

CASO STUDIO 2

ANALISI DI RISCHIO CORRELATA A PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA (DLgs 152/06)

1. PREMESSA

L'analisi di rischio presentata dall'Azienda si inserisce all'interno di un progetto operativo di bonifica relativo alla matrice suolo, presentato ai sensi del DLgs 152/06. Per la matrice acque sotterranee l'Azienda ha presentato idoneo progetto di bonifica che prevede il raggiungimento delle CSC.

2. INQUADRAMENTO DEL SITO

Il sito oggetto dell'analisi di rischio è occupato da uno stabilimento per la produzione di prodotti chimici in attività. La caratterizzazione è stata effettuata secondo una maglia 50 x 50 m e si è conclusa prima dell'entrata in vigore del DLgs 152/06 con la validazione da parte dell'ARPA. Dal momento che il DLgs 152/06 prevede che le analisi chimiche sui campioni di terreno debbano essere riferite alla totalità del materiale secco comprensiva anche dello scheletro solido, per i campioni in cui era disponibile il dato relativo allo scheletro solido, i risultati analitici sono stati elaborati al fine di ottenere dati analitici rappresentativi della totalità del campione analizzato conformemente a quanto previsto dal DLgs 152/06. I dati di caratterizzazione così calcolati sono stati utilizzati per l'elaborazione dell'analisi di rischio sito-specifica.

L'intero stabilimento è stato suddiviso in 5 aree di intervento. Di seguito si riportano le caratteristiche di contaminazione delle aree:

Area 1 (circa 22.300 m²)

Superamento delle CSC per i seguenti parametri: Mercurio, Fluoruri, IPA, Cloruro di Vinile, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, Idrocarburi C>12

Area 2 (circa 21.900 m²)

Superamento delle CSC per i seguenti parametri: Cadmio, Mercurio, Arsenico, Fluoruri, Benzene, IPA, Cloruro di Vinile, Percloroetilene e Tricloroetilene, Idrocarburi C>12

Area 3 (circa 37.000 m²)

Superamento delle CSC per i seguenti parametri: Arsenico, Cadmio, Antimonio, Zinco e Mercurio, Fluoruri, Benzene, IPA, Cloruro di Vinile, Cloroformio, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, Idrocarburi C>12

Area 4 (circa 20.200 m²)

Superamento delle CSC per i seguenti parametri: Arsenico, Cadmio, Zinco e Mercurio, IPA, Cloruro di Vinile, 1,1-Dicloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, e 1,2-Dicloroetilene, Idrocarburi C>12

Area 5 (circa 37.200 m²)

Superamento delle CSC per i seguenti parametri: Arsenico, Antimonio, Cadmio, Mercurio, Fluoruri, IPA, Cloruro di Vinile, Tricloroetilene, Tetracloroetilene, e 1,2-Dicloroetilene, Idrocarburi C>12

Si segnala che la validazione dell'ARPA ha evidenziato alcuni superamenti aggiuntivi rispetto a quelli individuati dall'Azienda.

Le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area possono essere così rappresentate:

- 0 – 1 m (media): terreno di riporto

- 1-1,5 a 5 m circa Acquifero superficiale
- primo livello a bassa permeabilità da 2-4,5 a 7,5-12 m

L'area interessata dall'analisi di rischio è rappresentata dai terreni e materiali di riporto, compresi tra 0÷0,5 e 2÷6,5 m da p.c.. Essi sono caratterizzati da granulometria variabile ed origine mista (terreni naturale in posto e riporto), generalmente rappresentati da sabbie ghiaioso-ciottolose, nelle porzioni più superficiali, passanti a sabbie fini limose, limi sabbiosi e argille limose andando più in profondità, talvolta con presenza di livelli ricchi di sostanze organiche vegetali (torba). Gli spessori di tale unità risultano anch'essi variabili, compresi tra un minimo di 1 m e un massimo di 6,5 m, con spessore medio di circa 2,5-3 m.

Sulla base delle attività di caratterizzazione ambientale realizzate sono stati individuati i sondaggi in cui non si è verificato alcun superamento delle CSC e i poligoni di Thiessen che comprendono tali sondaggi sono stati esclusi dall'analisi di rischio.

3. CRITERI UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO

L'analisi di rischio è stata condotta in conformità al Dlgs 152/06 (Allegato 1 al Titolo V), tenendo conto di alcune indicazioni del manuale APAT-ARPA-ISS-ISPEL "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", rev.0.

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

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

Per i parametri tossicologici si è fatto riferimento al database ISS-ISPEL (Luglio 2005), integrandoli qualora assenti e confrontandoli con database di riconosciuta validità internazionale e scientifica (database IRISEPA2 altre banche dati: ATSDR3, TRRP4, NCEA5, EPA Regione IX).

Per i seguenti parametri si è verificata una difformità:

- benzene: è stato utilizzato il valore tratto da IRIS del parametro cancerogeno IURF6, la fonte è la stessa citata da ISS-ISPEL;
- cloroformio: coerentemente con quanto riportato nel database IRIS (fonte citata da ISS-ISPEL), non è stato utilizzato il parametro cancerogeno SF7oral perché, in considerazione del "mode of action" relativo alla cancerogenicità di tale sostanza, la RfD08 è sufficientemente cautelativa; per ciò che concerne la RfC si è assunto il valore riportato da EPA NCEA e TRRP (non è stato rintracciato il valore indicato da ISS-ISPEL fra le "altre fonti EPA");
- 1,1 dicloroetilene: per i soli parametri tossicologici RfD e RfC sono stati modificati i valori ISS-ISPEL ed utilizzati i valori proposti da IRIS
- Indenopirene: è stato utilizzato il valore tratto da TRRP (Texas Risk Reduction Program) del parametro cancerogeno IURF, la fonte è la stessa citata da ISS-ISPEL;

I parametri tossicologici e chimico-fisici utilizzati nella presente analisi di rischio sono stati riportati in un allegato al progetto.

Nel 2006 sono state eseguiti i seguenti approfondimenti analitici (non validati da ARPA):

- Residuo a 105°C e percentuale del passante al vaglio di 2mm
- Idrocarburi alogenati volatili totali e speciazioni (come da piano della caratterizzazione)

- Conta batterica dei microrganismi
- Determinazione dei ceppi batterici con sequenziamento genetico;
- Carbonio organico totale
- Idrocarburi leggeri e pesanti e relativo fingerprint
- Speciazione del mercurio

Di seguito si riportano alcune considerazioni in merito alle assunzioni effettuate per alcuni contaminanti indice, improntate al principio di cautela, che sono state seguite per l'elaborazione realizzata.

Idrocarburi Petroliferi Pesanti: per ciò che concerne gli idrocarburi petroliferi si è adottato l'approccio proposto dal Massachusetts Department of Environmental Protection (MADEP), Bureau of Waste Site Cleanup, modificato secondo le indicazioni di APAT (2005), in cui gli idrocarburi petroliferi risultano suddivisi in frazioni tossicologicamente affini.

Mercurio: sulla base delle informazioni storiche fornite dall'Azienda e delle integrazioni analitiche effettuate su 3 campioni di suolo per la speciazione del Mercurio, il proponente ha assunto che il 56,3% del mercurio rilevato nei campioni sia di tipo volatile (stato metallico, con valenza 0). I dati analitici relativi al mercurio sono stati quindi esplicitati in funzione della percentuale di mercurio elementare.

Durata dell'esposizione: la durata in termini di esposizioni giornaliere all'anno è stata posta a 220 giorni/anno.

Arsenico: si è ipotizzato che, a valle dell'intervento di ossidazione chimica tutto l'Arsenico presente sul sito sia in forma di arseniato di calcio $[Ca_3(AsO_4)_2]$, con l'Arsenico nella forma più stabile.

Per il calcolo del rischio è stato utilizzato il software RBCA Tool kit versione 1.3b (2000), prodotto da Groundwater Services, Inc. (USA).

La procedura di analisi di rischio è stata condotta in modalità inversa (*backward*) per la determinazione delle concentrazioni massime ammissibili sulla base del valore di rischio accettabile, considerando separatamente ogni sostanza.

Le concentrazioni soglia di rischio (CSR) sono state calcolate utilizzando la modalità diretta (*forward*) per garantire l'accettabilità del rischio sia per le singole sostanze sia per la presenza contemporanea di più sostanze (rischio cumulato).

4. MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Il modello concettuale del sito è stato così rappresentato:

- strato superficiale insaturo costituito da materiale prevalentemente granulare (orizzonte saturo);
- strato profondo, costituito da un'alternanza di materiale granulare e di materiale più fine (sabbie limose, limi sabbiosi e argille limose) (orizzonte insaturo).

Non sono stati presi in considerazione gli strati più profondi in quanto, essendo limitati superiormente da uno strato a bassa permeabilità, non sono verosimilmente in grado di ingenerare percorsi di esposizione attivi.

Ai due strati significativi sopra descritti, sono state sempre attribuite le seguenti caratteristiche:

1. orizzonte insaturo:

o litologia predominante: sabbia insatura;

o contenuto volumetrico d'acqua: 0,08;

o contenuto volumetrico d'aria: 0,33;

o permeabilità ai vapori: 10-12 (m²);

2. orizzonte saturo:

o litologia predominante: sabbia limosa satura:

o contenuto volumetrico d'acqua: 0,43;

o contenuto volumetrico d'aria: 0;

o permeabilità ai vapori: 10-13 (m²).

Sulla base dei dati della stazione meteorologica più vicina la direzione di vento prevalente è da NE, e, secondariamente, da ENE, N, e SE; in accordo alle elaborazioni previste da APAT (2005), la velocità media del vento si è assunta pari a 2,23 m/s.

Ai fini dell'analisi di rischio l'area dello stabilimento è stata suddivisa in aree omogenee.

Ciascuna area è stata sottoposta individualmente ai calcoli di analisi di rischio.

L'Azienda afferma di aver individuato le aree secondo i seguenti criteri:

- caratteristiche geologiche ed idrogeologiche;
- distribuzione dei contaminanti;
- tipologia di area (pavimentate, non pavimentate, presenza di edifici);
- percorsi potenzialmente attivi.

Nella Tabella di seguito riportata sono sintetizzate le principali caratteristiche delle aree individuate.

Denominazione Area	Superficie totale (m ²)	Spessore orizzonte insaturo (m)	Spessore orizzonte saturo (m)	Tipologia area	
1	I1	3'664	1,1	2,7	Pavimentata con presenza di edifici
2	I2	13'500	1	3,3	Pavimentata con presenza di edifici
3	I3	13'275	1,4	2,4	Pavimentata con presenza di edifici
4	I4_SG3	3'230	1,1	4,9	Pavimentata con presenza di edifici
5	ONP1	38'705	1,8	3,2	Non pavimentata
6	ONP2	4'180	1,8	4,8	Non pavimentata
7	ONP3	2'650	1,1	2,1	Non pavimentata
8	ONP4	3'344	1,2	3,5	Non pavimentata
9	OP1	25'143	2	2,7	Pavimentata con assenza di edifici
10	OP2_SA30	6'270	1,4	3,8	Pavimentata con assenza di edifici

L'analisi di rischio è stata effettuata prendendo in considerazione recettori industriali in modalità RME (Reasonable Maximum Exposure). E' stato adottato quale valore di superficie di pelle esposta un valore pari a 3.500 cm², secondo quanto indicato nel documento "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT), giugno 2005.

I potenziali recettori attuali e futuri sono costituiti dai lavoratori del sito (recettore commerciale on site), per cui è stata considerata un'esposizione di 8 ore al giorno per 220 giorni/anno³ (numero di giorni lavorativi per un lavoratore italiano) per una durata di 30 anni.

Per eventuali futuri operatori per lavori edili/attività di bonifica che comportino la movimentazione di terreni, verranno opportunamente valutati i dispositivi di protezione necessari, sulla base delle condizioni sito specifiche previste (tipo di attività, durata dell'esposizione, ecc.). Non si ritiene pertanto necessario al momento includere i potenziali recettori "construction worker" utilizzando parametri di esposizione non sito-specifici.

I percorsi di esposizione considerati potenzialmente attivi, sono i seguenti:

- contatto dermico e ingestione di suolo per la contaminazione presente nei terreni superficiali;
- inalazione in ambienti outdoor delle polveri e dei vapori provenienti dal suolo insaturo superficiale;
- inalazione in ambiente indoor dei vapori provenienti dal suolo insaturo superficiale;
- inalazione in ambienti outdoor e/o indoor dei vapori provenienti dal suolo saturo profondo.

Nelle aree pavimentate i percorsi di contatto dermico, ingestione suolo e inalazione polveri non sono stati considerati attivi..

Sono state implementate una serie di assunzioni:

- La valutazione del percorso di inalazione vapori in ambiente indoor è stata effettuata in via cautelativa considerando un raggio di 30 m dagli edifici con presenza di lavoratori (EPA "Draft guidance for evaluating the vapor intrusion to indoor air pathway from groundwater and soil", 2002);

- Per quanto riguarda il percorso inalazione vapori outdoor per aree pavimentate, l'emissione di vapori da aree pavimentate, è stato considerato un edificio ipotetico di superficie pari all'area pavimentata e di 2m di altezza (miscelazione atmosferica secondo ASTM) adattando opportunamente i parametri d'ingresso. In particolare il tasso di ricambio aria nell'edificio è stato calcolato come il rapporto tra il flusso d'aria attraverso la sezione perpendicolare alla direzione principale del vento e il volume dell'ipotetico edificio.

I parametri di input relativi ad ogni percorso considerato dall'Azienda sono stati riportati in Allegato alla relazione progettuale, all'interno delle stampe relative all'applicazione del software (RBCA Toolkit).

Nell'analisi di rischio sono stati considerati per ciascuna area tutti i contaminanti che mostrano, anche in un solo punto e una sola volta, un superamento nei terreni delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC).

Sulla base di tale criterio, sono stati individuati i seguenti contaminanti indice per ciascuna area:

SOSTANZE INDICE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	I1	I2	I3	I4_SG3	ONP1	ONP2	ONP3	ONP4	OP1	OP2_S A30
Antimonio					X				X	
Arsenico	X	X			X		X		X	
Cadmio	X	X			X		X		X	X
Mercurio	X	X	X		X		X	X	X	
Selenio					X					
Zinco		X			X		X		X	
Cianuri		X								
Fluoruri		X	X		X	X			X	
Benzene		X					X			
Benzo(a)antracene		X			X				X	
Benzo(a)pirene		X	X		X				X	
Benzo(b)fluorantene		X			X				X	
Benzo(k)fluorantene		X			X				X	
Benzo(g,h,i)perilene			X		X				X	
Crisene					X				X	
Dibenzo(a,h)Antra- cene										
Dibenzo(a,i)Pirene										
Indeno(1,2,3)pirene		X	X		X				X	
Pirene		X	X		X				X	
Idrocarburi petroliferi pesanti (C>12)	X		X		X			X	X	
Cloroformio									X	
1,2-dicloroetano										X
1,1,2-Tricloroetano										X
1,1-dicloroetilene					X					X
1,2-dicloroetilene cis					X					X
Cloruro di vinile		X	X	X	X		X		X	X
Tricloroetilene		X			X		X		X	X
Percloroetilene		X	X		X		X		X	X

Per i terreni profondi relativamente alla presenza di fluoruri e/o metalli quali cadmio, antimonio, arsenico, selenio e zinco in concentrazioni superiori alle CSC del D.Leg.152/06, non è stato attivato alcun percorso di esposizione. Nell'analisi di rischio gli idrocarburi petroliferi pesanti (C>12) sono stati valutati considerando le frazioni identificate dal MADEP, secondo la ripartizione percentuale basata sull'analisi eseguita dall'Azienda.

5. RISULTATI DELL'ANALISI DI RISCHIO

Le elaborazioni realizzate hanno consentito di determinare i valori di concentrazione soglia di rischio (CSR) per i contaminanti indice identificati per ciascuna area sorgente nei diversi orizzonti considerati.

Si noti che in alcuni casi, per i percorsi di inalazione vapori, la concentrazione soglia di rischio (CSR) calcolata in modalità inversa (backward) risulta maggiore della concentrazione di saturazione (>C_{sat}).

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

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

Poiché in questi casi l'approccio inverso (backward) non consente la definizione di una soglia di rischio oltre il livello di saturazione, in via cautelativa è stato verificato mediante l'approccio diretto (forward) che al valore massimo riscontrato nei terreni per ogni area corrisponda comunque un valore di rischio accettabile.

Tale valore non costituisce in ogni caso una concentrazione soglia di rischio (CSR) ma deve essere considerato come valore di riferimento per ogni area (concentrazione di riferimento).

Le elaborazioni del software RBCA Tool kit sono state allegate dall'Azienda per ogni area identificata.

Vengono di seguito sintetizzati i risultati per ciascuna area identificata.

Area 1 (I1)

Nella tabella 5.3 sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA I1				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
INSATURO				
ARSENICO	70,6	50	>1.266E+4	70,6
MERCURIO totale	16,3	5		
MERCURIO elementare	9,17		9,6	
SATURO				
CADMIO	15,1	15	>4.951E+4	15,1
<i>*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della C_{sat}</i>				

Le analisi chimiche effettuate sul campione prelevato tra 0,8 m e 1,5 m del sondaggio Sx14 hanno mostrato una concentrazione pari a 16,3 mg/kg di mercurio totale. In seguito alle analisi di speciazione del mercurio effettuate, l'Azienda ritiene di poter assumere che il 56,3% del mercurio rilevato nel campione sia di tipo volatile (mercurio elementare).

Dall'analisi dei dati emerge quanto segue:

- Per il mercurio è stato possibile calcolare la concentrazione soglia di rischio (CSR), mentre per arsenico e cadmio le concentrazioni soglia di rischio (CSR) sono maggiori della concentrazioni di saturazione (C_{sat})
 - I valori di rischio cancerogeno calcolati considerando i valori di riferimento per i terreni insaturi per i percorsi potenzialmente attivi risultano accettabili;
 - I valori di rischio tossicologico calcolati considerando i valori di riferimento risultano accettabili;
 - La somma dei rischi cancerogeni legati ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile;
 - La somma dei rischi tossicologici legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile.
- Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio realizzata nell'area 1(I1), l'area in oggetto viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 2 (I2)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA I2				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
INSATURO				
CIANURI LIBERI	488	100	>794E+12	488
SATURO				
ARSENICO	54	50	>1,27E+4	54
CADMIO	33	15	>4,95E+4	33
MERCURIO	117	5	>4	117
ZINCO	2900	1500	>3,77E+4	2900
FLUORURI TOTALI	2780	2000	>254	2780
Benzene	2,27	2	2,82	
Benzo(a)antracene	42,9	10	>31	42,9
Benzo(a)pirene	15,9	10	>7	15,9
Benzo(b)fluorantene	25,7	10	>32	25,7
Benzo(k)fluorantene	15,1	10	>9	15,1
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	7,05	5	>8,4	7,05
Pirene	65,1	50	>24	65,1
Cloruro di vinile	0,32	0,1	7,8	
Tricloroetilene	36,3	10	40	
Tetracloroetilene	40,8	20	155	
IDROC. PESANTI C>12	1270	750	>27	1270
<i>*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della C_{sat}</i>				

Dall'analisi dei dati emerge quanto segue:

- Per i parametri benzene, cloruro di vinile, tricloroetilene e tetracloroetilene è stato possibile calcolare le concentrazioni soglia di rischio (CSR), mentre per i restanti composti indice le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate sono risultate maggiori della concentrazioni di saturazione (C_{sat});
- I valori di rischio cancerogeno calcolati per tutti i percorsi di esposizione potenzialmente attivi, considerando le CSR ricavate per i parametri benzene, cloruro di vinile, tricloroetilene e tetracloroetilene ed i valori di riferimento (concentrazione massima) riscontrati nei terreni insaturi per i restanti composti indice, risultano accettabili;
- I valori di rischio tossicologico calcolati per tutti i percorsi di esposizione potenzialmente attivi considerando le CSR ricavate per i parametri benzene, cloruro di vinile, tricloroetilene e tetracloroetilene ed i valori di riferimento (concentrazione massima) riscontrati nei terreni saturi per i restanti composti indice risultano complessivamente accettabili;
- La somma dei rischi cancerogeni legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile;
- La somma dei rischi tossicologici legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile.

Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio realizzata nell'area 2(I2), l'area in oggetto viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 3 (I3)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA I3				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
INSATURO				
MERCURIO	5,4	5	>4	5,4
FLUORURI	29526	2000	>254	29526
SATURO				
MERCURIO	16	5	>4	16
Benzo(a)pirene	15,2	10	>7	15,2
Benzo(g,h,i)perilene	46,6	10	>4	46,6
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	10	5	>8.403	10
Pirene	79,3	50	>24E+0	79,3
Cloruro di vinile	0,18	0,1	1,1	
Tetracloroetilene	109	20	>172	109
IDROCARBURI PESANTI C > 12	764	750	>27	764
<i>*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della C_{sat}</i>				

Dall'analisi dei dati emerge quanto segue:

- Per il parametro cloruro di vinile è stato possibile calcolare la concentrazione soglia di rischio (CSR) sia per l'orizzonte insaturo che per l'orizzonte saturo, mentre per i restanti composti indice le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate sono risultate maggiori della concentrazioni di saturazione (C_{sat});
- I valori di rischio cancerogeno calcolati per tutti i percorsi di esposizione attivi nell'area in oggetto, considerando la CSR ricavate per il parametro cloruro di vinile ed i valori di riferimento nei terreni insaturi per i restanti composti indice, risultano accettabili;
- I valori di rischio tossicologico calcolati per tutti i percorsi di esposizione attivi nell'area in oggetto, considerando le CSR ricavate per il parametro cloruro di vinile ed i valori di riferimento riscontrati nei terreni risultano accettabili;
- La somma dei rischi cancerogeni legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile;
- La somma dei rischi tossicologici legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile.

Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio realizzata nell'area 3(I3), l'area in oggetto viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 4 (I4_SG3)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA I4				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
SATURO				
Cloruro di Vinile	0,53	0,1	352	
<i>*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della C_{sat}</i>				

Dall'analisi dei dati emerge che per l'unico composto indice identificato nell'area 4, vale a dire cloruro di vinile, è stato possibile calcolare la concentrazione soglia di rischio (CSR).

La concentrazione massima di cloruro di vinile rilevata nell'area in oggetto risulta essere inferiore alla concentrazione soglia di rischio calcolata e pertanto l'area 4(I4) viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 5 (ONP1)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA ONP1

Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
INSATURO				
ARSENICO	168	50	4,1	
ANTIMONIO	430	30	61,5	
CADMIO	22,1	15	256,25	
MERCURIO	380	5	1,5	
FLUORURI TOTALI	11256	2000	16000	
Benzo(a)antracene	45	10	5,63	
Benzo(a)pirene	20,1	10	0,55	
Benzo(b)fluorantene	29	10	1,1	
Benzo(k)fluorantene	14,8	10	56,25	
Crisene	58,6	50	1,65	
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	11,6	5	5,63	
Pirene	109	50	4150	
IDROC. PESANTI C > 12	4620	750	6442	
SATURO				
ARSENICO	151	50	>1.276E+4	151
CADMIO	22,7	15	>4.951E+4	22,7
MERCURIO	110	5	>4	110
SELENIO	18,5	15	>179E+4	18,5
ZINCO	2280	1500	>3.772E+4	2280
FLUORURI TOTALI	5104	2000	>254	5104
Benzo(a)antracene	200	10	>31	200
Benzo(a)pirene	110	10	>7	110
Benzo(b)fluorantene	170	10	>32	170
Benzo(k)fluorantene	92,7	10	>9	92,7
Benzo(g,h,i)perilene	120	10	>4	120
Crisene	154	50	66,9	
Dibenzo(a,l)pirene	10,24	10	>17	10,24
Dibenzo(a,h)antracene	63	10	>1	63
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	160	5	>8.403	160
Pirene	520	50	>24	520
Cloruro di vinile	7,99	0,1	>921	7,99
1,1-Dicloroetilene	3,04	1	4,6	
Tricloroetilene	2280	10	285	
Tetracloroetilene	4140	20	1800	
cis-1,2-Dicloroetilene	221	15	>605	221
IDROCARBURI PESANTI C>12	5720	750	>27	5720

*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della Csat

Dall'analisi dei dati emerge quanto segue:

- In relazione alla tipologia ed alla distribuzione per i parametri arsenico, mercurio, benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene e crisene presenti nei terreni insaturi, le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate risultano inferiori alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC). Pertanto per tali parametri saranno prese come concentrazioni di riferimento le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC);
- Nei terreni insaturi le concentrazioni dei parametri arsenico, mercurio, benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e crisene sono superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) mentre la concentrazione del parametro antimonio è superiore alla concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolata;
- Nei terreni saturi per i parametri Crisene, 1,1-dicloroetilene, tricloroetilene e tetracloroetilene è stato possibile calcolare le concentrazioni soglia di rischio (CSR), mentre per i restanti composti indice le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate sono maggiori della concentrazioni di saturazione (C_{sat});
- Nei terreni saturi le concentrazioni dei composti indice crisene, tricloroetilene e tetracloroetilene sono superiori alle CSR calcolate;
- La somma dei rischi cancerogeni legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere non accettabile;
- La somma dei rischi tossicologici legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere non accettabile.

Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio realizzata nell'area 4(ONP1), l'area in oggetto viene considerata **contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006

Area 6 (ONP2)

Nella tabella 5.8 sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA ONP2			
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC	CSR
INSATURO			
FLUORURI TOTALI	5990	2000	245.300

Dall'analisi dei dati emerge che per l'unico composto indice identificato nell'area 6, vale a dire fluoruri totali, è stato possibile calcolare la concentrazione soglia di rischio (CSR).

La concentrazione massima di fluoruri rilevata nell'area in oggetto risulta essere inferiore alla concentrazione soglia di rischio calcolata e pertanto l'area 6(ONP2) viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 7 (ONP3)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA ONP3				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
INSATURO				
MERCURIO	15,76	5	31,2	
SATURO				
ARSENICO	91,5	50	>1275E+4	91,5
CADMIO	15,7	15	>4951E+4	15,7
MERCURIO	51,6	5	>4	51,6
ZINCO	2712	1500	>3771E+4	2712
Benzene	4	2	>834	4
Cloruro di vinile	1,21	0,1	>888	1,21
Tricloroetilene	256	10	>745	256
Tetracloroetilene	107,4	20	>172	107,4
<i>*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della Csat</i>				

Dall'analisi dei dati emerge quanto segue:

- Per il mercurio nell' orizzonte insaturo è stato possibile calcolare le concentrazioni soglia di rischio (CSR) mentre per i restanti composti indice (incluso il mercurio nell'orizzonte saturo) le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate sono maggiori della concentrazioni di saturazione (Csat);
- I valori di rischio tossicologico calcolati per tutti i percorsi di esposizione attivi nell'area in oggetto, considerando la CSR ricavata per il mercurio, nei terreni insaturi, risultano accettabili;
- I valori di rischio cancerogeno calcolati per tutti i percorsi di esposizione potenzialmente attivi, considerando i valori massimi riferimento per tutti i composti indice, nei terreni risultano accettabili;
- I valori di rischio tossicologico calcolati per tutti i percorsi di esposizione potenzialmente attivi, considerando i valori massimi riferimento per tutti i composti indice, nei terreni risultano accettabili;
- La somma dei rischi cancerogeni legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile;
- La somma dei rischi tossicologici legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile.

Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio realizzata nell'area 7(ONP3), l'area in oggetto viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 8 (ONP4)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA ONP4				
INSATURO				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
INSATURO				
MERCURIO	10,8	5	18	
IDROCARBURI PESANTI C > 12	1350	750	39116	

Dall'analisi dei dati emerge che per tutti i composti indice identificati nell'area 8, vale a dire mercurio ed idrocarburi petroliferi pesanti, è stato possibile calcolare la soglia di rischio (CSR).

Le concentrazioni massime di mercurio ed idrocarburi petroliferi pesanti rilevata nell'area in oggetto risultano essere inferiore alla concentrazione soglia di rischio e pertanto l'area 8(ONP4) può essere considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 9 (OP1)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA OP1				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
INSATURO				
ANTIMONIO	2300	30	>4.472E+4	2300
ARSENICO	110	50	>1.266E+4	110
MERCURIO	180	5	>4	180
Benzo(a)antracene	133	10	>31	133
Benzo(a)pirene	45,4	10	>7	45,4
Benzo(b)fluorantene	58,7	10	>32	58,7
Benzo(k)fluorantene	72,2	10	>9	72,2
Benzo(g,h,i)perilene	25,7	10	>4	25,7
Crisene	111	50	>1	111
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	29,3	5	>8.403	29,3
Pirene	310	50	>24	310
IDROCARBURI PESANTI C > 12	5440	750	>27	5440
SATURO				
ARSENICO	213	50	>1.275E+4	150
CADMIO	25,8	15	>4.951E+4	25,8
MERCURIO	270	5	>4	270
ZINCO	6836	1500	>3.771E+4	6836
FLUORURI	6235		>254	6235
Benzo(a)antracene	87,2	10	>31	87,2

AREA OP1				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
Benzo(a)pirene	31,5	10	>7	31,5
Benzo(b)fluorantene	74,1	10	>32	74,1
Benzo(k)fluorantene	48,6	10	>9	48,6
Benzo(g,h,i)perilene	15	10	>4	15
Crisene	78,4	50	>1	78,4
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	16,4	5	>8.403	16,4
Pirene	231	50	>24	231
Cloroformio	8	5	393	
Cloruro di vinile	1,29	0,1	>888	1,29
Tricloroetilene	29,8	10	>754	29,8
Tetracloroetilene	327	20	>172	327
IDROCARBURI PESANTI C > 12	4010	750	>27	4010
<i>*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della Csat</i>				

Dall'analisi dei risultati emerge quanto segue:

- Nell'orizzonte insaturo per tutti i composti indice identificati le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate sono maggiori della concentrazioni di saturazione (C_{sat});
- I valori di rischio cancerogeno e tossicologico calcolati per tutti i percorsi di esposizione potenzialmente attivi nell'area in oggetto, considerando i valori di riferimento, nei terreni insaturi, risultano accettabili;
- Nei terreni saturi per il cloroformio è stato possibile calcolare le concentrazioni soglia di rischio (CSR) mentre per i restanti composti indice le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate risultano essere maggiori della concentrazioni di saturazione (C_{sat});
- I valori di rischio cancerogeno e tossicologico per tutti i percorsi di esposizione potenzialmente attivi, calcolati considerando i valori di riferimento considerati e la concentrazione soglia di rischio calcolata per il cloroformio, nei terreni risultano accettabili;
- La somma dei rischi cancerogeni legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile;
- La somma dei rischi tossicologici legata ai terreni saturi e quelli legati ai terreni insaturi risulta essere accettabile.

Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio realizzata nell'area 9(OP1), l'area in oggetto viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

Area 10 (SA30)

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi di rischio realizzata per l'area in oggetto.

AREA OP2 (SA30)				
Composti Indice	Massimo rilevato (mg/kg)	CSC (mg/Kg)	CSR* (mg/Kg)	Valore di concentrazione utilizzata per il calcolo del rischio diretto (massimo rilevato)
SATURO				
MERCURIO	15,4	5	>4	15,4
Cloruro di vinile	16	0,1	>888	16
1,2-Dicloroetano	176,1	5	263	
cis-1,2-Dicloroetilene	177	15	>596	177
Tetracloroetilene	24,7	20	>172	24,7
Tricloroetilene	10,1	10	>745	10,1
1,1,2-Tricloroetano	16,1	15	133,75	
1,1-Dicloroetilene	6,13	1	63,5	
*I valori contrassegnati da >... indicano un valore di CSR maggiore della C _{sat}				

Dall'analisi dei risultati emerge quanto segue:

- Per i parametri 1,2-dicloroetano, 1,1,2-Tricloroetano, 1,1-Dicloroetilene è stato possibile calcolare le concentrazioni soglia di rischio (CSR) mentre per i restanti composti indice le concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate sono maggiori della concentrazioni di saturazione (C_{sat});

- I valori di rischio cancerogeno e tossicologico calcolati per tutti i percorsi di esposizione attivi nell'area in oggetto, considerando le CSR ricavate ed i valori massimi di riferimento adottati nei terreni saturi, risultano accettabili; Sulla base dei risultati dell'analisi di rischio realizzata nell'area 10(SA30), l'area in oggetto viene considerata **non contaminata** ai sensi del D. Lgs 152/2006.

6. CONCLUSIONI

In sintesi, i risultati dell'analisi di rischio evidenziano che:

- le concentrazioni rilevate durante la Caratterizzazione per i terreni presenti nelle aree I1, I2, I3, I4, ONP2, ONP3, ONP4, OP1 risultano essere inferiori alle concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate per ciascuna area, pertanto tali aree, nella configurazione attuale del sito risultano **non contaminate** ai sensi dell'articolo 240 punto 1.f del D. Lgs. 152/2006
- le concentrazioni rilevate durante la Caratterizzazione per i terreni presenti nell' area ONP1 risultano essere superiori alle concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate pertanto, nella configurazione attuale del sito, l'area in oggetto risulta **contaminata** ai sensi dell'articolo 240 punto 1.f del D. Lgs. 152/2006.

In relazione ai risultati dell'analisi di rischio è stato possibile identificare un area (ONP1) che risulta contaminata ai sensi del ai sensi dell'articolo 240 punto 1.f del D. Lgs. 152/2006

In tale area infatti le concentrazioni rilevate sono risultate essere superiori alle concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate.

Conformemente a quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006, gli interventi di bonifica e/o messa in operativa saranno realizzati in corrispondenza dei punti di indagine in cui si sono rilevati dei superamenti delle concentrazioni soglia di rischio (CSR) calcolate mediante l'analisi di rischio sanitaria ambientale sito specifica