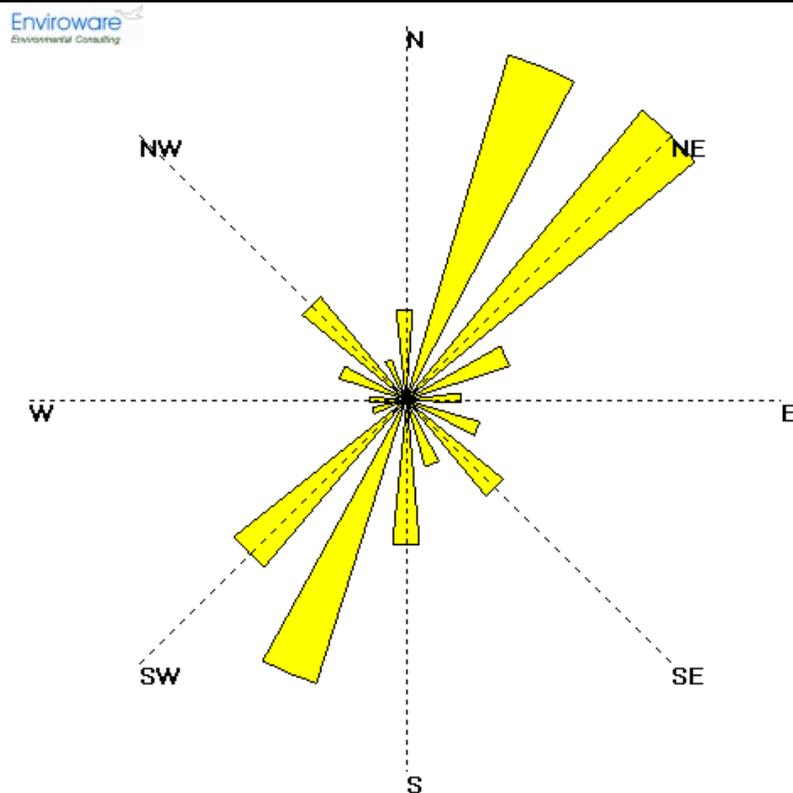
E' stato quindi selezionato il valore minimo, pari a 0,90 m/s, sulla base dei risultati dell'analisi di sensibilità presente nel *Protocollo ISPRA (Appendice N, Tabella N9)*, secondo i quali l'adozione di un valore basso del parametro in esame si traduce nella massima conservatività.

Siccome il dato della centralina è riferito ad un'altezza dal suolo pari a 12 m (come comunicato da SCIA), il valore precedentemente calcolato è stato riportato a 2 m di altezza dal suolo utilizzando la formula indicata nel *Protocollo ISPRA* (vedi pag. 74, rif. 3.2.14.), considerando per la determinazione del parametro p , la classe atmosferica D (che rappresenta la neutralità del grado di stabilità atmosferica) ed un suolo di tipo urbano.

$$U_{air}(z_1)/U_{air}(z_2) = (z_1/z_2)^p$$

A valle di questa operazione il valore di velocità media del vento risulta pari a 0,57 m/s; in *Figura 5.2* è riportata la rosa dei venti elaborata da cui si osserva che la direzione principale di provenienza del vento è Nord-Est.

Figura 5.2 Rosa dei Venti, Stazione di Busto Arsizio Via Magenta



Il valore del parametro “*distanza sorgente – recettore off-site*” è stata posta, per ogni area sorgente, pari alla distanza lungo la direzione del vento tra l’area sorgente ed il primo recettore residenziale off-site.

5.3.5 *Ambiente Indoor*

Il valore dei parametri *profondità delle fondazioni e spessore delle fondazioni* è stato posto pari al valore di default proposto dal *Protocollo ISPRA* pari a 15 cm in quanto più cautelativo (si veda quanto riportato in *Appendice N al Protocollo ISPRA*), relativamente ai percorsi di esposizione selezionati.

Il valore attribuito al parametro *frazione areale di fratture* è quello proposto dal *Protocollo ISPRA* (in quanto non è disponibile un dato sito-specifico).

Il valore del parametro “*rapporto tra area di infiltrazione e volume degli edifici*” rappresenta, in conformità al *Protocollo ISPRA*, il rapporto tra l’area di un locale indoor soggetta ad infiltrazione di vapori ed il volume del locale; in particolare nel caso di un locale fuori terra questo rapporto coincide con l’altezza del locale stesso mentre nel caso di locali interrati o semi-interrati anche le pareti laterali del locale dovranno essere considerate nel calcolo di tale rapporto. Nel caso in esame in funzione dell’area di contaminazione in oggetto è stato individuato il locale indoor più vicino ed in funzione delle sue caratteristiche geometriche (sulla base delle informazioni fornite dal Sito) è stato calcolato il valore di tale rapporto.

In particolare:

- per l'area sorgente nel terreno superficiale MBH12 e nel terreno profondo BH3 è stato individuato l'edificio indoor più vicino nella Cabina Comando Melamina (*Chemisol*); tale fabbricato non presenta locali interrati ed il valore del parametro in oggetto è pari a 3;
- per l'area sorgente nel terreno superficiale MBH16 e nel terreno profondo BHCP2 è stato individuato l'edificio indoor più vicino nel Fabbricato Melamina (*Chemisol*); tale fabbricato non presenta locali interrati ed il valore del parametro in oggetto è pari a 3;
- per l'area sorgente nel terreno profondo BH1 e l'area sorgente nel terreno superficiale TPP2bis è stato individuato il locale indoor più vicino nel fabbricato compressori (*Chemisol*); tale fabbricato non presenta locali interrati ed il valore di tale parametro è pari a 18,7.

In *Allegato B* al presente documento sono riportati i dati degli edifici forniti dal Sito.

5.4 *PARAMETRI CHIMICO-FISICI E TOSSICOLOGICI DEI CONTAMINANTI DI INTERESSE*

I parametri chimico-fisici e tossicologici dei contaminanti di interesse sono tratti dalla banca dati *ISS-ISPEL* (aggiornamento novembre 2013¹); in *Allegato C* sono riportate le schermate dell'applicativo utilizzato relative al database delle sostanze utilizzate con i relativi parametri.

La speciazione degli idrocarburi nei terreni è stata effettuata secondo la classificazione MADEP; mentre per quanto riguarda i metalli rilevati in concentrazioni eccedenti le CSC sono stati utilizzati i valori di *Kd* in funzione dei valori sito-specifici disponibili di *pH*, secondo la tabella 7 a pagina 12 del "*Documento di Supporto alla Banca Dati ISS-INAIL, Novembre 2013*".

(¹)<http://www.iss.it/iasa/?lang=1&tipo=40>

6.1 SINTESI DELLE ASSUNZIONI

Nel presente capitolo vengono descritti i risultati ottenuti, in termini di obiettivi di bonifica (*Concentrazioni Soglia di Rischio, CSR*), per i soli terreni superficiali e profondi insaturi del sito, sulla base del modello concettuale definitivo e dei parametri descritti rispettivamente ai *capitoli 3 e 4*; l'*AdR* per lo stabilimento multisocietario di Castellanza (Zona B e C Ovest) è stata elaborata sulla base delle seguenti assunzioni:

- utilizzo del sito commerciale/industriale come riferimento per le concentrazioni nel terreno;
- è stata cautelativamente considerata la presenza di un recettore esterno residenziale lungo la direzione del vento.

I percorsi di esposizione considerati nella presente *AdR* relativamente alle eccedenze delle CSC nei terreni insaturi sono riassunti al *capitolo 3, paragrafo 3.4*.

6.2 VALORI DI RISCHIO CALCOLATI

6.2.1 Terreno Superficiale Insaturo

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori di rischio generati dai contaminanti di interesse delle aree sorgente di contaminazione individuate nel terreno superficiale insaturo (tra 0 e 1 m da p.c.).

Area MBH12

Le *tabelle 6.3 e 6.4* riportano i valori di rischio generati dai contaminanti di interesse presenti nell'area in esame, considerando come percorsi di esposizione attivi l'*inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor* per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'*inalazione di vapori in ambiente outdoor* per un recettore residenziale fuori dal sito e la *lisciviazione e trasporto in falda*, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al *paragrafo 6.1*.

Tabella 6.1 Valori di Rischio per la Salute Umana – Area MBH12

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)	esposizione indoor ^b (on-site)	esposizione outdoor ^c (off-site)
		Rischio Non Canc.	Rischio Non Canc.	Rischio Non Canc.
Alifatici C19-C36	2.185	n.c.	n.c.	n.c.
Aromatici C11-C22	60	4,32 x 10 ⁻³	3,88 x 10 ⁻²	1,59 x 10 ⁻⁴

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)	esposizione indoor ^b (on-site)	esposizione outdoor ^c (off-site)
Aromatici C>21-35	836	n.c.	n.c.	n.c.
<i>Totale</i>		$4,32 \times 10^{-3}$	$3,88 \times 10^{-2}$	$1,59 \times 10^{-4}$

CR: concentrazione rappresentativa;

in **grassetto** i valori superiori ai valori di rischio accettabili;

a: esposizione outdoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): ingestione e contatto dermico, inalazione di polveri e vapori outdoor;

b: esposizione indoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori indoor;

c: esposizione outdoor per recettore residenziale off-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori outdoor;

n.c.: valore di rischio non calcolato in quanto gli alifatici C19-C36 e gli aromatici C>21-35 non sono considerati tossici per inalazione nella banca dati ISS;

- protezione della salute umana: il valore di rischio non cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1.

La tabella mostra come non vi siano teorici rischi non accettabili a carico dei parametri di interesse relativamente ai percorsi di esposizione attivi.

Tabella 6.2 Valori di Rischio per le Acque Sotterranee – Area MBH12

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	C _{POE} (µg/l)	CSC (µg/l)
Alifatici C19-C36	2.185	$3,51 \times 10^{-7}$	
Aromatici C11-C22	60	1,36	
Aromatici C>21-35	836	$6,78 \times 10^{-3}$	
<i>Totale Idrocarburi</i>		1,36	350

CR: concentrazione rappresentativa;

C_{POE}: concentrazione calcolata dal software al punto di esposizione (POC).

La tabella mostra come la somma delle concentrazioni di *idrocarburi C>12* calcolate al punto di esposizione (POC) sia inferiore alla CSC per le acque di falda. Poiché il rischio per le acque sotterranee viene calcolato come rapporto tra la concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non sono presenti rischi non accettabili per lisciviazione e trasporto.

Area MBH16

Le *tabelle 6.7 e 6.8* riportano i valori di rischio generati dal *mercurio* nell'area in esame, considerando come percorsi di esposizione attivi *l'inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor* per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, *l'inalazione di vapori in ambiente outdoor* per un recettore residenziale fuori dal sito e *la lisciviazione e trasporto in falda*, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al *paragrafo 6.1*.

Tabella 6.3 Valori di Rischio per la Salute Umana – Area MBH16

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)	esposizione indtdoor ^b (on-site)	esposizione outdoor ^c (off-site)
		Rischio Non Canc.	Rischio Non Canc.	Rischio Non Canc.
Mercurio	5,51	$6,50 \times 10^{-1}$	$4,08 \times 10^{-1}$	$2,16 \times 10^{-2}$
<i>Totale</i>		$6,50 \times 10^{-1}$	$4,08 \times 10^{-1}$	$2,16 \times 10^{-2}$

CR: concentrazione rappresentativa;

in **grassetto** i valori superiori ai valori di rischio accettabili;

a: esposizione outdoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): ingestione e contatto dermico, inalazione di polveri e vapori outdoor;

b: esposizione indoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori indoor;

c: esposizione outdoor per recettore residenziale off-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori outdoor;

- protezione della salute umana: il valore di rischio non cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1.

La tabella mostra come non vi siano teorici rischi non accettabili a carico del *mercurio*, relativamente ai percorsi di esposizione attivi.

Tabella 6.4 Valori di Rischio per le Acque Sotterranee – Area MBH16

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	C _{POE} (µg/l)	CSC (µg/l)
Mercurio	5,51	$6,86 \times 10^{-4}$	1

CR: concentrazione rappresentativa;

C_{POE}: concentrazione calcolata dal software al punto di esposizione (POC).

La tabella mostra come la concentrazione di *mercurio* calcolata al punto di esposizione (POC) sia inferiore alla CSC per le acque di falda. Poiché il rischio per le acque sotterranee viene calcolato come rapporto tra la concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non vi è rischio non accettabile per lisciviazione e trasporto.

Area TPP4

Le *tabelle 6.9 e 6.10* riportano i valori di rischio generati dall'*arsenico* nell'area in esame, considerando come percorsi di esposizione attivi l'ingestione e contatto dermico per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito e la *lisciviazione e trasporto in falda*, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al *paragrafo 6.1*.

Tabella 6.5 Valori di Rischio per la Salute Umana - Area TPP4

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)	
		Rischio Non Canc.	Rischio Canc.
Arsenico	62,6	1,43 x 10 ⁻¹	2,29 x 10 ⁻⁵
<i>Totale</i>		1,43 x 10 ⁻¹	2,29 x 10 ⁻⁵

CR: concentrazione rappresentativa;

in **grassetto** i valori superiori ai valori di rischio accettabili;

a: esposizione outdoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): ingestione e contatto dermico, inalazione di polveri e vapori outdoor;

- protezione della salute umana: il valore di rischio cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1×10^{-6} ;

- protezione della salute umana: il valore di rischio non cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1.

La tabella mostra come vi siano teorici rischi non accettabili a carico dell'arsenico, relativamente al percorso di esposizione ingestione di suolo.

Tabella 6.6 Valori di Rischio per le Acque Sotterranee - Area TPP4

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	C _{POE} (µg/l)	CSC (µg/l)

CR: concentrazione rappresentativa;

C_{POE}: concentrazione calcolata dal software al punto di esposizione (POC).

La tabella mostra come la concentrazione di *arsenico* calcolata al punto di esposizione (POC) sia inferiore alla CSC per le acque di falda. Poiché il rischio per le acque sotterranee viene calcolato come rapporto tra la concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non vi è un rischio non accettabile per lisciviazione e trasporto.

Area TPP2bis

Le tabelle 6.11 e 6.12 riportano i valori di rischio generati dagli IPA nell'area in esame, considerando come percorsi di esposizione attivi *l'ingestione e contatto dermico, l'inalazione di polveri, l'inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'inalazione di vapori in ambiente outdoor per un recettore residenziale fuori dal sito e la lisciviazione e trasporto in falda*, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al *paragrafo 6.1*.

Tabella 6.7 Valori di Rischio per la Salute Umana – Area TPP2bis

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)		esposizione indoor ^b (on-site)		esposizione outdoor ^c (off-site)	
		Rischio Non Canc.	Rischio Canc.	Rischio Non Canc.	Rischio Canc.	Rischio Non Canc.	Rischio Canc.
Benzo(a)antracene	11,2	n.c.	3,90 x 10⁻⁶	n.c.	2,80 x 10 ⁻¹⁰	n.c.	2,96 x 10 ⁻¹⁰
Benzo(a)pirene	12,9	n.c.	4,47 x 10⁻⁵	n.c.	2,49 x 10 ⁻¹¹	n.c.	1,79 x 10 ⁻¹⁰
Benzo(g,h,i)perilene	12,6	5,58 x 10 ⁻⁴	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benzo(k)fluorantene	36,7	n.c.	1,27 x 10⁻⁵	n.c.	1,49 x 10 ⁻¹²	n.c.	1,01 x 10 ⁻¹¹
Indenopirene	12,9	n.c.	4,47 x 10⁻⁶	n.c.	2,30 x 20 ⁻¹³	n.c.	3,25 x 10 ⁻¹²
<i>Totale</i>		5,58 x 10 ⁻⁴	6,58 x 10⁻⁵	n.c.	3,06 x 10 ⁻¹⁰	n.c.	4,89 x 10 ⁻¹⁰

CR: concentrazione rappresentativa;

in **grassetto** i valori superiori ai valori di rischio accettabili;

a: esposizione outdoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): ingestione e contatto dermico, inalazione di polveri e vapori outdoor;

b: esposizione indoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori indoor;

c: esposizione outdoor per recettore residenziale off-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori outdoor;

n.c.: valore di rischio non calcolato in quanto gli IPA in oggetto non sono considerato tossici per inalazione ed ingestione/contatto dermico secondo la banca dati ISS con l'unica eccezione per il *benzo(g,h,i)perilene* che invece è considerato tossici per ingestione e contatto dermico ma non cancerogeni per inalazione;

- protezione della salute umana: il valore di rischio cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1×10^{-6} ;

- protezione della salute umana: il valore di rischio non cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1.

La tabella mostra come vi siano teorici rischi non accettabili a carico degli IPA, relativamente ai percorsi di esposizione attivi. In particolare per quanto riguarda l'esposizione outdoor on-site il percorso di esposizione che presenta il valore di rischio non accettabile maggiore è *l'ingestione di suolo* (si ricorda che tale percorso è stato considerato attivo in quanto l'area risulta attualmente non pavimentata).

Tabella 6.8 Valori di Rischio per le Acque Sotterranee – Area TPP2bis

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	C _{POE} (µg/l)	CSC (µg/l)
Benzo(a)antracene	11,2	2,56 x 10 ⁻⁴	0,1
Benzo(a)pirene	12,9	4,42 x 10 ⁻⁵	0,01
Benzo(g,h,i)perilene	12,6	7,09 x 10 ⁻⁶	0,01
Benzo(k)fluorantene	36,7	2,18 x 10 ⁻⁵	0,01
Indenopirene	12,9	5,18 x 10 ⁻⁶	0,1
<i>Totale IPA</i>		3,35 x 10 ⁻⁴	0,1

CR: concentrazione rappresentativa;

C_{POE}: concentrazione calcolata dal software al punto di esposizione (POC);

-: valore di CSC per le acque di falda non presente.

La tabella mostra come le concentrazioni di IPA calcolate al punto di esposizione (POC) siano inferiori alle CSC per le acque di falda. Poiché il rischio per le acque sotterranee viene calcolato come rapporto tra la

concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non vi è un rischio non accettabile per lisciviazione e trasporto.

6.2.2 Terreno Profondo Insaturo

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori di rischio generati dai contaminanti di interesse delle aree sorgente di contaminazione individuate nel terreno profondo insaturo.

Area BH1

Le tabelle 6.13 e 6.14 riportano i valori di rischio generati dagli IPA nell'area in esame, considerando come percorsi di esposizione attivi l'inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'inalazione di vapori in ambiente outdoor per un recettore residenziale fuori dal sito e la lisciviazione e trasporto in falda, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al paragrafo 6.1.

Tabella 6.9 Valori di Rischio per la Salute Umana - Area BH1

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)		esposizione indoor ^b (on-site)		esposizione outdoor ^c (off-site)	
		Rischio Non Canc.	Rischio Canc.	Rischio Non Canc.	Rischio Canc.	Rischio Non Canc.	Rischio Canc.
		Benzo(a)antracene	20,3	n.c.	2,74 x 10 ⁻⁹	n.c.	2,72 x 10 ⁻¹⁰
Benzo(a)pirene	19,8	n.c.	1,74 x 10 ⁻¹⁰	n.c.	2,39 x 10 ⁻¹¹	n.c.	2,08 x 10 ⁻¹²
Benzo(b)fluorantene	19,9	n.c.	2,30 x 10 ⁻¹¹	n.c.	2,88 x 10 ⁻¹²	n.c.	2,74 x 10 ⁻¹³
Benzo(g,h,i)perilene	21,1	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo(a,e)pirene	19,0	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Dibenzo(a,h)pirene	15,5	n.c.	2,36 x 10 ⁻¹⁴	n.c.	9,70 x 10 ⁻¹⁵	n.c.	2,82 x 10 ⁻¹⁶
Dibenzo(a,i)pirene	13,3	n.c.	3,85 x 10 ⁻¹⁴	n.c.	1,58 x 10 ⁻¹⁴	n.c.	4,60 x 10 ⁻¹⁶
Dibenzo(a,l)pirene	19,3	n.c.	9,12 x 10 ⁻¹¹	n.c.	1,95 x 10 ⁻¹¹	n.c.	1,09 x 10 ⁻¹²
Indenopirene	22,3	n.c.	1,48 x 10 ⁻¹²	n.c.	2,20 x 10 ⁻¹³	n.c.	1,77 x 10 ⁻¹⁴
<i>Totale</i>		n.c.	3,03 x 10 ⁻⁹	n.c.	3,18 x 10 ⁻¹⁰	n.c.	3,62 x 10 ⁻¹¹

CR: concentrazione rappresentativa;

in **grassetto** i valori superiori ai valori di rischio accettabili;

a: esposizione outdoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): ingestione e contatto dermico, inalazione di polveri e vapori outdoor;

b: esposizione indoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori indoor;

c: esposizione outdoor per recettore residenziale off-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori outdoor;

n.c.: valore di rischio non calcolato in quanto gli IPA in oggetto non sono considerati tossici per inalazione secondo la banca dati ISS;

- protezione della salute umana: il valore di rischio cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1×10^{-6} ;

- protezione della salute umana: il valore di rischio non cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1.

La tabella mostra come non vi siano teorici rischi non accettabili a carico degli IPA, relativamente ai percorsi di esposizione attivi.

Tabella 6.10 Valori di Rischio per le Acque Sotterranee - Area BH1

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	C _{POE} (µg/l)	CSC (µg/l)
Benzo(a)antracene	20,3	1,43 × 10 ⁻³	0,1
Benzo(a)pirene	19,8	2,47 × 10 ⁻⁴	0,01
Benzo(b)fluorantene	19,9	2,28 × 10 ⁻⁴	0,1
Benzo(g,h,i)perilene	21,1	3,96 × 10 ⁻⁵	0,01
Dibenzo(a,e)pirene	19,0	6,47 × 10 ⁻⁶	0,05*
Dibenzo(a,h)pirene	15,5	3,16 × 10 ⁻⁶	0,01
Dibenzo(a,i)pirene	13,3	5,15 × 10 ⁻⁶	-
Dibenzo(a,l)pirene	19,3	3,79 × 10 ⁻⁴	-
Indenopirene	22,3	2,89 × 10 ⁻⁵	0,1
<i>Totale IPA</i>		2,37 × 10 ⁻³	0,1

CR: concentrazione rappresentativa;

C_{POE}: concentrazione calcolata dal software al punto di esposizione (POC);

*: valore di CSC per le acque di falda non presente, quindi è stato utilizzato il valore proposto da ISS;

- non è presente per tali composti un valore limite di riferimento per le acque sotterranee.

La tabella mostra come le concentrazioni di IPA calcolate al punto di esposizione (POC) siano inferiori alle CSC per le acque di falda. Poiché il rischio per le acque sotterranee viene calcolato come rapporto tra la concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non vi è un rischio non accettabile per lisciviazione e trasporto.

Area BH3

Le tabelle 6.17 e 6.18 riportano i valori di rischio generati dal mercurio nell'area in esame, considerando come percorsi di esposizione attivi l'inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'inalazione di vapori in ambiente outdoor per un recettore residenziale fuori dal sito e la lisciviazione e trasporto in falda, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al paragrafo 6.1.

Tabella 6.11 Valori di Rischio per la Salute Umana - Area BH3

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)	esposizione indoor ^b (on-site)	esposizione outdoor ^c (off-site)
		<i>Rischio Non Canc.</i>	<i>Rischio Non Canc.</i>	<i>Rischio Non Canc.</i>
Mercurio	5,29	2,22 × 10 ⁻¹	4,21 × 10 ⁻¹	5,75 × 10 ⁻³
<i>Totale</i>		2,22 × 10 ⁻¹	4,21 × 10 ⁻¹	5,75 × 10 ⁻³

CR: concentrazione rappresentativa;

in **grassetto** i valori superiori ai valori di rischio accettabili;

a: esposizione outdoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): ingestione e contatto dermico, inalazione di polveri e vapori outdoor;

b: esposizione indoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori indoor;

c: esposizione outdoor per recettore residenziale off-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori outdoor;
 - protezione della salute umana: il valore di rischio non cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1.

La tabella mostra come non vi siano teorici rischi non accettabili a carico del *mercurio*, relativamente ai percorsi di esposizione attivi.

Tabella 6.12 Valori di Rischio per le Acque Sotterranee – Area BH3

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	C _{POE} (µg/l)	CSC (µg/l)
Mercurio	5,29	$7,63 \times 10^{-3}$	1

CR: concentrazione rappresentativa;

C_{POE}: concentrazione calcolata dal software al punto di esposizione (POC).

La tabella mostra come la concentrazione di *mercurio* calcolata al punto di esposizione (POC) sia inferiore alla CSC per le acque di falda. Poiché il rischio per le acque sotterranee viene calcolato come rapporto tra la concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non vi è rischio non accettabile per lisciviazione e trasporto.

Area BHCP2

Le tabelle 6.19 e 6.20 riportano i valori di rischio generati dalla *formaldeide* nell'area in esame, considerando come percorsi di esposizione attivi l'inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'inalazione di vapori in ambiente outdoor per un recettore residenziale fuori dal sito e la lisciviazione e trasporto in falda, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al paragrafo 6.1.

Tabella 6.13 Valori di Rischio per la Salute Umana – Area BHP2

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	esposizione outdoor ^a (on-site)	esposizione indoor ^b (on-site)	esposizione outdoor ^c (off-site)
		<i>Rischio Non Canc.</i>	<i>Rischio Non Canc.</i>	<i>Rischio Non Canc.</i>
Alifatici C9-C18	20	$5,03 \times 10^{-4}$	$1,99 \times 10^{-2}$	$5,51 \times 10^{-4}$
Alifatici C19-C36	2.830	n.c.	n.c.	n.c.
Aromatici C11-C22	230	$5,06 \times 10^{-3}$	$3,77 \times 10^{-2}$	$5,55 \times 10^{-3}$
<i>Totale</i>		$5,57 \times 10^{-3}$	$5,76 \times 10^{-2}$	$6,11 \times 10^{-3}$

CR: concentrazione rappresentativa;

in **grassetto** i valori superiori ai valori di rischio accettabili;

a: esposizione outdoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): ingestione e contatto dermico, inalazione di polveri e vapori outdoor;

b: esposizione indoor per recettore commerciale/industriale on-site; comprende i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori indoor;

c: esposizione outdoor per recettore residenziale off-site; comprende tutti i seguenti percorsi (quando attivi): inalazione di polveri e vapori outdoor;

- protezione della salute umana: il valore di rischio cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1×10^{-6} ;
- protezione della salute umana: il valore di rischio non cancerogeno accettabile per singolo contaminante è pari a 1.

La tabella mostra come non vi siano teorici rischi non accettabili a carico dei parametri di interesse, relativamente ai percorsi di esposizione attivi.

Tabella 6.14 Valori di Rischio per le Acque Sotterranee – Area BHP2

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	C _{POE} (µg/l)	CSC (µg/l)
Alifatici C9-C18	20	$4,93 \times 10^{-4}$	
Alifatici C19-C36	2.830	$7,39 \times 10^{-8}$	
Aromatici C11-C22	230	$2,86 \times 10^{-1}$	
<i>Totale Idrocarburi</i>		0,286	350

CR: concentrazione rappresentativa;

C_{POE}: concentrazione calcolata dal software al punto di esposizione (POC);

*: il valore di CSC pari a 2 µg/l è il valore proposto da ISS.

La tabella mostra come la somma delle concentrazioni delle frazioni idrocarburiche calcolate al punto di esposizione (POC) sia inferiore alla CSC per le acque di falda. Poiché il rischio per le acque sotterranee viene calcolato come rapporto tra la concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non vi è un rischio non accettabile per lisciviazione e trasporto.

6.3 CONCENTRAZIONI SOGLIA DI RISCHIO

6.3.1 Terreno Superficiale Insaturo

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori di Concentrazione Soglia di Rischio (CSR) calcolati per i contaminanti di interesse nelle aree sorgente di contaminazione individuate nel terreno superficiale insaturo.

Le equazioni utilizzate dagli applicativi per il calcolo dei valori di rischio in modalità diretta (*forward*) relativamente ai percorsi legati all'inalazione di vapori derivanti da potenziali contaminazioni nel terreno insaturo sono considerate, come riportato nella letteratura nazionale ed internazionale, eccessivamente conservative: a tal proposito il *Protocollo ISPRA* riporta: "...laddove l'applicazione di tali equazioni determini un valore di rischio non accettabile per la via di esposizione inalazione di vapori indoor e/o outdoor, dovranno essere eventualmente previste campagne di indagini (misure di soil gas, campionamenti dell'aria indoor e outdoor) allo scopo di verificare i risultati ottenuti mediante l'applicazione del modello di analisi di rischio; il piano delle indagini e dei monitoraggi dovrà essere concordato con le autorità di Controllo. Tale approccio risulta in accordo con le più recenti indicazioni tecnico-scientifiche elaborate da organismi di controllo statunitensi sulla base di una consolidata esperienza applicativa...".

Inoltre, la presentazione ISPRA-ISPEL "Problematiche principali relative alla valutazione del rischio da intrusione di vapori nell'ambito delle attività di bonifica dei siti contaminati" (disponibile all'URL http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/Temi/Siti_contaminati/Analisi_di_rischio/ nella sezione "Documentazione Workshop Intrusione di Vapori 27/07/2010") riporta: "...Il documento, sulla base di quanto riportato nella letteratura internazionale riconosce una sovrastima dei modelli analitici e rimanda a misure di campo...".

Per questo motivo i valori di CSR calcolati con il software RiskNet sono per alcune delle aree sorgente nel terreno superficiale insaturo, risultati inferiori alle CSC; in questi casi i valori di CSR per i diversi CoC presenti nell'area di interesse sono stati posti pari ai rispettivi valori di CSC (che per definizione rappresenta il valore di concentrazione al di sotto della quale sono presenti solo rischi accettabili).

Area MBH12

La tabella 6.21 riporta i valori di CSR per i contaminanti di interesse considerando come percorsi di esposizione attivi l'inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'inalazione di vapori in ambiente outdoor per un recettore residenziale fuori dal sito e la lisciviazione e trasporto in falda, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al paragrafo 7.1.

Tabella 6.15 Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) - Area MBH12

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg)	rischio per la risorsa idrica
<i>Rapporto tra "Concentrazione Calcolata al POC" e CSC</i>			
Alifatici C19-C36	2.185	>C _{sat} *	1,00 x 10 ⁻⁹
Aromatici C11-C22	60	>C _{sat} *	3,88 x 10 ⁻³
Aromatici C>21-35	836	>C _{sat} *	1,94 x 10 ⁻⁵

CR: concentrazione rappresentativa;

CSR: concentrazione soglia di rischio;

C_{sat}: valore di CSR risulta superiore alla concentrazione teorica di saturazione (C_{sat});

*: la CSR è stata posta pari alla concentrazione rappresentativa in sorgente in quanto il calcolo con il software risknet ha determinato valori di CSR superiori alla concentrazione di saturazione.

La tabella mostra come le CSR calcolate siano superiori alla concentrazione teorica di saturazione dei contaminanti di interesse nel terreno.

Per questo motivo le CSR per l'area di interesse sono state poste pari alla concentrazione massima rilevata, ovvero:

- *Alifatici C19-C36:* 2.185 mg/kg s.s.;
- *Aromatici C11-C22:* 30 mg/kg s.s.;
- *Aromatici C>21-35:* 836 mg/kg.

Area MBH16

La tabella 6.22 riporta il valore di CSR per il *mercurio* considerando come percorsi di esposizione attivi l'*inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor* per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'*inalazione di vapori in ambiente outdoor* per un recettore residenziale fuori dal sito e la *lisciviazione e trasporto in falda*, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al *paragrafo 7.1*.

Tabella 6.16 *Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) – Area MBH16*

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg)	rischio per la risorsa idrica
			Rapporto tra "Concentrazione Calcolata al POC" e CSC
Mercurio	5,51	>C _{sat} *	1,40 x 10 ⁻²

CR: concentrazione rappresentativa;

CSR: concentrazione soglia di rischio;

C_{sat}: valore di CSR risulta superiore alla concentrazione teorica di saturazione (C_{sat});

*: la CSR è stata posta pari alla concentrazione rappresentativa in sorgente in quanto il calcolo con il software risknet ha determinato valori di CSR superiori alla concentrazione di saturazione.

La tabella mostra come la CSR calcolata sia superiore alla concentrazione teorica di saturazione del *mercurio* nel terreno.

Per questo motivo la CSR per l'area di interesse è stata posta pari alla concentrazione massima rilevata, ovvero 5,51 mg/kg s.s..

Area TPP4

Come evidenziato dalle *tabelle 6.9 e 6.10* al *paragrafo 6.2.1*, nell'area di interesse è stato calcolato un rischio non accettabile per ingestione e contatto dermico a carico del parametro *arsenico*.

Poiché la CSR calcolata con il software Risknet è risultata inferiore alla rispettiva CSC, per l'area di interesse viene proposta le CSC come obiettivo degli interventi di bonifica o messa in sicurezza di emergenza per il terreno superficiale insaturo, ovvero 50 mg/kg s.s..

Area TPP2bis

Come evidenziato dalle *tabelle 6.11 e 6.12* al *paragrafo 6.2.1*, nell'area di interesse è stato calcolato un rischio non accettabile per ingestione di suolo a carico degli *IPA*.

Poiché le CSR calcolate con il software Risknet, per quegli *IPA* con effetto cancerogeno, sono risultate inferiori alle rispettive CSC, per l'area di interesse vengono proposte le CSC come obiettivo degli interventi di bonifica o messa in sicurezza di emergenza per il terreno superficiale insaturo, ovvero:

- Benzo(a)antracene: 10 mg/kg s.s.;
- Benzo(a)pirene: 10 mg/kg s.s.;
- Benzo(k)fluorantene: 10 mg/kg s.s.;
- Indenopirene: 5 mg/kg s.s..

Mentre per quanto riguarda il *benzo(g,h,i)perilene* (che non presenta effetti cancerogeni ma solo tossici per ingestione) la tabella 6.24 riporta il valore di CSR calcolato:

Tabella 6.17 *Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) – Area TPP2bis*

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg)	rischio per la risorsa idrica
			<i>Rapporto tra "Concentrazione Calcolata al POC" e CSC</i>
benzo(g,h,i)perilene	12,6	22.400	7,09 x 10 ⁻⁴

CR: concentrazione rappresentativa;
CSR: concentrazione soglia di rischio.

6.3.2 *Terreno Profondo Insaturo*

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori di Concentrazione Soglia di Rischio (CSR) calcolati per i contaminanti di interesse nelle aree sorgente di contaminazione individuate nel terreno profondo insaturo.

Le equazioni utilizzate dagli applicativi per il calcolo dei valori di rischio in modalità diretta (*forward*) relativamente ai percorsi legati all'inalazione di vapori derivanti da potenziali contaminazioni nel terreno insaturo sono considerate, come riportato nella letteratura nazionale ed internazionale, eccessivamente conservative: a tal proposito il *Protocollo ISPRA* riporta: *"...laddove l'applicazione di tali equazioni determini un valore di rischio non accettabile per la via di esposizione inalazione di vapori indoor e/o outdoor, dovranno essere eventualmente previste campagne di indagini (misure di soil gas, campionamenti dell'aria indoor e outdoor) allo scopo di verificare i risultati ottenuti mediante l'applicazione del modello di analisi di rischio; il piano delle indagini e dei monitoraggi dovrà essere concordato con le autorità di Controllo. Tale approccio risulta in accordo con le più recenti indicazioni tecnico-scientifiche elaborate da organismi di controllo statunitensi sulla base di una consolidata esperienza applicativa..."*.

Inoltre, la presentazione ISPRA-ISPEL *"Problematiche principali relative alla valutazione del rischio da intrusione di vapori nell'ambito delle attività di bonifica dei siti contaminati"* (disponibile all'URL http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/Temi/Siti_contaminati/Analisi_di_rischio/ nella sezione *"Documentazione Workshop Intrusione di Vapori 27/07/2010"*) riporta: *"...Il documento, sulla base di quanto riportato nella letteratura internazionale riconosce una sovrastima dei modelli analitici e rimanda a misure di campo..."*.

Per questo motivo i valori di CSR calcolati con il software RiskNet sono per alcune delle aree sorgente nel terreno superficiale insaturo, risultati inferiori alle CSC; in questi casi i valori di CSR per i diversi CoC presenti nell'area di interesse sono stati posti pari ai rispettivi valori di CSC (che per definizione rappresenta il valore di concentrazione al di sotto della quale sono presenti solo rischi accettabili).

Area BH1

Come evidenziato dalle *tabelle 6.13 e 6.14 al paragrafo 6.2.1.* nell'area di interesse non sono stati calcolati rischi non accettabili a carico degli IPA per tutti i percorsi di esposizione attivi.

La tabella 6.24 riporta i valori di CSR calcolati:

Tabella 6.18 *Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) - Area BH1*

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg)	rischio per la risorsa idrica
			<i>Rapporto tra "Concentrazione Calcolata al POC" e CSC</i>
Benzo(a)antracene	20,3	>Csat*	1,43 x 10 ⁻²
Benzo(a)pirene	19,8	>Csat*	2,47 x 10 ⁻²
Benzo(b)fluorantene	19,9	>Csat*	2,28 x 10 ⁻³
Benzo(g,h,i)perilene	21,1	>Csat*	3,95 x 10 ⁻³
Dibenzo(a,e)pirene	19,0	>Csat*	1,292 x 10 ⁻⁴
Dibenzo(a,h)pirene	15,5	>Csat*	3,16 x 10 ⁻⁴
Dibenzo(a,i)pirene	13,3	>Csat*	-
Dibenzo(a,l)pirene	19,3	>Csat*	-
Indenopirene	22,3	>Csat*	2,89 x 10 ⁻⁴

CR: concentrazione rappresentativa;

CSR: concentrazione soglia di rischio;

Csat: valore di CSR risulta superiore alla concentrazione teorica di saturazione (Csat);

*: la CSR è stata posta pari alla concentrazione rappresentativa in sorgente in quanto il calcolo con il software risknet ha determinato valori di CSR superiori alla concentrazione di saturazione;

-: non è presente per tali composti un valore limite di riferimento per le acque sotterranee.

La tabella mostra come le CSR calcolate siano superiori alla concentrazione teorica di saturazione nel terreno.

Per questo motivo le CSR per l'area di interesse sono state poste pari alla concentrazione massima rilevata, ovvero:

- Benzo(a)antracene: 20,3 mg/kg s.s.;
- Benzo(a)pirene: 19,8 mg/kg s.s.;
- Benzo(b)fluorantene: 19,9 mg/kg s.s.;
- Benzo(g,h,i)perilene: 21,1 mg/kg s.s.;
- Dibenzo(a,e)pirene: 19,0 mg/kg s.s.;
- Dibenzo(a,h)pirene: 15,5 mg/kg s.s.;
- Dibenzo(a,i)pirene: 13,3 mg/kg s.s.;
- Dibenzo(a,l)pirene: 19,3 mg/kg s.s.;
- Indenopirene: 22,3 mg/kg s.s..

Area BH3

La tabella 6.22 riporta il valore di CSR per il mercurio considerando come percorsi di esposizione attivi l'inalazione di vapori in ambiente indoor e outdoor per un recettore di tipo commerciale/industriale sul sito, l'inalazione di vapori in ambiente outdoor per un recettore residenziale fuori dal sito e la lisciviazione e trasporto in falda, sulla base delle assunzioni descritte nei capitoli precedenti ed elencate al paragrafo 7.1.

Tabella 6.19 Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) – Area BH3

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg)	rischio per la risorsa idrica
			Rapporto tra "Concentrazione Calcolata al POC" e CSC
Mercurio	5,29	5,95	$8,58 \times 10^{-3}$

CR: concentrazione rappresentativa;
CSR: concentrazione soglia di rischio;

Area BHCP2

Come evidenziato dalle tabelle 6.19 e 6.20 al paragrafo 6.2.1. nell'area di interesse non sono stati rilevati rischi non accettabili a carico degli idrocarburi C>12.

La tabella 6.26 riporta i valori di CSR calcolati:

Tabella 6.20 Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) – Area BHCP2

Contaminante	CR (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg)	rischio per la risorsa idrica
			Rapporto tra "Concentrazione Calcolata al POC" e CSC
alifatici C9-C18	20	>C _{sat} *	$1,41 \times 10^{-6}$
alifatici C19-C36	2.830	>C _{sat} *	$2,1 \times 10^{-10}$
aromatici C11-C22	230	>C _{sat} *	$8,17 \times 10^{-4}$

CR: concentrazione rappresentativa;
CSR: concentrazione soglia di rischio;
C_{sat}: valore di CSR risulta superiore alla concentrazione teorica di saturazione (C_{sat});
*: la CSR è stata posta pari alla concentrazione rappresentativa in sorgente in quanto il calcolo con il software risknet ha determinato valori di CSR superiori alla concentrazione di saturazione.

La tabella mostra come le CSR calcolate siano superiori alla concentrazione teorica di saturazione nel terreno.

Per questo motivo le CSR per l'area di interesse sono state poste pari alla concentrazione massima rilevata, ovvero:

- Alifatici C9-C18: 20 mg/kg s.s.;
- Alifatici C19-C36: 2.830 mg/kg s.s.;
- Aromatici C11-C22: 230 mg/kg s.s..

Nelle seguenti tabelle vengono riportate per ogni area sorgente di contaminazione i rispettivi CoC, percorsi di esposizione, recettori e valori di rischio calcolati.

Tabella 7.1 Valori di Rischio Calcolati - Terreno Superficiale Insaturo

Area	CoC	Percorsi di Esposizione	Recettori	Acc/Non-Acc
MBH12	idrocl. C>12	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site	- accettabile
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee	- accettabile
MBH16	mercurio	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site	- accettabile
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee	- accettabile
TPP4	arsenico	- ingestione e contatto dermico	- lavoratore on-site	- non accettabile
		- inalazione polveri outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee	- accettabile
TPP2bis	benzo(a)antracene benzo(a)pirene benzo(b)fluorantene benzo(g,h,i)perilene benzo(k)fluorantene indenopirene	- ingestione e contatto dermico	- lavoratore on-site	- non accettabile
		- inal. polveri e vapori outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site	- accettabile
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee	- accettabile

Tabella 7.2 Valori di Rischio Calcolati - Terreno Profondo Insaturo

Area (spes.)	CoC	Percorsi di Esposizione	Recettori	Acc/Non-Acc
BH1 (da 1 a 5,2 m)	benzo(a)antracene benzo(a)pirene benzo(b)fluorantene benzo(g,h,i)perilene dibenzo(a,e)pirene dibenzo(a,h)pirene dibenzo(a,i)pirene dibenzo(a,l)pirene indenopirene	- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site	- accettabile
		- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site	- accettabile
BH3 (da 1,6 a 5,3 m)	mercurio	- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site	- accettabile
BHCP2 (da 2 a 10,5 m)	idrocl. C>12	- lisciviazione e trasporto in falda	- acque sotterranee	- non accettabile
		- inal. vapori outdoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori indoor	- lavoratore on-site	- accettabile
		- inal. vapori outdoor	- residente off-site	- accettabile

Nelle seguenti tabelle vengono riportati i valori di CSR definiti nella presente AdR nelle aree sorgente di contaminazione identificate ed il confronto con le rispettive concentrazioni rappresentative.

Tabella 7.3 *Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) - Terreno Superficiale Insaturo*

Area Sorgente	Contaminante	CSR (mg/kg s.s.)	CR (mg/kg s.s.)
MBH12	Alifatici C19-C36	2.185	2.185
	Aromatici C11-C22	30	30
	Aromatici C>21-35	836	836
MBH16	Mercurio	5,51	5,51
TPP4	Arsenico	50*	62,6
TPP2bis	Benzo(a)antracene	10*	11,2
	Benzo(a)pirene	10*	12,9
	Benzo(g,h,i)perilene	22.400	12,6
	Benzo(k)fluorantene	10*	36,7
	Indenopirene	5*	12,9

grassetto: evidenziati i valori di CSR inferiori alla concentrazione rappresentativa in sorgente;

*: valori di CSR posti pari alla CSC in quanto i modelli di calcolo restituivano un valore di CSR inferiore alla CSC stessa;

Si ricorda che, siccome in alcuni casi i modelli di calcolo restituiscono dei valori di CSR inferiori alle CSC, tale valore limite è stato posto pari alla CSR. Inoltre in alcuni casi il valore di CSR calcolato è risultato superiore alla concentrazione teorica di saturazione del contaminante nel terreno (C_{sat}), in questi casi il valore di CSR è stato posto pari alla concentrazione massima rilevata.

Tabella 7.4 *Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) - Terreno Profondo Insaturo*

Area Sorgente	Contaminante	CSR (mg/kg s.s.)	CR (mg/kg s.s.)
BH1	Benzo(a)antracene	20,3	20,3
	Benzo(a)pirene	19,8	19,8
	Benzo(b)fluorantene	19,9	19,9
	Benzo(g,h,i)perilene	21,1	21,1
	Dibenzo(a,e)pirene	19,0	19,0
	Dibenzo(a,h)pirene	15,5	15,5
	Dibenzo(a,i)pirene	13,3	13,3
	Dibenzo(a,l)pirene	19,3	19,3
	Indenopirene	22,3	22,3
BH3	Mercurio	5,95	5,29
BHCP2	Alifatici C9-C18	20	20
	Alifatici C19-C36	2.830	2.830
	Aromatici C11-C22	230	230

grassetto: evidenziati i valori di CSR inferiori alla concentrazione rappresentativa in sorgente;

*: valori di CSR posti pari alla CSC in quanto i modelli di calcolo restituivano un valore di CSR inferiore alla CSC stessa;

Si ricorda che, siccome in alcuni casi i modelli di calcolo restituiscono dei valori di CSR inferiori alle CSC, tale valore limite è stato posto pari alla CSR. Inoltre in alcuni casi il valore di CSR calcolato è risultato superiore alla concentrazione teorica di saturazione del contaminante nel terreno (C_{sat}), in questi casi il valore di CSR è stato posto pari alla concentrazione massima rilevata.

ERM has over 140 offices
across the following
countries and territories
worldwide

Argentina	New Zealand
Australia	Panama
Belgium	Peru
Brazil	Poland
Canada	Portugal
China	Puerto Rico
Colombia	Romania
France	Russia
Germany	Singapore
Hong Kong	South Africa
Hungary	South Korea
India	Spain
Indonesia	Sweden
Ireland	Taiwan
Italy	Thailand
Japan	United Arab Emirates
Kazakhstan	UK
Malaysia	US
Mexico	Vietnam
The Netherlands	

ERM's Milan Office

Via San Gregorio n° 38
20124 - Milano

T: +3902674401
F: +390267078382

www.erm.com