



## Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



### **Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito Impianto di Depurazione di San Giovanni a Teduccio Comune di Napoli (NA) SIN "Napoli Orientale"**

Dicembre 2017

rev 1

## INDICE

<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>1. RACCOLTA DATI ESISTENTI .....</b>	<b>4</b>
1.1 DESCRIZIONE SITO .....	4
1.2 RISULTATI DELLE INDAGINI AMBIENTALI .....	5
1.2.1 Indagini indirette.....	5
1.2.2 Indagini dirette.....	5
1.2.3 Risultati analisi chimiche.....	8
<b>2. METODOLOGIA DELL’ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE... ..</b>	<b>22</b>
2.1 RISCHIO: DEFINIZIONE E ACCETTABILITÀ .....	23
<b>3. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA.....</b>	<b>25</b>
3.1 MODELLO CONCETTUALE SITO SPECIFICO.....	25
3.2 PARAMETRI SITO-SPECIFICI.....	27
3.2.1 Parametri meteo climatici .....	27
3.2.2 Parametri di idrogeologia locale.....	30
3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo .....	30
3.2.4 Distanze da aree residenziali e/o ricreative.....	31
3.2.5 Parametri degli edifici .....	31
3.2.6 Tabella parametri sito specifici.....	32
3.2.7 Parametri di default .....	36
<b>4. RISULTATI .....</b>	<b>37</b>
<b>5. CONCLUSIONI.....</b>	<b>46</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>51</b>

## ALLEGATI

Allegato 1	Convenzione
Allegato 2	Inquadramento territoriale
Allegato 3	Perimetrazione del sito
Allegato 4	Stralcio della Variante al P.R.G. del comune di Napoli - Certificazione di destinazione d’uso immobili comunali
Allegato 5	Georadar
Allegato 6	Bonifica Ordigni Bellici
Allegato 7	Rapporti di prova
Allegato 8	Tabelle di sintesi dei risultati
Allegato 9	Validazione ARPAC
Allegato 10	Dati meteo climatici
Allegato 11	Slug test
Allegato 12	Stratigrafie
Allegato 13	Isofreatiche
Allegato 14	Analisi granulometriche



*Direzione Tecnica*

Analisi di Rischio Sito Specifica  
“Impianto di Depurazione di San  
Giovanni a Teduccio, via Boccaperti -  
Napoli”- rev.1  
codice 3049N258

Pagina 2 di 51

**Gruppo di lavoro**

Arch. Maria Daro

Ing. Annalisa Giordano

Ing. Valentina Sammartino Calabrese

Dott. Geol. Gianluca Ragone

**Il Dirigente U.O.CAAR**

**Referente gruppo di lavoro**

Ing. Rita Iorio

**Il Dirigente U.O.C. S.I.C.B.**

Dott. Salvatore Di Rosa



ARPAC – Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania – Ente di Diritto Pubblico istituito con L.R. 10/98

Sede Legale: via Vicinale S. Maria del Pianto – Centro Polifunzionale, Torre 1 – 80143 Napoli

tel. 0812326111 – fax 0812326225 – [direzionegenerale.arpac@pec.arpacampania.it](mailto:direzionegenerale.arpac@pec.arpacampania.it) – [www.arpacampania.it](http://www.arpacampania.it) – P.I. 07407530638

## PREMESSA

Il presente elaborato di Analisi di Rischio Sito Specifica è relativo all’Impianto di Depurazione di San Giovanni a Teduccio sito in via Boccaperti del comune di Napoli.

Esso è stato redatto da ARPAC in relazione alla convenzione di servizi stipulata con la Regione Campania, prot. 2015. 0765794 del 10/11/2015 (Allegato 1), per l'esecuzione del progetto di servizi *“Elaborazione Analisi di Rischio sito-specifica” di cui all'art. 242 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., per i siti individuati dalle delibere di Giunta Regionale della Campania n. 57/2015 e n. 197/2015”*.

Tale documento è stato revisionato alla luce delle considerazioni emerse in sede di riunione tecnica con ISPRA e il MATTM il giorno 15/02/2017 avente oggetto: *“Analisi di Rischio sito specifica di cui all’art. 242 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., per i siti individuati dalle delibere di Giunta Regionale della Campania n. 57/2015 e n. 197/2015”*.

La presente analisi di rischio è stata condotta secondo quanto previsto dall’Allegato 1, Titolo V, Parte IV del D.lgs. 152/06 e s.m.i., contenente i *“Criteri generali per l’analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica”*.

Il Titolo V del sopracitato Decreto disciplina gli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti contaminati e stabilisce le procedure, i criteri e le modalità per lo svolgimento delle operazioni necessarie per l’eliminazione delle sorgenti dell’inquinamento e comunque per la riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti.

## 1. RACCOLTA DATI ESISTENTI

### 1.1 Descrizione sito

L'area oggetto di studio ricade nell'ambito del Sito di Interesse Nazionale “Napoli Orientale”, come indicato dalle Legge 426/98, perimetrato provvisoriamente, con Ordinanza Commissariale del 29 dicembre 1999 emanata dal Sindaco di Napoli quale Commissario delegato.

Il sito, denominato “Impianto di Depurazione di San Giovanni a Teduccio, via Boccaperti - Napoli” con codice 3049N258, ubicato nell'estremo settore sud-orientale del SIN, nell'abitato di San Giovanni a Teduccio al confine con il territorio comunale di Portici (Allegato 2), è inserito nel Piano Regionale di Bonifica, adottato con delibera di Giunta Regionale n.129 del 27/05/2013, pubblicato sul BURC n.30 del 5/06/2013 e approvato dal Consiglio Regionale della Campania con delibera amministrativa n.777 del 25 ottobre 2013.

L'area di proprietà del Comune di Napoli, con una forma in pianta rettangolare, occupa una superficie di circa 26.700 m<sup>2</sup>. Con unico accesso da Via Boccaperti, confina a nord est con la linea ferroviaria Napoli-Salerno, a sud-est con il Canale di Levante e a sud-ovest con l'arenile demaniale; essa si presenta recintata ed asfaltata, con presenza in diversi punti di fessurazioni anche di notevole spessore, ad eccezione di alcune aiuole lungo il confine con la linea ferroviaria e nell'angolo sud-est, e quasi completamente occupata da manufatti a servizio dell'impianto stesso. Catastalmente il sito è identificato al foglio 176, particella n. 147 del Catasto Urbano.

Dai dati desunti dalla Immobiliare Romeo e dalle informazioni reperite in fase di sopralluogo sembra che sull'area, di proprietà del comune di Napoli dal 1973, a partire dai primi anni '50, la Cassa per il Mezzogiorno abbia realizzato l'impianto iniziale, poi successivamente (1980-1990) ampliato, integrato e ristrutturato.

L'impianto, gestito dal Consorzio di Gestione e Manutenzione degli Impianti di depurazione dei liquami, è attualmente dismesso e nel sito è attivo solo un Impianto di sollevamento.

La palazzina Uffici è caratterizzata da due piani fuori terra. Il Piano terra si presenta sopraelevato rispetto al piano stradale di circa 1.0 per la presenza di una camera d'aria interposta tra il suolo e il solaio in latero cemento di spessore pari a circa 25 cm. L'altezza del piano terra è pari a circa 3.50 m.

I locali spogliatoi, ubicati lungo il confine ovest, presentano un solo piano e la quota di calpestio è pari a quella stradale.

Nell'ambito dei manufatti edilizi non ci sono locali interrati, così come si è appreso da un sopralluogo ricognitivo del sito.

La disciplina urbanistica vigente, per le aree comprese nel perimetro di bonifica e che insistono sul territorio demaniale marittimo costiero, fa riferimento al D.M. n°1829 del 31.03.1972 come modificato dalla variante di salvaguardia al P.R.G., approvata con decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania n° 9297/1998. In particolare, in riferimento alla nota del Dipartimento Pianificazione Urbanistica del Comune di Napoli prot. n. 893/M del 15.10.07, l'area dell'Impianto di Depurazione oggetto del presente studio è classificata come Sottozona Ee (Rupi, Costoni, cave, spiagge e costiere).

La Nota del Dipartimento Ambientale del Comune di Napoli, Prot.n.1106 del 18.10.2007, riporta che “ *può prevedersi una bonifica secondo la Tabella B del D.M. 471/99 in quanto non sono state ancora chiaramente localizzate le quote destinate alla realizzazione di abitazioni. Resta inteso che qualora successivamente queste aree o parti di esse dovessero essere destinate ad abitazioni o ad aree verdi dovrà prevedersi un approfondimento della bonifica fino a raggiungere i valori della tabella A.*”

## **1.2 Risultati delle Indagini ambientali**

Il “Piano della Caratterizzazione dell'Impianto di Depurazione di San Giovanni a Teduccio”, Rev 1 è stato redatto nel Settembre 2005 ai sensi del D.M. 471/99, da ARPAC, ed approvato dal Ministero dell'Ambiente in sede di Conferenza dei Servizi decisoria del 14 Ottobre 2005. Detto Piano ha comportato l'esecuzione di:

- Indagini di tipo indiretto (indagini geofisiche) finalizzate alla verifica di eventuali sottoservizi presenti nell'area in esame;
- Bonifica da ordigni bellici: attività propedeutiche alle attività di perforazione finalizzate alla verifica della presenza nel suolo e sottosuolo di ordigni bellici;
- Indagini di tipo diretto (escavazione, carotaggio, prelievo di campioni, ecc.).

### *1.2.1 Indagini indirette*

Al fine di una corretta ubicazione dei punti di sondaggio ambientale e dell'individuazione di possibili sottoservizi interrati in corrispondenza dei punti di indagine, è stato eseguito un rilievo geofisico su tutta l'area oggetto di intervento. L'acquisizione dei dati di campo, riportati nell'allegato 5, è avvenuta mediante il trascinarsi di un'antenna georadar in n. 12 aree afferenti al sito. Inoltre l'area è stata oggetto di una campagna di ricerca di ordigni bellici residuati, effettuata in corrispondenza dei punti di indagine.

I risultati della campagna di ricerca e la relativa documentazione sono stati riportati nell'Allegato 6.

### *1.2.2 Indagini dirette*

Tali indagini hanno riguardato la realizzazione n. 12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, P9, P10, P11, P12), spinti sino alla profondità di 10 metri dal p.c., di cui n. 4 (P9÷P12) attrezzati a piezometro per la caratterizzazione delle acque della falda.

Nella scelta dell'ubicazione dei sondaggi si è tenuto conto dei punti a maggiore criticità secondo un sistema ragionato di campionamento e dei risultati delle indagini indirette.

Nel corso dell'indagine ambientale è stato effettuato, il prelievo di campioni di terreno e di acque sotterranee, secondo quanto previsto dall'ex D.M. 471/99, successivamente sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio per la ricerca degli analiti elencati nella "short list integrata" del relativo Piano della Caratterizzazione.

Per i terreni sono state effettuate analisi chimiche finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici (Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Piombo Tetraetile, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco);
- Composti Organici Aromatici ( Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xileni e Stirene);
- Aromatici Policiclici (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(ghi)terilene, Crisene, , Dibenzo(a, e)pirene, Dibenzo(a, l) pirene, Dibenzo(a, i)pirene, Dibenzo(a, h) pirene, Dibenzo(ah)antracene, Indeno (1,2,3,cd)pirene e Pirene ;
- Fenoli non clorurati;
- Fenoli
- Idrocarburi ( Leggeri C<12 e Pesanti C>12 );
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Clorobenzeni;
- MTBE;
- PCB;
- Amianto sul 20% dei campioni di Top Soil per aree non pavimentate (0-10 cm)
- Diossine sul 20% dei campioni di Top Soli per aree non pavimentate (0-10 cm)

Per le acque di falda sono state eseguite analisi di laboratorio su un numero complessivo di 4 campioni primari di acqua finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio e Zinco );
- Piombo Tetraetile;
- Composti Organici Aromatici ( Benzene, Etilbenzene, Toluene, para-Xilene e Stirene );
- Policiclici Aromatici (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene,
- Benzo(k)fluorantene, Benzo(ghi)terilene, Crisene, , Dibenzo(a, e)pirene, Dibenzo(a, l) pirene, Dibenzo(a, i)pirene, Dibenzo(a, h) pirene, Dibenzo(ah)antracene, Indeno (1,2,3,cd)pirene e Pirene);

- Fenoli e clorofenoli;
- Pentaclorofenolo;
- Idrocarburi Totali;
- Parametro n-esano;
- MTBE;
- CVM (Cloruro Vinile Monomero);
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Clorobenzeni

Dai sondaggi sono stati prelevati n. 36 campioni di terreno ed un campione di top soil T1, destinati ad analisi di laboratorio per verificare lo stato qualitativo dei terreni dell'area in oggetto.

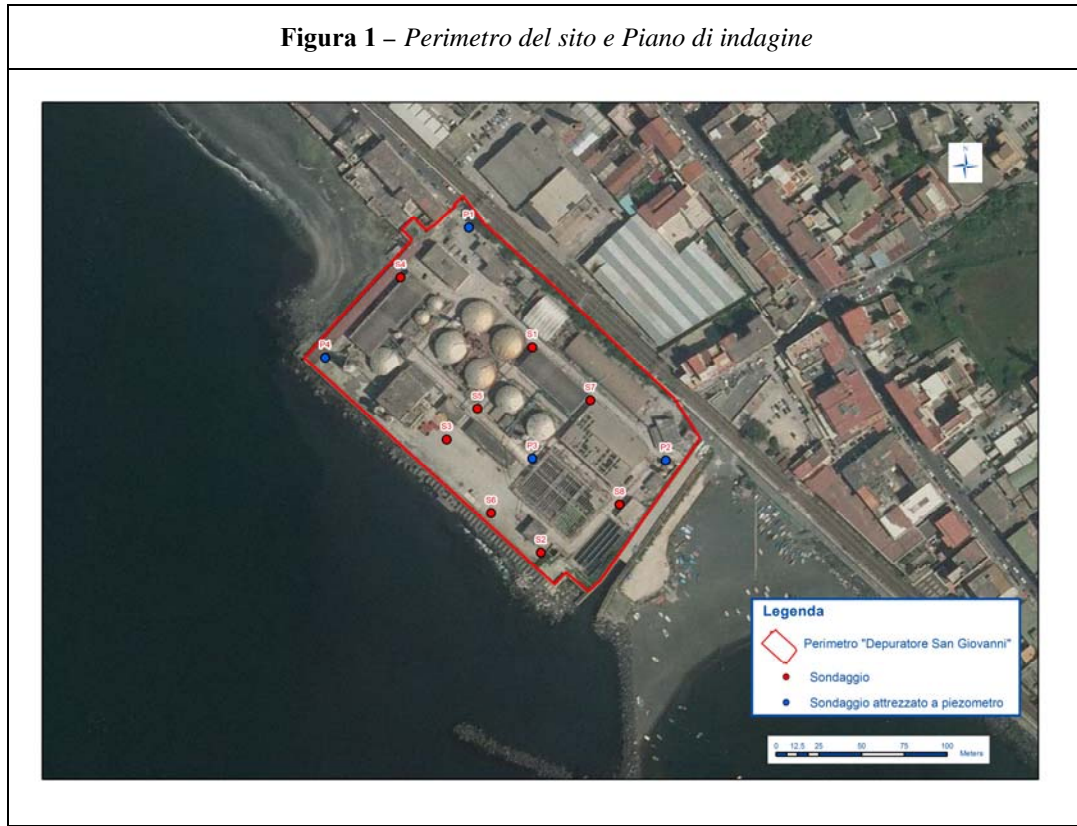
Da ciascuno dei sondaggi superficiali, sono stati prelevati e sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio i seguenti campioni:

- un campione rappresentativo dei terreni superficiali (0-1 m di profondità da p.c.);
- un campione rappresentativo dell'interfaccia tra terreni insaturi e terreni saturi (4-5 m di profondità da p.c.);
- un campione rappresentativo del fondo foro (9-10 m di profondità da p.c.).

In Figura 1 sono rappresentati su ortofoto il sito ed i sondaggi eseguiti in base al Piano di Indagine.



**Figura 1 – Perimetro del sito e Piano di indagine**



### 1.2.3 Risultati analisi chimiche

Il Rapporto Tecnico Conclusivo delle Indagini di Caratterizzazione Ambientale, redatto dall’A.T.I. costituita da ENSR Italia Srl, TECNO-IN e LAB ANALYSIS, è stato approvato in sede di Conferenza di Servizi decisoria del 26/02/09.

Vista la nota 18904 del 5/11/2007, con cui ARPAC ha evidenziato che “a scopo cautelativo, tuttavia, per quanto concerne le aree Agenzia del Demanio e Depuratore di S. Giovanni, ricadenti rispettivamente nelle sottozone G ed E della variante del PRG...” si ritiene necessario “...predisporre le relazioni tecnico-descrittive, confrontando comunque i risultati ottenuti e traendo le relative conclusioni, sia in riferimento alla Colonna A che alla Colonna B del D.lgs 152/06”, si riportano i risultati rispetto ai limiti sia di Colonna A che di Colonna B.

I risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di suolo insaturo (0.0 – 4 m) hanno evidenziato la **presenza** di valori di concentrazione superiori rispetto ai limiti ammissibili della Tabella 1, colonna A (Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D. Lgs.152/06) per una destinazione d’uso residenziale del sito, ed **assenza** di contaminazione rispetto ai limiti ammissibili della Tabella 1, colonna B (Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D. Lgs.152/06).

I risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acque di falda, hanno evidenziato la presenza di valori di concentrazione superiori rispetto ai limiti ammissibili riportati in Tabella (Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D. Lgs.152/06).

In allegato 7 vengono riportati i rapporti di prova delle analisi effettuate dalla ditta esecutrice della caratterizzazione; in allegato 8 vengono riportate le tabelle riassuntive con tutti i risultati validati; in allegato 9, infine, viene riportato il documento di validazione di ARPAC.

I contaminanti per cui si è riscontrato il superamento dei limiti di riferimento e le relative concentrazioni sono riportati nelle seguenti tabelle:

Tabella 1a - suoli **insaturi** per destinazione d’uso residenziale;

Tabella 1b - suoli **saturo** per destinazione d’uso residenziale;

Tabella 1c - suoli **saturo** per destinazione d’uso commerciale/industriale;

Tabella 2 - Superamento acque sotterranee.

Nelle stesse si riportano altresì il carotaggio/piezometro di riferimento, le coordinate geografiche, la profondità del campione, i limiti di riferimento e la data di esecuzione.

**Tabella 1a - Superamenti suoli insaturi per destinazione d'uso residenziale**

D.L.gs n 152/06 Tabella 1, Colonna A All. 5 Parte Quarta (mg/Kg s.s.)						2	1	1	50	0,5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10	
Sondaggio/piezometro	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c.	Data prelievo	Pirene	Mercurio	Stagno	Idrocarburi pesanti C > 12	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(a,e)pirene	Dibenzo(a,l)pirene	Dibenzo(a,i)pirene	Dibenzo(a,h)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Sommatoria policiclici aromatici
P1C1	442022	4519873	0,0-1,0	4,3	23/7/07	1,63	2,7	4,49	105,2	0,71	0,54	0,31	0,4	0,322	0,121	0,228	0,2278	0,04	0,0938	0,322	6,79
P2C1	442137	4519737	0,0-1,0	3,2	23/7/07	1,2462	0,2	3,6	53,4	0,22	0,12	0,11	0,09	0,1	0,05	0,09	0,03	0,05	0,05	0,1	1,62
P3C1	442059	4519738	0,0-1,0	4,9	23/7/07	1,63	0,2	4,42	125,5	0,33	0,21	0,08	0,15	0,03	0,06	0,1	0,03	0,11	0,07	0,1	2,12
P3C2	442059	4519738	4,0-5,0	4,9	23/7/07	2,03	0,2	1,56	31	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,28
P4C1	441938	4519797	0,0-1,0	3	23/7/07	1,917	0,3	3,2	45,44	0,53	0,39	0,15	0,26	0,22	0,1	0,149	0,05	0,02	0,113	0,198	4,73
S1C1	442059	4519803	0,0-1,0	3	23/7/07	0,1	0,2	4,96	71,37	0,07	0,06	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,04	0,53
S2C1	442064	4519683	0,0-1,0	3	23/7/07	0,42	0,2	1	96,17	0,31	0,13	0,17	0,12	0,08	0,08	0,0767	0,07	0,01	0,09	0,08	2,26
S3C1	442009	4519749	0,0-1,0	3	23/7/07	0,21	0,6	4,5	123,2	0,14	0,08	0,07	0,05	0,06	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02	0,05	0,9
S4C1	441982	4519844	0,0-1,0	4	23/7/07	2,24	0,3	1,28	276	0,13	0,08	0,23	0,16	0,06	0,04	0,07	0,03	0,04	0,04	0,06	1,26
S5C1	442027	4519767	0,0-1,0	3,5	23/7/07	1,18	0,4	1,91	212	1,561	3,18	3,81	2,19	4,266	0,31	0,59	0,2	0,37	0,64	3,359	23,8
S6C1	442035	4519706	0,0-1,0	3,3	23/7/07	1,302	0,2	1,33	35,96	0,341	0,23	0,11	0,18	0,13	0,06	0,13	0,05	0,03	0,1	0,13	3,22
S7C1	442093	4519772	0,0-1,0	3,5	23/7/07	0,17	0,2	1,56	91,26	0,12	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,02	0,01	0,01	0,06	0,85
S8C1	442110	4519711	0,0-1,0	3,5	23/7/07	0,18	0,2	1,25	547,7	0,11	0,09	0,03	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03	0,05	0,79

**Tabella 1b - Superamenti suoli saturi per destinazione d'uso residenziale**

D.L.gs n 152/06 Tabella 1, Colonna A All. 5 Parte Quarta (mg/Kg s.s.)		20	2	2	1	100	120	1	1	150	0,5	0,5	5	0,5	50	10	0,5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10	0,5			
Sondaggio/piezometro	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c.	Data prelievo	Arsenico	Berillio	Cadmio	Mercurio	Piombo	Rame	Stagno	Tallio	Zinco	Etilbenzene	Xilene	Pirene	Sommatoria org.aromatici	Idrocarburi pesanti C >12	Idrocarburi leggeri C <12	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(a,e)pirene	Dibenzo(a,l)pirene	Dibenzo(a,i)pirene	Dibenzo(a,h)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Sommatoria policiclici aromatici	Clorobenzene
P1C2	442022	4519873	4,0-5,0	4,3	23/7/07	12	4,8	<0,22	<0,2	24,1	41,6	<b>2,06</b>	<b>1,50</b>	42,3	<0,05	<0,05	<0,01	<0,2	40	<1	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	
P2C2	442137	4519737	4,0-5,0	3,2	23/7/07	13	1,65	0,22	0,3	36,5	46,6	<b>2,72</b>	0,8	61,6	0,05	0,05	0,6	0,2	<b>67,38</b>	1	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,28	0,01	
P2C3	442137	4519737	9,0-10,0	3,2	23/7/07	9,6	<b>2,16</b>	0,22	0,2	9,7	17,5	0,9	0,8	22,1	0,05	0,05	0,01	0,2	26	1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01		
P3C3	442059	4519738	9,0-10,0	4,9	23/7/07	<b>20,9</b>	2	0,22	0,2	20,3	24,8	<b>2,47</b>	0,8	34,4	0,05	0,05	0,09	0,2	36	1	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,31	0,01		

D.L.gs n 152/06 Tabella 1, Colonna A All. 5 Parte Quarta (mg/Kg s.s.)						20	2	2	1	100	120	1	1	150	0,5	0,5	5	0,5	50	10	0,5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10	0,5	
Sondaggio/piezometro	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c.	Data prelievo	Arsenico	Berillio	Cadmio	Mercurio	Piombo	Rame	Stagno	Tallio	Zinco	Etilbenzene	Xilene	Pirene	Sommatoria org.aromatici	Idrocarburi pesanti C >12	Idrocarburi leggeri C <12	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(a,e)pirene	Dibenzo(a,l)pirene	Dibenzo(a,i)pirene	Dibenzo(a,h)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Sommatoria policiclici aromatici	Clorobenzene
P4C2	441938	4519797	4,0-5,0	3	23/7/07	13	1,48	0,48	0,4	<b>169,53</b>	<b>388,60</b>	<b>27,91</b>	0,8	<b>152,09</b>	0,05	0,05	3,28	0,2	<b>98,37</b>	1	<b>1,44</b>	<b>0,93</b>	0,34	<b>0,48</b>	<b>0,58</b>	<b>0,2</b>	<b>0,43</b>	<b>0,11</b>	0,01	<b>0,19</b>	<b>0,58</b>	8,7	0,01
P4C3	441938	4519797	9,0-10,0	3	23/7/07	20	<b>2,12</b>	0,47	0,2	28,2	36,4	<b>3,82</b>	0,8	49	0,05	0,05	0,51	0,2	47	1	0,34	<b>0,195</b>	0,17	0,1	0,1	0,04	0,07	0,02	0,01	0,05	0,09	2	0,01
S1C2	442059	4519803	4,0-5,0	3	23/7/07	16,3	<b>2,56</b>	0,31	0,2	38,6	42	<b>4,65</b>	0,8	57,9	0,05	0,05	1,25	0,2	<b>143,45</b>	1	<b>1,054</b>	<b>0,64</b>	0,48	0,46	<b>0,32</b>	<b>0,13</b>	<b>0,26</b>	0,09	0,03	0,03	6,26	0,01	
S1C3	442059	4519803	9,0-10,0	3	23/7/07	8,9	<b>2,08</b>	0,26	0,2	17,1	30,3	0,85	0,8	32	0,05	0,05	0,14	0,2	17	1	0,09	0,06	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,56	0,01	
S2C2	442064	4519683	4,0-5,0	3	23/7/07	5,5	1,87	0,84	0,2	31,2	31,1	<b>1,19</b>	0,9	<b>23035</b>	<b>94,35</b>	<b>137,7</b>	0,01	<b>232,05</b>	<b>15838,9</b>	<b>3760,4</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	<b>2,84</b>		

D.L.gs n 152/06 Tabella 1, Colonna A All. 5 Parte Quarta (mg/Kg s.s.)				20	2	2	1	100	120	1	1	150	0,5	0,5	5	0,5	50	10	0,5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10	0,5			
Sondaggio/piezometro	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c.	Data prelievo	Arsenico	Berillio	Cadmio	Mercurio	Piombo	Rame	Stagno	Tallio	Zinco	Etilbenzene	Xilene	Pirene	Sommatoria org.aromatici	Idrocarburi pesanti C >12	Idrocarburi leggeri C <12	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(a,e)pirene	Dibenzo(a,l)pirene	Dibenzo(a,i)pirene	Dibenzo(a,h)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Sommatoria policiclici aromatici	Clorobenzene
S2C3	442064	4519683	9,0-10,0	3	23/7/07	18,2	2	2,39	0,2	22,4	34,1	2,79	0,8	450,12	1,07	1,41	0,22	2,52	313,41	119,04	0,13	0,08	0,03	0,06	0,05	0,03	0,07	0,01	0,01	0,02	0,05	0,85	0,02
S3C2	442009	4519749	4,0-5,0	3	23/7/07	10,4	2,16	0,22	0,7	62	55	4,56	0,92	72	0,05	0,05	0,17	0,2	113,6	1	0,11	0,08	0,03	0,04	0,06	0,03	0,06	0,02	0,03	0,02	0,06	0,79	0,01
S3C3	442009	4519749	9,0-10,0	3	23/7/07	17,57	2,17	0,22	0,25	29	32,5	4,78	0,8	55	0,05	0,05	0,27	0,2	127,89	1	0,15	0,095	0,08	0,06	0,06	0,02	0,06	0,02	0,02	0,03	0,05	1,04	0,01
S4C2	441982	4519844	4,0-5,0	4	23/7/07	11	2,14	0,22	0,5	81,8	49,2	8,3	0,95	82,1	0,05	0,05	2,05	0,2	201,05	1	0,94	0,59	0,41	0,34	0,27	0,1	0,22	0,09	0,05	0,11	0,26	6,72	0,01
S4C3	441982	4519844	9,0-10,0	4	23/7/07	14	1,58	1,02	0,2	12,6	23,2	0,4	0,8	21,2	0,05	0,05	0,01	0,2	61,2	1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	

D.L.gs n 152/06 Tabella 1, Colonna A All. 5 Parte Quarta (mg/Kg s.s.)					20	2	2	1	100	120	1	1	150	0,5	0,5	5	0,5	50	10	0,5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10	0,5	
Sondaggio/piezometro	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c.	Data prelievo	Arsenico	Berillio	Cadmio	Mercurio	Piombo	Rame	Stagno	Tallio	Zinco	Etilbenzene	Xilene	Pirene	Sommatoria org.aromatici	Idrocarburi pesanti C >12	Idrocarburi leggeri C <12	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(a,e)pirene	Dibenzo(a,l)pirene	Dibenzo(a,i)pirene	Dibenzo(a,h)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Sommatoria policiclici aromatici	Clorobenzene
S5C2	442027	4519767	4,0-5,0	3,5	23/7/07	15,7	1,47	0,22	0,2	60,2	34,6	<b>5,06</b>	0,8	101	0,05	0,05	<b>5,11</b>	0,2	1	<b>2,99</b>	<b>3,35</b>	<b>3,62</b>	<b>2,61</b>	<b>2,33</b>	0,07	0,03	0,06	0,02	0,07	<b>2,18</b>	<b>25,04</b>	0,01	
S5C3	442027	4519767	9,0-10,0	3,5	23/7/07	9	<b>2,21</b>	0,22	0,2	14,4	24,2	<b>1,42</b>	0,8	47,2	0,05	0,05	0,01	0,2	1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	
S6C2	442035	4519706	4,0-5,0	3,3	23/7/07	8	1,68	0,26	0,3	33,2	46,1	<b>1,68</b>	0,83	50,6	0,05	0,05	0,31	0,2	1	0,18	0,08	0,06	0,05	0,07	0,03	0,05	0,01	0,06	0,03	0,07	1,18	0,01	
S6C3	442035	4519706	9,0-10,0	3,3	23/7/07	14,5	1,98	0,22	0,2	23	31,5	<b>2,24</b>	0,8	48,4	0,05	0,05	0,59	0,2	1	0,34	<b>0,2</b>	0,18	0,1	0,096	0,05	0,09	0,05	0,02	0,05	0,08	2,21	0,01	
S7C2	442093	4519772	4,0-5,0	3,5	23/7/07	10	0,9	0,65	0,2	<b>247,85</b>	<b>437,6</b>	<b>48,42</b>	0,8	189	0,05	0,05	1,02	0,2	1	0,26	<b>0,15</b>	0,38	0,38	0,07	0,08	0,06	0,07	0,01	0,09	0,07	5,33	0,01	

D.L.gs n 152/06 Tabella 1, Colonna A All. 5 Parte Quarta (mg/Kg s.s.)					20	2	2	1	100	120	1	1	150	0,5	0,5	5	0,5	50	10	0,5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	10	0,5		
Sondaggio/piezometro	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c.	Data prelievo	Arsenico	Berillio	Cadmio	Mercurio	Piombo	Rame	Stagno	Tallio	Zinco	Etilbenzene	Xilene	Pirene	Sommatoria org.aromatici	Idrocarburi pesanti C >12	Idrocarburi pesanti C <12	Benzo(a)antracene	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(ghi)perilene	Dibenzo(a,e)pirene	Dibenzo(a,l)pirene	Dibenzo(a,i)pirene	Dibenzo(a,h)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Sommatoria policiclici aromatici	Clorobenzene	
S7C3	442093	4519772	9,0-10,0	3,5	23/7/07	8,1	<b>2,91</b>	0,22	0,2	14,3	21,4	<b>1,16</b>	0,8	25,4	0,05	0,05	0,02	0,02	22	1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01		
S8C2	442110	4519711	4,0-5,0	3,5	23/7/07	16	1,45	0,22	0,2	53,2	78,4	<b>6,95</b>	0,8	69,4	0,05	0,05	0,76	0,2	<b>191,97</b>	1	0,41	<b>0,26</b>	0,16	0,15	<b>0,14</b>	0,07	<b>0,15</b>	0,06	0,06	0,06	0,06	<b>0,11</b>	3,09	0,01
S8C3	442110	4519711	9,0-10,0	3,5	23/7/07	<b>23,5</b>	1,88	0,22	0,2	16,6	22,3	<b>1,41</b>	0,8	34,2	0,05	0,05	0,29	0,2	26	1	0,19	<b>0,11</b>	0,05	0,07	0,06	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,06	1,12	0,01	



**Tabella 1c - Superamenti suoli saturi \_ colonna B**

D.L.gs n 152/06 Tabella 1, Colonna A All. 5 Parte Quarta (mg/Kg s.s.)						1500	50	50	100	750	250
Sondaggio/piezometro	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c.	Data prelievo	Zinco	Etilbenzene	Xilene	Sommatoria org.aromatici	Idrocarburi pesanti C >12	Idrocarburi leggeri C <12
S2C2	442064	4519683	4,0-5,0	3	23/7/07	<b>23035</b>	<b>94,35</b>	<b>137,7</b>	<b>232,05</b>	<b>15838,9</b>	<b>3760,4</b>

**Tabella 2 – Superamenti Acque sotterranee**

D.lgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.2 - (µg/l)						350	0,001	0,15	0,3	0,13	10	50	20	10
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c./ Sondaggio (m)	Data prelievo	Idrocarburi totali come n-esano	1,2,3-tricloropropano	Triclorometano	Tribromometano	Dibromoclorometano	Arsenico	Manganese	Nichel	Selenio
P1	442022	4519873	10	4.25	31/7/07	121	<b>0,079</b>	<0,02	<0,02	<0,02	<b>11,7</b>	30	<2	2
P2	442137	4519737	10	3.20	31/7/07	<b>439</b>	<0.0005	<b>4,47</b>	<0,02	<0,02	<b>29</b>	<b>8700</b>	<b>25</b>	2
P3	442059	4519738	10	3.30	31/7/07	152	<0.0005	<0,02	<0,11	<0,02	5	<b>52</b>	<2	2
P4	441938	4519797	10	3.00	31/7/07	149	<0.0005	<0,02	<b>0,52</b>	<b>0,29</b>	5	<b>62,2</b>	<2	<b>11,8</b>

Sulla base dei dati indicati nelle tabelle sopra riportate, si può osservare quanto segue:

- Suoli rispetto alla colonna A:

- nel suolo insaturo, i risultati mostrano una contaminazione da idrocarburi pesanti nella maggior parte dei sondaggi e superamenti di alcuni IPA in circa il 50 % dei sondaggi. Sono presenti alcuni hot spot per Mercurio e Pirene. Lo Stagno è inferiore ai valori di fondo dell'area;
- nel suolo saturo si evidenziano in corrispondenza del sondaggio S2 superamenti significativi per Zinco, Aromatici, Idrocarburi pesanti e leggeri. Idrocarburi si rilevano in concentrazioni molto minori in circa il 50% dei sondaggi, mentre gli IPA sono presenti in alcuni sondaggi con concentrazioni dello stesso ordine di grandezza del limite di riferimento, ad eccezione del sondaggio S5C2 in cui i superamenti sono più significativi.
- Suoli rispetto alla colonna B: solo il sondaggio S2C2 nel suolo saturo ha evidenziato superamenti con concentrazioni elevate di Idrocarburi pesanti e leggeri e di Zinco e superamenti di circa un ordine di grandezza per Etilbenzene e Xilene.
- Acque sotterranee: si evidenziano nei piezometri di monte (P1, P2) superamenti per Idrocarburi totali, 1,2,3-Tricloropropano, Triclorometano, mentre nei piezometri di valle (P3, P4) si rilevano esclusivamente Dibromoclorometano e Tribromometano.

Una prima analisi dei risultati della caratterizzazione indica assenza di correlazione tra la contaminazione in falda e quella nei suoli per tutte le sostanze investigate, ad eccezione degli idrocarburi che sono stati rinvenuti sia nei suoli, insaturi e saturi, che in falda. C'è da rilevare, tuttavia, che l'unico superamento rilevato in falda è a monte idrogeologico e che l'unico superamento di idrocarburi rispetto a colonna B è un hot spot nel saturo, a valle del sito. Pertanto è ragionevole ipotizzare che per il sito in esame la contaminazione in falda da idrocarburi non provenga dall'hot spot individuato, che comunque, date le elevate concentrazioni di inquinanti, andrebbe considerato come una sorgente di contaminazione da trattare adeguatamente.





Figura 4 – Superamenti colonna B, suoli saturi



Figura 5 – Superamenti acque



## 2. METODOLOGIA DELL'ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE

L'analisi di rischio rappresenta una procedura avanzata per valutare il grado di contaminazione di un sito e dei rischi per la salute umana e per l'ambiente circostante connessi con l'inquinamento rilevato. Essa costituisce lo strumento più indicato per supportare le strategie di gestione della contaminazione e per quantificare i pericoli legati alla presenza di sostanze presenti in concentrazioni superiori a quelle previste dalla normativa vigente.

La procedura di analisi di rischio codificata dall'ASTM e ripresa dal D.lgs. 152/06 - Parte IV – Titolo V e s.m.i., prevede un approccio graduale di approfondimento, denominato Risk Based Corrective Action (RBCA). Tale approccio è articolato in tre differenti livelli di approfondimento, che si differenziano fondamentalmente per conservatività, difficoltà di applicazione e rappresentatività sito specifica.

Il livello di dettaglio dell'analisi di rischio è legato allo scopo che ci si prefigge e alla complessità e criticità del sito:

- Risk Screening (livello 1)
- Procedura sito specifica (livello 2)
- Procedura approfondita (livello3)

I tre livelli possono così essere definiti:

- **primo livello (Tier 1)** corrisponde ad una valutazione di screening, in cui vengono determinati, sulla base di scenari, modelli ed assunzioni conservative generiche, i *Risk Based Screening Levels* (RBSL). I valori RBSL sono valori di concentrazione per le diverse matrici ambientali che hanno valore generico e non sito specifico. Se le concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito superano i suddetti valori, i RBSL possono essere un riferimento per gli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 2 di analisi che prevede la caratterizzazione specifica del sito;
- **secondo livello (Tier 2)** consiste in una valutazione sito specifica in cui vengono calcolati i *Site Specific Target Level* (SSTL), che corrispondono ai valori di concentrazione che possono costituire gli obiettivi di bonifica per le matrici contaminate. Nel livello 2 sono utilizzati modelli di trasporto analitici, in cui i dati d'ingresso sono ricavati da indagini ambientali condotte in sito. Qualora alcuni dati di input non siano disponibili, si ricorre a valori riportati in letteratura o a dati validati da studi condotti in contesti ambientali analoghi. Se le concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito superano i SSTL, questi ultimi possono essere presi come riferimento nell'individuazione degli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 3 di analisi che prevede l'uso di modelli di simulazione complessi e un maggior numero di dati;

- **terzo livello (Tier 3)** rappresenta lo stadio più approfondito di analisi di rischio. Il terzo livello prevede l'uso di strumenti di calcolo più complessi, costituiti da modelli numerici e stocastici per la simulazione dei fenomeni di trasporto dei contaminanti. L'applicazione dell'analisi di rischio di terzo livello è possibile nel caso in cui si disponga di dati chimici, biologici e fisici specifici del sito, necessari alla completa determinazione dei fenomeni di riduzione del carico di contaminante in atto nel sottosuolo. Nella procedura di analisi di rischio sanitario (AdR), connessa alla contaminazione di un sito, è importante determinare il ‘Modello Concettuale del Sito’ (MCS). Tale modello è il frutto di indagini ed analisi di caratterizzazione del sito e la sua definizione comprende essenzialmente la ricostruzione dei caratteri delle tre componenti principali che costituiscono l'AdR:

**Sorgente**  $\Rightarrow$  **Trasporto**  $\Rightarrow$  **Bersaglio**

pertanto devono essere definiti:

- **Le sorgenti di contaminazione:** queste si differenziano in sorgenti primarie, rappresentate dall'elemento che è causa di inquinamento, e sorgenti secondarie identificate invece con il comparto ambientale contaminato (suolo, acqua, aria). Le sorgenti secondarie possono suddividersi in:
  - zona insatura, a sua volta distinta in suolo superficiale (profondità fino a 1 m) e suolo profondo (profondità superiori a 1 m);
  - zona satura o acqua sotterranea.

In accordo agli standard di riferimento la procedura di analisi di rischio viene applicata esclusivamente alle sorgenti secondarie di contaminazione.

- **Le vie di migrazione/percorsi di esposizione:** vengono distinte in base alla sorgente di contaminazione. Per il suolo superficiale si considerano l'ingestione di suolo, il contatto dermico, l'inalazione di vapori e polveri e la lisciviazione verso la risorsa idrica sotterranea; nel caso di un suolo profondo vengono attivati i percorsi di volatilizzazione e di lisciviazione in falda; per la zona satura infine la volatilizzazione e la migrazione verso il punto di conformità, cioè il punto “teorico” o “reale” di valle idrogeologico, in corrispondenza del quale devono essere rispettati gli obiettivi di qualità delle acque sotterranee.
- **I bersagli della contaminazione:** vengono presi in considerazione solo recettori umani, distinti in base alla destinazione d'uso del suolo contaminato, ovvero per aree residenziali/verde pubblico i bersagli sono adulti e bambini mentre per aree industriali/commerciali sono solo adulti (lavoratori).

## 2.1 Rischio: definizione e accettabilità

Il rischio (R) derivante da un sito contaminato è dato dalla seguente espressione:

**R = E x T** dove:



**E** = esposizione, definisce la condizione in cui un composto chimico viene a contatto con il recettore ed è il termine che quantifica la probabilità di contatto degli inquinanti con i bersagli.

L'esposizione è pari al prodotto tra la concentrazione del contaminante al punto di esposizione e i fattori di esposizione (tasso di contatto, durata e frequenza di esposizione, peso corporeo, durata della vita etc.).

**T** = tossicità di un composto chimico, stimato mediante studi scientifici condotti da organismi internazionali, fornito sotto forma di valori di potenziali cancerogeni o delle dosi massime assimilabili, a seconda che si tratti di una sostanza cancerogena o non cancerogena.

Il rischio **R** viene confrontato con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi del rischio sanitario, per decidere se esistono o meno condizioni in grado di causare effetti sanitari nocivi. Il calcolo del rischio si differenzia a seconda che l'inquinante sia cancerogeno oppure non cancerogeno.

Per quantificare il rischio per la salute umana dovuto all'esposizione alla contaminazione, e valutarne l'accettabilità o la non accettabilità, si devono calcolare i quozienti di pericolo HI (*Hazard Index*) per le sostanze non cancerogene e i valori di rischio incrementale R per le sostanze cancerogene:

$$HI = Dose\ Assunta / Reference\ Dose\ (RfD)$$

$$R = Dose\ Assunta \times Slope\ Factor\ (SF),$$

in cui la **dose assunta**, ovvero la dose media giornaliera assunta, viene espressa come mg/kg giorno; **la dose di riferimento (RfD)** è espressa in mg/kg giorno e rappresenta la dose massima ammissibile, cioè la dose o concentrazione di sostanza tossica per la quale, in letteratura, non vengono riportati effetti avversi per l'uomo esposto alla sostanza stessa; **lo Slope Factor (SF)** è espresso in (mg/kg giorno)<sup>-1</sup>, esso rappresenta il potenziale cancerogeno e stima la probabilità incrementale di ammalarsi di cancro nel corso della vita, associata all'assunzione di una dose unitaria di una certa sostanza cancerogena per unità di peso corporeo. Per le sostanze cancerogene, a differenza di quelle semplicemente tossiche, si ritiene che non esista un valore di soglia al di sotto della quale non vi siano effetti. Ciò a significare che non esiste un livello di esposizione alla sostanza che non ponga una probabilità anche se minima di generare una risposta cancerogena, in pratica non esiste una dose senza rischi.

A livello nazionale, secondo quanto previsto nel Testo Unico in campo Ambientale (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), il rischio per la salute umana è accettabile se sussistono le seguenti condizioni:

- R per singola sostanza  $\leq 10^{-6}$ ;
- R cumulato  $\leq 10^{-5}$ ;
- HI per singola sostanza  $\leq 1$  (non c'è rischio, in caso contrario si possono avere effetti non cancerogeni ma patologici sulla popolazione più sensibile);
- HI cumulato  $\leq 1$  (non c'è rischio, in caso contrario si possono avere effetti non cancerogeni ma patologici sulla popolazione più sensibile).

### 3. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA

L'analisi di rischio applicata nel presente studio è di secondo livello (*Tier 2*), pertanto è stata effettuata una valutazione sito specifica in cui i dati d'ingresso sono stati ricavati da indagini ambientali condotte in sito e, in assenza di queste, da valori riportati in letteratura o da dati validati da studi condotti in contesti ambientali analoghi.

#### 3.1 *Modello concettuale sito specifico*

L'analisi di rischio è stata svolta in modalità sia diretta che inversa ai fini del calcolo del rischio per inalazione proveniente dalla sorgente falda e delle Concentrazioni Soglia di Rischio per il rispetto del rischio sanitario.

Il software utilizzato è Risk-net 2.0 sviluppato nell'ambito della rete RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Il software permette di calcolare il rischio (e le CSR) legato alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08). Sulla base di quanto riportato al paragrafo 1.2.3, sono stati valutati due differenti scenari che fanno riferimento rispettivamente ai superamenti delle CSC di cui alla colonna A ed ai superamenti delle CSC di cui alla colonna B dell'Allegato 5 alla parte IV del D.Lgs 152/2006.

##### 3.1.1 *Analisi di rischio colonna A*

- *Sorgenti*

Le matrici ambientali considerate quali sorgenti secondarie di contaminazione sono il suolo superficiale, il suolo profondo e la falda, le cui estensioni coincidono con l'intera superficie del sito. La caratterizzazione ambientale non ha previsto l'analisi di campioni di suolo profondo (compresi tra 1 m ed il piano di falda), pertanto in via cautelativa al suolo profondo è stata associata la contaminazione rinvenuta nel suolo superficiale.

- *Vie di trasporto e percorsi di esposizione*

Le vie di trasporto attivate sono:

**Suolo superficiale** – vista la presenza di analiti volatili è stata attivata l'Inalazione di Vapori Outdoor ed Indoor sia on site che off site. E' stata inoltre attivata la lisciviazione in falda. Infine, a titolo del tutto cautelativo, vista la presenza di una limitata e periferica porzione di sito costituita da un'aiuola, sono stati attivati anche i percorsi di ingestione di Suolo e Contatto dermico, l'inalazione di polveri Outdoor ed Indoor sia on site che off site.

**Suolo profondo** – vista la presenza di analiti volatili è stata attivata l’Inalazione di Vapori Outdoor ed Indoor sia on site che off site. E’ stata inoltre attivata la lisciviazione in falda.

**Falda** – è stata attivata l’Inalazione di Vapori Outdoor ed Indoor sia on site che off site. Non è stato attivato il percorso di trasporto in falda in quanto al punto di conformità già non risultano rispettati i valori delle CSC di cui all’allegato 5 alla parte quarta del D.Lgs. 152/2006 visto che la sorgente di contaminazione in falda coincide con l’intera superficie del sito. L’inalazione di vapori off site è stata attivata in quanto per gli idrocarburi è stata rilevata contaminazione sia nei suoli che in falda.

- **Bersagli**

In base all’utilizzo pregresso dell’area e a quello attuale dell’area, i potenziali bersagli on site sono adulti lavoratori. Nell’area esterna, nel raggio di 30 m, sono presenti sia edifici residenziali che commerciali, pertanto i bersagli off site considerati sono i residenti. I contaminanti per i quali è stata effettuata l’analisi di rischio e le relative concentrazioni rappresentative delle sorgenti nel suolo superficiale e profondo e nelle acque sotterranee sono indicati nelle tabelle 3 e 4.

Tali valori corrispondono alle concentrazioni massime rilevate, comprese le analisi eseguite dall’Ente di Controllo.

I parametri chimico fisici e tossicologici utilizzati sono quelli riportati nella banca dati ISS-ISPEL, aggiornata a Marzo 2015.

**Tabella 3 - Concentrazioni rappresentative delle sorgenti Suolo Superficiale e Profondo**

Contaminante	CRS (mg/kg)
Mercurio	2,68
Idrocarburi pesanti C >12	547,68
Benzo(a)antracene	1,561
Benzo(a)pirene	3,182
Benzo(b)fluorantene	3,813
Benzo(k)fluorantene	2,194
Benzo(ghi)perilene	4,266
Dibenzo(a,e)pirene	0,31
Dibenzo(a,l)pirene	0,59
Dibenzo(a,i)pirene	0,22
Dibenzo(a,h)pirene	0,37
Dibenzo(a,h)antracene	0,644
Indeno[1,2,3-cd]pirene	3,359

<b>Contaminante</b>	<b>CRS (µg/l)</b>
Idrocarburi totali come n-esano	439
1,2,3-tricloropropano	0,079
Triclorometano	4,47
Tribromometano	0,52
Dibromoclorometano	0,29

### 3.1.2 *Analisi di rischio colonna B*

- **Sorgenti**

L'unica matrice ambientale considerata quale sorgente secondaria di contaminazione è la falda, la cui estensione coincide con l'intera superficie del sito.

- **Vie di trasporto e percorsi di esposizione**

**Falda** – è stata attivata l'Inalazione di Vapori Outdoor ed Indoor on site. Non è stato attivato il percorso di trasporto in falda in quanto al punto di conformità già non risultano rispettati i valori delle CSC di cui all'allegato 5 alla parte quarta del D.Lgs. 152/2006 visto che la sorgente di contaminazione in falda coincide con l'intera superficie del sito.

- **Bersagli**

In base all'utilizzo pregresso ed attuale dell'area, i potenziali bersagli on site sono adulti lavoratori.

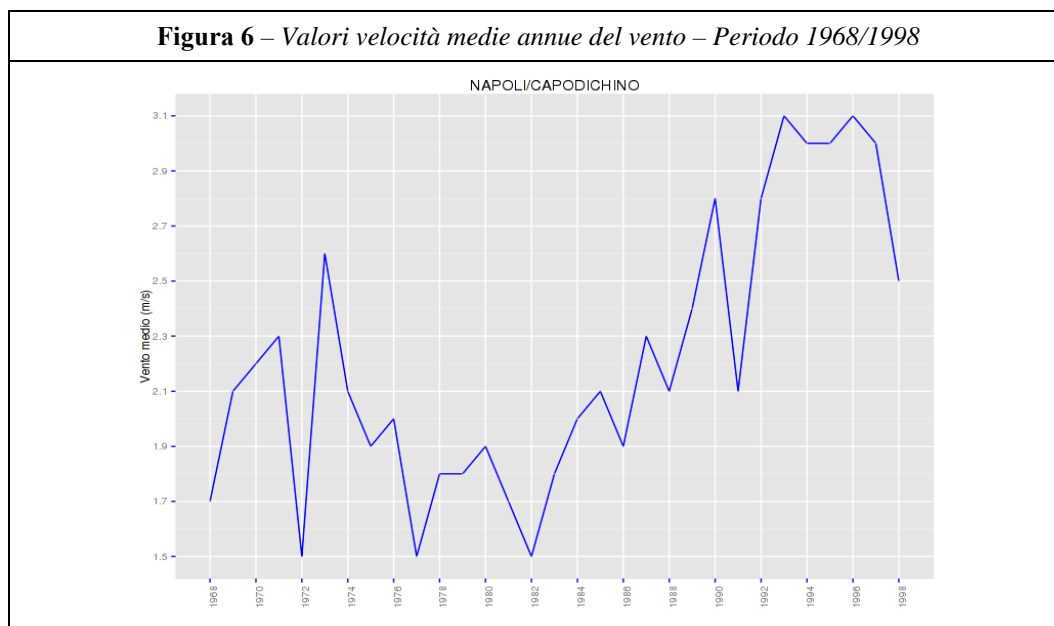
I contaminanti per i quali è stata effettuata l'analisi di rischio, con le relative concentrazioni rappresentative delle Acque Sotterranee sono indicati nella tabella 4.

## 3.2 *Parametri sito-specifici*

### 3.2.1 *Parametri meteo climatici*

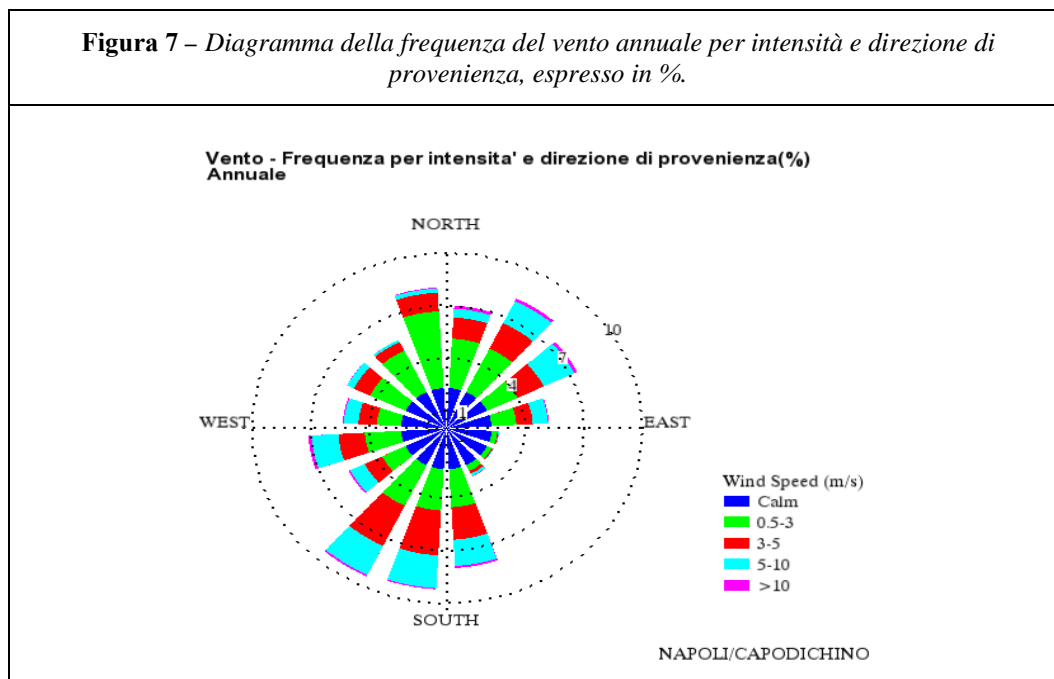
Per quel che concerne la velocità del vento e la piovosità, sono stati utilizzati i dati meteorologici ricavati dall'archivio SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale) al link <http://www.scia.isprambiente.it> e fanno riferimento alla stazione meteo di Napoli Capodichino.

Nella Figura 6 vengono rappresentate le velocità medie annuali del vento relativamente alla serie storica 1968 -1998, mentre nell'allegato 10 si riportano i valori della velocità media del vento per ogni anno. Il valore utilizzato ai fini dell'implementazione dell'analisi di rischio è **1,5 m/s** corrispondente al minimo rilevato.



Ai fini della stima del valore di velocità media del vento alla quota di 2 m, all'interno del software sono state impostate una quota di 10 m della centralina meteo di riferimento, una classe di stabilità atmosferica D ed una tipologia di suolo “urbano”.

Nella Figura 7 viene riportato il diagramma della frequenza del vento in relazione all'intensità ed alla direzione di provenienza.

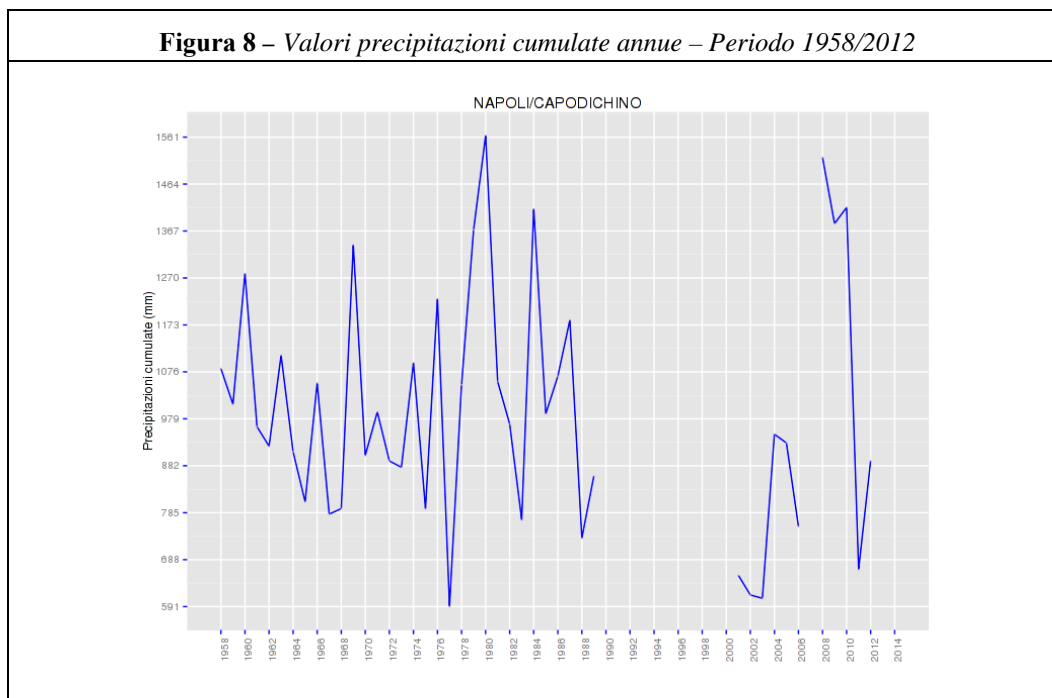


Nella Tabella 5 vengono riportati i valori utilizzati per l’elaborazione dello stesso. La direzione principale di provenienza del vento è S-SW.

**Tabella 5 – Percentuali delle frequenze dell’intensità del vento, per l’elaborazione diagramma anemometrico.**

Intensità (m/s)		CALM	0.5 – 3.0	3.0 – 5.0	5.0 – 10.0	> 10.0
Frequenze espresse in %	Settore 1	2.31	2.82	1.21	0.50	0.18
	Settore 2	2.31	2.74	1.60	1.40	0.17
	Settore 3	2.31	1.72	1.49	1.73	0.17
	Settore 4	2.31	1.28	0.83	0.79	0.04
	Settore 5	2.31	0.30	0.05	0.03	0.01
	Settore 6	2.31	0.26	0.06	0.04	0.00
	Settore 7	2.31	0.37	0.18	0.14	0.03
	Settore 8	2.31	2.18	1.85	1.50	0.12
	Settore 9	2.31	2.36	2.56	1.87	0.07
	Settore 10	2.31	2.57	2.54	1.83	0.10
	Settore 11	2.31	1.32	0.98	0.83	0.09
	Settore 12	2.31	1.85	1.35	1.38	0.16
	Settore 13	2.31	1.24	0.94	0.74	0.06
	Settore 14	2.31	2.02	0.91	0.39	0.01
	Settore 15	2.31	2.60	0.56	0.13	0.01
	Settore 16	2.31	4.38	1.07	0.24	0.05

Nella Figura 8 viene rappresentato l’andamento delle precipitazioni cumulate annue nel periodo 1958-2012, mentre in allegato 10 si riportano i corrispondenti valori annuali. Il valore utilizzato ai fini dell’implementazione dell’analisi di rischio è **1.561 mm/anno**, corrispondente al massimo rilevato.



### 3.2.2 Parametri di idrogeologia locale

Le indagini svolte sul sito in esame hanno permesso di individuare la presenza di una falda freatica la cui soggiacenza è di circa 3,50 m da p.c.

La direzione di flusso preferenziale è da Nord-Nord Est verso Sud-Sud Ovest, con un gradiente medio dell'ordine di 0,096%. L'acquifero intercettato è costituito da sabbie a granulometria medio-grossolana. In base alle prove di Slug test è stata stimata una permeabilità idraulica compresa tra  $9,24 \cdot 10^{-4}$  m/s e  $4,36 \cdot 10^{-3}$  m/s. Non è stata rilevata la presenza di prodotto surnatante in galleggiamento durante la campagna di monitoraggio del mese di Giugno 2007.

Nella Tabella 6 sono riportati i valori della conducibilità idraulica misurati in corrispondenza dei piezometri.

<i>Tabella 6 – Valori di conducibilità idraulica</i>		
Piezometro	Kr (m/s)	Kr (m/giorno)
P1	3.53E-04	30.49
P2	4.36E-03	376.70
P3	2.00E-04	17.28
P4	3.71E-04	32.05

Nella Tabella 7 sono riportati i valori della soggiacenza della falda rispetto al p.c., definiti in base all'elaborazione dei dati contenuti nelle stratigrafie dei piezometri, di cui all'allegato 12 e quelli contenuti nell'Allegato 13 in relazione alle quote delle isofreatiche rispetto al livello del mare.

<i>Tabella 7 – Valori di soggiacenza falda</i>		
Piezometro	Spessore della falda (cm)	Soggiacenza da p.c. (m)
P1	3500	4.25
P2	3500	3.20
P3	3500	2.90
P4	3500	3.00

### 3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo

Dall'esame delle stratigrafie, riportate nell'allegato 13, è possibile sintetizzare la seguente successione litologica:

- da 0,00 a 0,40 m da p.c.: asfalto;

- da 0,40 a 5,00 m da p.c.: terreno di riporto costituito da clasti poligenici eterometrici immersi in matrice sabbioso limosa marrone. Da circa 2,00 m sono presenti ceneri fini rimaneggiate, sabbioso limose e limo-sabbiose di colore variabile da grigio scuro a beige;
- da 5,00 a 10,00 m da p.c.: sabbie medio grossolane di colore grigio-nero con presenza di ciottoli sub-arrotondati di dimensioni sub-centimetriche. Non essendovi una presenza rilevante di limo il materiale risulta totalmente incoerente. Da circa 6,60-6,80 m si segnala la presenza di una intercalazioni limosa di colore beige. Alla base dello stato si rileva la presenza di laterizi e clasti lavici.

Dai risultati delle analisi granulometriche, di cui all'allegato 15, eseguite sui due campioni P1Cr1 4,00 m e P1Cr2 7,00 m si evince una litologia dei campioni saturi costituita da sabbia debolmente limosa.

Dall'analisi dei dati è stato definito il valore di densità del suolo correlato alla profondità per il campione P1 Cr1 e P1 Cr2 e riportato in Tabella 8:

<b>Tabella 8 – Valori di densità del suolo</b>		
Campione	Profondità (m)	Densità (g/cm <sup>3</sup> )
P1 Cr1	7.00	2.66
P1 Cr2	7.00	2.68

#### 3.2.4 Distanze da aree residenziali e/o ricreative

Lungo la Via Boccaperti e adiacente al cancello d'ingresso al sito posto a nord ovest, si rinviene un fabbricato in muratura di tufo adibito ad uso residenziale per entrambi i due piani fuori terra. Non sono state individuate aree ricreative in zone limitrofe.

#### 3.2.5 Parametri degli edifici

Tutta l'area, ad eccezione di alcune aiuole, si presenta asfaltata, con presenza in diversi punti di fessurazioni anche di notevole spessore, mentre all'interno delle palazzine uffici e spogliatoi è presente una pavimentazione di tipo tradizionale.

La palazzina Uffici è caratterizzata da due piani fuori terra. Il Piano terra si presenta sopraelevato rispetto al piano stradale di circa 1.0 per la presenza di una camera d'aria interposta tra il suolo e il solaio in latero cemento di spessore pari a circa 25 cm. L'altezza del piano terra è di approssimativamente di circa 3.50 m.

I locali spogliatoi presentano invece un piano di calpestio posto alla stessa quota di quello stradale.

Nell'ambito dei manufatti edilizi non ci sono locali interrati, così come si è appreso da un sopralluogo ricognitivo del sito.



### 3.2.6 Tabella parametri sito specifici

In base al modello concettuale attivato, nella Tabella 9 vengono riportati i parametri richiesti dal software Risk-net ed i relativi valori implementati, selezionati in base a quanto previsto dai “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” e dal “Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06” elaborati da APAT-ARPA-ISS-ISPEL:

<b>Tabella 9 – Parametri implementati in Risknet</b>			
<b>Zona Insatura</b>		<b>U.M.</b>	<b>Valore</b>
<b>L<sub>s</sub> (SS)</b>	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	m	0,0
<b>d</b>	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	m	1,0
<b>L<sub>s</sub> (SP)</b>	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	m	1
<b>ds</b>	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	m	1,9/3,15
<b>L<sub>GW</sub></b>	Profondità del piano di falda	m	2,9/4,25
<b>h<sub>v</sub></b>	Spessore della zona insatura	m	2,8
<b>f<sub>oc, SS</sub></b>	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale	g-C/g-suolo	0,01
<b>pH</b>	pH	adim.	6,8
<b>ρ<sub>s</sub></b>	Densità del suolo	g/cm <sup>3</sup>	2,68
<b>θ<sub>e</sub></b>	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	0,385
<b>θ<sub>w</sub></b>	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	0,068
<b>θ<sub>a</sub></b>	Contenuto volumetrico di aria	adim.	0,317
<b>θ<sub>wcap</sub></b>	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capillare	adim.	0,33
<b>θ<sub>acap</sub></b>	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capillare	adim.	0,055
<b>h<sub>cap</sub></b>	Spessore frangia capillare	m	0,1
<b>I<sub>ef</sub></b>	Infiltrazione efficace	cm/anno	4,39E+01
<b>P</b>	Piovosità	cm/anno	156,1
<b>η<sub>outdoor</sub></b>	Frazione areale di fratture outdoor (solo per lisciviazione)	adim.	1,0

<b>Zona Saturata</b>			<b>Valore</b>
<b>W</b>	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	m	129,0
<b>S<sub>w</sub></b>	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	m	216,0
<b>d<sub>a</sub></b>	Spessore acquifero	m	35,0
<b>K<sub>sat</sub></b>	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	3,71E-04
<b>i</b>	Gradiente idraulico	adim.	0,096
<b>v<sub>gw</sub></b>	Velocità di Darcy	m/s	4,19E-04
<b>v<sub>e</sub></b>	Velocità media effettiva nella falda	m/s	1,19E-03
<b>θ<sub>e sat</sub></b>	Porosità efficace del terreno in zona saturata	adim.	0,353
<b>f<sub>oc</sub></b>	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-suolo	0,001
<b>POC</b>	Distanza recettore off site (DAF)	m	0

$\delta_{gw}$	Spessore della zona di miscelazione in falda	m	1,37E+01
<b>LDF</b>	Fattore di diluizione in falda	adim.	3,19E+03

Ambiente Outdoor			Valore
$\delta_{air}$	Altezza della zona di miscelazione	m	<u>2,0</u>
<b>W'</b>	Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	m	<u>129,0</u>
<b>S<sub>w</sub>'</b>	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	m	<u>216,0</u>
<b>U<sub>air</sub></b>	Velocità del vento	m/s	<u>1,0031</u>
<b>P<sub>e</sub></b>	Portata di particolato per unità di superficie	g/(cm·s <sup>2</sup> )	<u>6,90E-14</u>
<b><math>\tau_{outdoor}</math></b>	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	<u>25,0</u>
<b>POE ADF</b>	Distanza recettore off site (ADF)	m	<u>2,0</u>
$\sigma_y$	Coefficiente di dispersione trasversale	m	<u>7,99E-01</u>
$\sigma_z$	Coefficiente di dispersione verticale	m	<u>6,99E-01</u>

Ambiente Indoor			Valore
<b>Edificio On-Site</b>			
<b>Z<sub>crack</sub></b>	Profondità fondazioni da p.c.	m	0,15
<b>L<sub>crack</sub></b>	Spessore delle fondazioni/muri	m	0,25
<b><math>\eta</math></b>	Frazione areale di fratture indoor	adim.	0,01
<b>L<sub>b</sub></b>	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione	m	3,0
<b><math>\theta_{wcrack}</math></b>	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0,12
<b><math>\theta_{acrack}</math></b>	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0,26
<b>ER</b>	Tasso di ricambio di aria indoor	1/s	2,30E-04
<b><math>\tau_{indoor}</math></b>	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	25,0

**Edificio Off-site**

<b>Z<sub>crack</sub></b>	Profondità fondazioni da p.c.	m	0,15
<b>L<sub>crack</sub></b>	Spessore delle fondazioni/muri	m	0,15
<b><math>\eta</math></b>	Frazione areale di fratture indoor	adim.	0,01
<b>L<sub>b</sub></b>	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione	m	2,0
<b><math>\theta_{wcrack}</math></b>	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0,12
<b><math>\theta_{acrack}</math></b>	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0,26
<b>ER</b>	Tasso di ricambio di aria indoor	1/s	1,40E-04
<b><math>\tau_{indoor}</math></b>	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	30,0

Le considerazioni effettuate ai fini della scelta dei valori dei parametri sopra indicati sono:

- le dimensioni della sorgente rispetto alle direzioni del vento e della falda sono le massime così come evidenziato nelle Figure 9 e 10;

**Figura 9 - Dimensioni della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda**



**Figura 10 – Dimensioni della sorgente rispetto alla direzione principale del vento**



- per la soggiacenza delle falda è stato selezionato sia il valore minimo che massimo (2,9 m e 4,25 dal p.c.);
- lo spessore del suolo profondo insaturo è stato considerato, in base al valore di soggiacenza selezionato, pari sia a 1,9 m che 3,15 m;
- come densità del suolo è stato inserito il valore maggiore (2,68 g/cm<sup>3</sup>);
- la velocità del vento è stata selezionata considerando il valore minore tra quelli riportati nell'allegato 10 (1,5 m/s), un suolo “urbano” ed una classe di stabilità D;
- l'infiltrazione efficace è stata calcolata a partire dal massimo dei valori di piovosità media annua indicati nell'allegato 10 (1561 mm/anno);
- la tessitura del suolo insaturo è stata assimilata ad una sabbia mentre quella del terreno saturo ad una sabbia limosa;
- come valore di conducibilità idraulica è stato considerato il minimo (3.71x10<sup>-4</sup> m/s);
- alle aree scoperte, pur essendo pavimentate, è stata assegnata un valore della frazione areale di fratture pari a 1, in quanto il sopralluogo effettuato ha evidenziato la presenza di numerose fratture e soprattutto, al margine settentrionale del sito, l'esistenza di un'aiuola;
- la distanza del recettore off site, considerando l'edificio più vicino ad uso residenziale, è stata posta pari a 2 m (vedi Figura 9);

Relativamente alla scelta dei contaminanti:

- Arsenico, Manganese, Nichel e Selenio le cui concentrazioni misurate in falda eccedono le CSC, sono stati esclusi dalle elaborazioni effettuate in quanto non sono volatili;
- per gli Idrocarburi non essendo stata effettuata una speciazione degli stessi, si è proceduto selezionando la frazione più cautelativa rispetto ai percorsi di esposizione attivati;
- per il Mercurio si è proceduto selezionando la frazione più cautelativa rispetto ai percorsi di esposizione attivati;
- da tutte le elaborazioni è stato escluso lo Stagno in quanto analita non più normato a seguito dell'emanazione della Legge 11 agosto 2014, n. 116;
- per il Berillio è stato considerato il valore soglia di 6 mg/kg come fondo naturale per terreni di riporto del SIN di Napoli Orientale, così come approvato dal MATTM nella Conferenza di Servizi decisoria del 05/08/2009.



*Direzione Tecnica*

Analisi di Rischio Sito Specifica  
“Impianto di Depurazione di San  
Giovanni a Teduccio, via Boccaperti -  
Napoli”- rev.1  
codice 3049N258

Pagina 36 di 51

### 3.2.7 Parametri di default

In fase di caratterizzazione ambientale non sono stati determinati il pH ed il foc del suolo saturo ed insaturo, pertanto i valori inseriti corrispondono a quelli di default ISPRA. Anche i parametri degli edifici, per cui non è stato possibile stabilire un dato sito specifico, fanno riferimento ai valori di default ISPRA.



ARPAC – Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania – Ente di Diritto Pubblico istituito con L.R. 10/98

Sede Legale: via Vicinale S. Maria del Pianto – Centro Polifunzionale, Torre 1 – 80143 Napoli

tel. 0812326111 – fax 0812326225 – [direzionegenerale.arpac@pec.arpacampania.it](mailto:direzionegenerale.arpac@pec.arpacampania.it) – [www.arpacampania.it](http://www.arpacampania.it) – P.I. 07407530638

## 4. RISULTATI

### 4.1 Scenario colonna A

L'elaborazione dell'analisi di rischio in modalità diretta per la valutazione dell'esposizione a sostanze presenti nelle due matrici considerate ha evidenziato:

#### Suolo Superficiale

- Rischio cancerogeno cumulativo outdoor on site non accettabile per Benzo(b)fluorantene, Dibenzo(a,h)antracene, Dibenzo(a,l)pirene, Indenopirene;
- Rischio cancerogeno on site per contatto dermico per Dibenzo(a,h)antracene, Dibenzo(a,l)pirene;
- Indice di pericolo cumulativo outdoor on site non accettabile per il Mercurio (Mercurio elementare);
- Indice di pericolo outdoor on site non accettabile per Inalazione vapori per il Mercurio (Mercurio elementare);
- Indice di pericolo outdoor off site non accettabile per Inalazione vapori per il Mercurio (Mercurio elementare) e gli Idrocarburi pesanti (Aromatici C11-C22);
- Indice di pericolo indoor off site non accettabile per Inalazione vapori per il Mercurio (Mercurio elementare) e gli Idrocarburi pesanti (Alifatici C9-C18);

#### Suolo profondo

- Indice di pericolo outdoor sia on site che off site non accettabile per Inalazione vapori di Mercurio (Mercurio elementare);
- Indice di pericolo outdoor off site non accettabile per Inalazione vapori di Idrocarburi pesanti (Alifatici C9-C18);
- Indice di pericolo indoor off site non accettabile per Inalazione vapori per il Mercurio (Mercurio elementare) e gli Idrocarburi pesanti (Alifatici C9-C18).

#### Falda

- Indice di pericolo off site non accettabile per inalazione vapori outdoor ed indoor per gli idrocarburi (Alifatici C9-C18, Alifatici C5-C8);

Nelle tabelle seguenti si riportano parte delle schermate del software risk-net relative al calcolo del rischio. In particolare per il suolo profondo e per la falda le simulazioni effettuate con i due diversi valori di soggiacenza hanno dato risultati leggermente diversi e pertanto per queste due matrici vengono riportati i risultati corrispondenti alla scelta maggiormente cautelativa che per la sorgente suolo profondo è la soggiacenza massima, mentre per la sorgente falda è la soggiacenza minima. L'esposizione indoor dal



*Direzione Tecnica*

Analisi di Rischio Sito Specifica  
“Impianto di Depurazione di San  
Giovanni a Teduccio, via Boccaperti -  
Napoli”- rev.1  
codice 3049N258

Pagina 38 di 51

suolo del bersaglio residenziale off site è stata valutata attraverso un'apposita simulazione considerando il bersaglio on site. I valori evidenziati in arancione indicano un valore non accettabile per il rischio e per l'indice di pericolo sia per singola sostanza che cumulato



ARPAC – Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania – Ente di Diritto Pubblico istituito con L.R. 10/98

Sede Legale: via Vicinale S. Maria del Pianto – Centro Polifunzionale, Torre 1 – 80143 Napoli

tel. 0812326111 – fax 0812326225 – [direzionegenerale.arpac@pec.arpacampania.it](mailto:direzionegenerale.arpac@pec.arpacampania.it) – [www.arpacampania.it](http://www.arpacampania.it) – P.I. 07407530638

**Tabella 10 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo per il Suolo Superficiale\_bersaglio commerciale/industriale**

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)
Mercurio elementare	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	6,85E+00	6,50E-02
Alifatici C9-C18	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	2,10E+00	2,90E-04
Benzo(a)pirene	1,30E-01	---		1,30E-01	---	4,57E-07	---	2,80E-03
Benzo(a)antracene	1,56E+00	---		1,56E+00	---	6,19E-07	---	1,11E-02
Benzo(b)fluorantene	3,81E+00	---		3,81E+00	---	1,34E-06	---	8,04E-03
Benzo(k)fluorantene	2,19E+00	---		2,19E+00	---	7,73E-07	---	9,44E-03
Benzo(g,h,i)perilene	4,27E+00	---		4,27E+00	---	---	3,71E-04	3,41E-02
Dibenzo(a,e)pirene	3,10E-01	---		3,10E-01	---	---	1,47E-05	NA
Dibenzo(a,i)pirene	2,20E-01	---		2,20E-01	---	7,63E-08	---	NA
Dibenzo(a,h)pirene	3,70E-01	---		3,70E-01	---	1,28E-07	---	NA
Dibenzo(a,h)antracene	6,44E-01	---		6,44E-01	---	2,24E-06	---	4,26E-03
Indenopirene	3,36E+00	---		3,36E+00	---	1,17E-06	---	2,18E-03
Dibenzo(a,l)pirene	5,90E-01	---		5,90E-01	---	2,05E-06	---	NA
Metilmercurio	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	1,48E-02	NA
Cloruro di mercurio	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	4,95E-03	NA
Alifatici C19-C36	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	1,56E-01	4,97E-07
Aromatici C11-C22	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	3,87E+00	3,95E-02

<b>On-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
	Outdoor	8,87E-06
Indoor	1,14E-10	5,36E-01
<b>Off-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
	Outdoor	4,71E-07



**Tabella 11** – Valori del Rischio e dell'Indice di Pericolo per il Suolo Superficiale\_bersaglio residenziale

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)
Mercurio elementare	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	4,18E+00
Alifatici C9-C18	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	3,31E+00
Alifatici C19-C36	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	4,34E-03
Aromatici C11-C22	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	6,70E-01

<b>On-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
	Outdoor	---
	Indoor	8,17E+00

**Tabella 12 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo per il Suolo Profondo\_sogg. Max\_bersaglio commerciale/industriale**

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)
Mercurio elementare	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	8,73E+00	1,83E-01
Alifatici C9-C18	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	4,31E+00	8,16E-04
Benzo(a)pirene	1,30E-01	---		1,30E-01	---	2,81E-11	---	7,86E-03
Benzo(a)antracene	1,56E+00	---		1,56E+00	---	1,56E-09	---	3,13E-02
Benzo(b)fluorantene	3,81E+00	---		3,81E+00	---	5,89E-11	---	2,26E-02
Benzo(k)fluorantene	2,19E+00	---		2,19E+00	---	3,17E-11	---	2,65E-02
Benzo(g,h,i)perilene	4,27E+00	---		4,27E+00	---	---	9,92E-08	9,59E-02
Dibenzo(a,e)pirene	3,10E-01	---		3,10E-01	---	---	3,04E-10	NA
Dibenzo(a,i)pirene	2,20E-01	---		2,20E-01	---	6,27E-15	---	NA
Dibenzo(a,h)pirene	3,70E-01	---		3,70E-01	---	1,05E-14	---	NA
Dibenzo(a,h)antracene	6,44E-01	---		6,44E-01	---	1,46E-11	---	1,20E-02
Indenopirene	3,36E+00	---		3,36E+00	---	8,10E-12	---	6,12E-03
Dibenzo(a,l)pirene	5,90E-01	---		5,90E-01	---	6,83E-12	---	NA
Metilmercurio	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	---	NA
Cloruro di mercurio	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	---	NA
Alifatici C19-C36	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	9,07E-03	1,40E-06
Aromatici C11-C22	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	1,40E+00	1,11E-01
						<b>On-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
						Outdoor	6,08E-10	2,63E+00
						Indoor	1,08E-10	5,26E-01
						<b>Off-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
						Outdoor	1,70E-09	1,45E+01

**Tabella 13 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo per il Suolo Profondo\_sogg. max\_bersaglio residenziale**

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)
Mercurio elementare	2,68E+00	---		2,68E+00	---	---	4,11E+00
Alifatici C9-C18	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	3,25E+00
Alifatici C19-C36	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	4,26E-03
Aromatici C11-C22	5,48E+02	---		5,48E+02	---	---	6,58E-01

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	---	---
Indoor	---	8,02E+00

**Tabella 14 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo per la Falda\_sogg.min**

Contaminanti	CRS [mg/L]	CRS soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta falda [mg/L]	CRS ridotta soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)
Alifatici C9-C18	4,39E-01	---		4,39E-01	---	---	3,32E+01
1,2,3-Tricloropropano	7,90E-05	---		7,90E-05	---	---	1,14E-03
Triclorometano	4,47E-03	---		4,47E-03	---	7,73E-07	1,90E-03
Tribromometano (Bromoformio)	5,20E-04	---		5,20E-04	---	---	3,17E-05
Dibromoclorometano	2,90E-04	---		2,90E-04	---	---	2,52E-05
Alifatici C5-C8	4,39E-01	---		4,39E-01	---	---	2,97E+01
Aromatici C9-C10	4,39E-01	---		4,39E-01	---	---	6,83E-01
Aromatici C11-C22	4,39E-01	---		4,39E-01	---	---	7,58E-02

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	9,89E-09	3,58E-01
Indoor	3,03E-08	1,30E+00

Off-site	R tot	HI tot
Outdoor	2,74E-08	1,97E+00
Indoor	7,73E-07	6,36E+01

## Calcolo delle CSR

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità inversa ha portato all’individuazione delle CSR che rappresentano le concentrazioni per cui non si rileva un rischio di tipo sanitario. Le CSR selezionate per ogni contaminante in ciascuna matrice ambientale corrispondono alle minime tra quelle individuate nei diversi scenari. Si evidenzia infine che relativamente agli idrocarburi sono state considerate le frazioni MADEP per cui è risultato il rischio più elevato, così come per la forma di Mercurio:

### Suolo Superficiale

In Tabella 15 sono riportate le CSR per il suolo superficiale. Per il Mercurio e per gli Idrocarburi pesanti gli obiettivi di bonifica corrispondono alle CSC, in quanto le CSR calcolate sono risultate inferiori alle CSC.

**Tabella 15 – Concentrazioni Soglia di Rischio Suolo Superficiale**

Contaminanti	CSR individuale [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR suolo superficiale [mg/kg s.s.]	CSR suolo superficiale [mg/kg T.Q.]	Rischio cancerogeno (R)	Indice di pericolo (HI)	Rischio Risorsa Idrica (RGW)	CRS in sorgente [mg/kg s.s.]
Benzo(a)pirene	2,84E-01		<b>2,84E-01</b>	2,77E-01	1,00E-06	---	4,17E-03	1,30E-01
Benzo(a)antracene	2,52E+00		<b>2,52E+00</b>	2,45E+00	1,00E-06	---	1,23E-02	1,56E+00
Benzo(b)fluorantene	2,84E+00		<b>2,84E+00</b>	2,76E+00	1,00E-06	---	4,08E-03	<b>3,81E+00</b>
Benzo(k)fluorantene	2,84E+00		<b>2,84E+00</b>	2,76E+00	1,00E-06	---	8,33E-03	2,19E+00
Benzo(g,h,i)perilene	1,83E+02		<b>1,83E+02</b>	1,78E+02	---	1,60E-02	1,00E+00	4,27E+00
Dibenzo(a,e)pirene	2,10E+04	2,00E+00	<b>1,05E+04</b>	1,02E+04	---	5,00E-01	NA	3,10E-01
Dibenzo(a,i)pirene	2,88E+00		<b>2,88E+00</b>	2,81E+00	1,00E-06	---	NA	2,20E-01
Dibenzo(a,h)pirene	2,88E+00		<b>2,88E+00</b>	2,81E+00	1,00E-06	---	NA	3,70E-01
Dibenzo(a,h)antracene	2,87E-01		<b>2,87E-01</b>	2,79E-01	1,00E-06	---	1,30E-03	<b>6,44E-01</b>
Indenopirene	2,87E+00		<b>2,87E+00</b>	2,79E+00	1,00E-06	---	1,27E-03	<b>3,36E+00</b>
Dibenzo(a,l)pirene	2,87E-01		<b>2,87E-01</b>	2,79E-01	1,00E-06	---	NA	<b>5,90E-01</b>

**On-site**

Outdoor

Indoor

**Off-site**

Outdoor

R tot	HI tot
9,00E-06	5,11E-01
1,75E-10	3,90E-05
R tot	HI tot
5,94E-07	2,04E-01

**Suolo profondo**

In Tabella 16 sono riportate le CSR per il suolo profondo. Per il Mercurio e per gli Idrocarburi pesanti gli obiettivi di bonifica corrispondono alle CSC, in quanto le CSR calcolate sono risultate inferiori alle CSC.

<b>Tabella 16 – Concentrazioni Soglia di Rischio Suolo profondo</b>							
Contaminanti	CSR individuale [mg/kg s.s.]	CSR suolo profondo [mg/kg s.s.]	CSR suolo profondo [mg/kg T.Q.]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CRS in sorgente [mg/kg s.s.]
Benzo(a)pirene	1,65E+01	<b>1,65E+01</b>	1,61E+01	3,58E-09	---	1,00E+00	1,30E-01
Benzo(a)antracene	4,99E+01	<b>4,99E+01</b>	4,85E+01	4,97E-08	---	1,00E+00	1,56E+00
Benzo(b)fluorantene	1,69E+02	<b>1,69E+02</b>	1,64E+02	2,61E-09	---	1,00E+00	3,81E+00
Benzo(k)fluorantene	8,27E+01	<b>8,27E+01</b>	8,04E+01	1,19E-09	---	1,00E+00	2,19E+00
Benzo(g,h,i)perilene	4,45E+01	<b>4,45E+01</b>	4,33E+01	---	1,04E-06	1,00E+00	4,27E+00
Dibenzo(a,e)pirene	1,02E+09	<b>1,02E+09</b>	9,92E+08	---	1,00E+00	NA	3,10E-01
Dibenzo(a,i)pirene	3,51E+07	<b>3,51E+07</b>	3,41E+07	1,00E-06	---	NA	2,20E-01
Dibenzo(a,h)pirene	3,51E+07	<b>3,51E+07</b>	3,41E+07	1,00E-06	---	NA	3,70E-01
Dibenzo(a,h)antracene	5,38E+01	<b>5,38E+01</b>	5,23E+01	1,22E-09	---	1,00E+00	6,44E-01
Indenopirene	5,49E+02	<b>5,49E+02</b>	5,34E+02	1,32E-09	---	1,00E+00	3,36E+00
Dibenzo(a,l)pirene	8,63E+04	<b>8,63E+04</b>	8,40E+04	1,00E-06	---	NA	5,90E-01

<b>On-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
Outdoor	1,10E-06	1,82E-01
Indoor	6,73E-07	2,06E-01
<b>Off-site</b>	<b>R tot</b>	<b>HI tot</b>
Outdoor	3,06E-06	1,00E+00

Il quadro riepilogativo degli obiettivi di bonifica per il suolo superficiale e suolo profondo viene riportato in Tabella 17.

**Tabella 17– Quadro riepilogativo degli obiettivi di bonifica per il suolo superficiale e profondo**

Contaminanti	Obiettivi di bonifica [mg/kg s.s.]	Obiettivi di bonifica [mg/kg s.p.]
Benzo(a)pirene	2,84E-01	1,65E+01
Benzo(a)antracene	2,52E+00	4,99E+01
Benzo(b)fluorantene	2,84E+00	1,69E+02
Benzo(k)fluorantene	2,84E+00	8,27E+01
Benzo(g,h,i)pirene	1,83E+02	4,45E+01
Dibenzo(a,e)pirene	1,05E+04	1,02E+09
Dibenzo(a,i)pirene	2,88E+00	3,51E+07
Dibenzo(a,h)pirene	2,88E+00	3,51E+07
Dibenzo(a,h)antracene	2,87E-01	5,38E+01
Indenopirene	2,87E+00	5,49E+02
Dibenzo(a,l)pirene	2,87E-01	8,63E+04
Mercurio	1	1
Idrocarburi pesanti	50	50

**Falda**

In Tabella 18 si riportano le CSR per la falda. Gli idrocarburi sono stati esclusi dal calcolo in quanto gli obiettivi di bonifica sono stati posti pari alle CSC essendo le CSR inferiori alle CSC.

**Tabella 18 – Concentrazioni Soglia di Rischio Falda**

Contaminanti	CSR individuale [mg/L]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR falda [mg/L]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)
1,2,3-Tricloropropano	6,95E-02	2,00E+00	<b>3,47E-02</b>	---	5,00E-01
Triclorometano	5,78E-03		<b>5,78E-03</b>	1,00E-06	2,46E-03
Tribromometano (Bromoformio)	1,64E+01	5,00E+00	<b>3,28E+00</b>	---	2,00E-01
Dibromoclorometano	1,15E+01	5,00E+00	<b>2,30E+00</b>	---	2,00E-01

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	1,28E-08	1,20E-02
Indoor	3,92E-08	1,59E-02
Off-site	R tot	HI tot
Outdoor	3,54E-08	6,57E-02
Indoor	1,00E-06	9,02E-01

**Tabella 19 – Quadro riepilogativo degli obiettivi di bonifica per la falda**

Contaminanti	Obiettivi di bonifica [mg/l]
1,2,3-Tricloropropano	3,47E-02
Triclorometano	5,78E-03
Tribromometano (Bromoformio)	3,28E+00
Dibromoclorometano	2,30E+00
Idrocarburi totali	350 E-03

#### 4.2 Scenario colonna B

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità diretta per la valutazione dell’esposizione a sostanze presenti nella matrice falda ha evidenziato un rischio cancerogeno e un indice di pericolo accettabili per l’esposizione indoor ed outdoor ai vapori del bersaglio lavoratore on site.

Nella Tabella 20 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio

**Tabella 20 - Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo per la Falda**

Contaminanti	CRS [mg/L]	CRS soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta falda [mg/L]	CRS ridotta soil-gas [mg/m <sup>3</sup> ]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)
Alifatici C9-C18	4,39E-01	---		<b>4,39E-01</b>	---	---	6,80E-01
1,2,3-Tricloropropano	7,90E-05	---		<b>7,90E-05</b>	---	---	2,00E-05
Triclorometano	4,47E-03	---		<b>4,47E-03</b>	---	3,03E-08	3,77E-05
Tribromometano (Bromoformio)	5,20E-04	---		<b>5,20E-04</b>	---	---	5,55E-07
Dibromoclorometano	2,90E-04	---		<b>2,90E-04</b>	---	---	4,48E-07

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	9,89E-09	1,87E-01
Indoor	3,03E-08	6,80E-01

In tale elaborazione è stata considerata la frazione MADEP degli idrocarburi che presenta il valore di indice di pericolo maggiore, che corrisponde agli idrocarburi C9-C18.

### Calcolo delle CSR

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità inversa ha portato all’individuazione delle CSR che rappresentano le concentrazioni per cui non si rileva un rischio di tipo sanitario.

**Tabella 21– Concentrazioni Soglia di Rischio Falda**

Contaminanti	CSR individuale [mg/L]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR falda [mg/L]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)
Alifatici C9-C18	6,45E-01	1,30E+00	<b>4,96E-01</b>	---	7,69E-01
1,2,3-Tricloropropano	3,94E+00	1,00E+02	<b>3,94E-02</b>	---	1,00E-02
Triclorometano	1,47E-01		<b>1,47E-01</b>	1,00E-06	1,24E-03
Tribromometano (Bromoformio)	9,36E+02	1,00E+01	<b>9,36E+01</b>	---	1,00E-01
Dibromoclorometano	6,47E+02	1,00E+01	<b>6,47E+01</b>	---	1,00E-01

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	3,26E-07	3,68E-01
Indoor	1,00E-06	9,80E-01

**Tabella 22 – Quadro riepilogativo degli obiettivi di bonifica per la falda**

Contaminanti	Obiettivi di bonifica [mg/l]
Alifatici C9-C18	4,96E-01
1,2,3-Tricloropropano	3,94E-02
Triclorometano	1,47E-01
Tribromometano (Bromoformio)	9,36E+01
Dibromoclorometano	6,47E+01



## 5. CONCLUSIONI

### 5.1 Scenario colonna A

Considerati:

1. Il rischio non accettabile associato al suolo superficiale per il bersaglio lavoratore relativamente a:
  - o Rischio cancerogeno cumulativo outdoor per Benzo(b)fluorantene, Dibenzo(a,h)antracene, Dibenzo(a,l)pirene, Indenopirene;
  - o contatto dermico per Dibenzo(a,h)antracene, Dibenzo(a,l)pirene;
  - o Inalazione vapori outdoor per il Mercurio;
2. il rischio non accettabile associato al suolo profondo per il bersaglio lavoratore relativamente all'Inalazione vapori di Mercurio;
3. il rischio non accettabile associato al suolo superficiale ed al suolo profondo per il bersaglio residenziale off site relativamente a inalazione vapori outdoor ed indoor per Mercurio e Idrocarburi pesanti;
4. il rischio non accettabile associato alla Falda per il bersaglio residenziale off site relativamente all'inalazione di vapori indoor e outdoor di Idrocarburi;
5. il superamento al punto di conformità delle concentrazioni soglia di contaminazione di tutti gli analiti riportati in Tabella;

il sito in esame è da ritenersi contaminato.

Pertanto, così come previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., si rende necessario attuare idonei interventi al fine del raggiungimento degli obiettivi di bonifica per ciascuna matrice ambientale.

Tuttavia è necessario effettuare alcune considerazioni in merito ai risultati ottenuti ai fini della scelta delle soluzioni più efficaci per gli interventi da attuare:

- dalla fase di caratterizzazione ambientale del sito è intercorso un considerevole lasso di tempo (circa 9 anni);
- mancano analisi di speciazione degli idrocarburi e del mercurio e pertanto tutta la contaminazione è stata associata alla frazione e alla forma più critiche dal punto di vista della presenza di rischio sanitario con conseguente sovrastima dello stesso;
- le equazioni utilizzate nell'applicazione dell'analisi di rischio di Livello 2 portano spesso ad una sovrastima del rischio e a una sottostima delle CSR associate al percorso di volatilizzazione;
- il suolo insaturo profondo non è stato campionato e allo stesso è stata associata la contaminazione rilevata nel suolo superficiale;

- la falda del SIN di Napoli Orientale risulta notevolmente compromessa per contaminazione da idrocarburi ed organici clorurati;
- la presenza di Manganese nelle acque sotterranee può essere riconducibile alle caratteristiche geochimiche dell'area;
- nella Conferenza di Servizi decisoria del 31/05/2016 è stata approvata la prima fase attuativa del Progetto Definitivo di Bonifica della Falda del SIN di Napoli Orientale;
- in modo del tutto cautelativo, nel calcolo effettuato sono state attivate anche le vie di esposizione dirette (ingestione suolo, contatto dermico e inalazione polveri) a causa della presenza di un'aiuola posta al margine settentrionale del sito, e su cui mancano indagini dirette.

In ogni caso, ai fini della tutela della salute umana dei lavoratori e di coloro che risiedono nelle aree confinanti, si ritiene che debbano essere intraprese prioritariamente le seguenti azioni:

1. esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee, secondo il “Protocollo Operativo per la Campagna Coordinata del Monitoraggio delle acque di falda per il Sito di Interesse Nazionale (SIN) “Napoli Orientale” approvato in Conferenza di Servizi decisoria del 16/12/2014, al fine di verificare l'attuale stato di contaminazione e di rilevare le effettive classi idrocarburiche presenti attraverso analisi di speciazione, verificare i valori di fondo e valutare la distribuzione spazio-temporale della contaminazione ;
2. sulla base dei risultati della prima campagna, misure dirette dei vapori provenienti dalla falda e dal suolo per la verifica del rischio di inalazione e per la valutazione dell'efficacia – efficienza delle eventuali misure di prevenzione e degli eventuali interventi di bonifica da attuare;
3. attuazione di misure di mitigazione del rischio, qualora confermato in seguito all'esecuzione delle nuove indagini;
4. intervento di bonifica relativamente alla contaminazione rilevata nel suolo saturo in corrispondenza del sondaggio S2, dati gli elevati valori di concentrazione dei contaminanti rinvenuti e nel suolo superficiale in corrispondenza dell'hot spot PIC1;
5. interruzione dei percorsi diretti dal suolo superficiale.

Si ritiene necessario, inoltre:

- procedere, in relazione all'intera area del SIN di Napoli Orientale con l'accertamento delle effettive sorgenti primarie della contaminazione, qualora ancora presenti;
- implementare una nuova analisi di rischio in caso di modifiche allo scenario attuale quali ad esempio: costruzione di edifici, cambio di destinazione d'uso, ecc.

## 5.2 Scenario colonna B

Considerato il superamento nelle acque sotterranee al punto di conformità delle concentrazioni soglia di contaminazione di tutti gli analiti riportati in Tabella , il sito in esame è da ritenersi contaminato.

Pertanto, così come previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., si rende necessario attuare idonei interventi al fine del raggiungimento delle CSC o dei valori di fondo per le acque di falda.

Tuttavia è necessario effettuare alcune considerazioni in merito ai risultati ottenuti ai fini della scelta delle soluzioni più efficaci per gli interventi da attuare:

- dalla fase di caratterizzazione ambientale del sito è intercorso un considerevole lasso di tempo (circa 9 anni);
- la falda del SIN di Napoli Orientale risulta notevolmente compromessa per contaminazione da idrocarburi ed organici clorurati;
- nella Conferenza di Servizi decisoria del 31/05/2016 è stata approvata la prima fase attuativa del Progetto Definitivo di Bonifica della Falda del SIN di Napoli Orientale;
- la presenza di Manganese nelle acque sotterranee può essere riconducibile alle caratteristiche geochimiche dell'area, anche se non risultano individuati valori di fondo;

In ogni caso, si ritiene che debbano essere intraprese prioritariamente le seguenti azioni:

1. esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee, secondo il “Protocollo Operativo per la Campagna Coordinata del Monitoraggio delle acque di falda per il Sito di Interesse Nazionale (SIN) “Napoli Orientale” approvato in Conferenza di Servizi decisoria del 16/12/2014, al fine di: verificare l'attuale stato di contaminazione e di rilevare le effettive classi idrocarburiche presenti attraverso analisi di speciazione, verificare i valori di fondo e valutare la distribuzione spazio-temporale della contaminazione ;
2. intervento di bonifica relativamente alla contaminazione rilevata nel suolo saturo in corrispondenza del sondaggio S2, dati gli elevati valori di concentrazione dei contaminanti rinvenuti.

Si ritiene necessario, inoltre:

- procedere, in relazione all'intera area del SIN di Napoli Orientale con l'accertamento delle effettive sorgenti primarie della contaminazione, qualora ancora presenti;

Si evidenzia inoltre che le condizioni relative al modello concettuale dovranno essere trascritte all'interno del certificato di destinazione urbanistica, in quanto in caso di modifiche allo scenario attuale sarà necessario implementare una nuova analisi di rischio.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- "Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT ISPRA 2008.
- Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del D.lgs. 152/06 elaborati da APAT-ARPA-ISS-ISPEL.
- Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL (Marzo 2015).
- Linee guida sull'analisi di Rischio ai sensi del D.lgs. 152/2006 (Novembre 2014).
- "Piano della Caratterizzazione dell'Impianto di Depurazione di San Giovanni a Teduccio", Rev. 1 redatto nel Settembre 2005 ai sensi del D.M. 471/99 da ARPAC.
- Integrazioni al Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99, redatte da ARPAC ed approvate in Conferenza di Servizi decisoria del 05/07/2006.
- Rapporto Tecnico Conclusivo delle Indagini di Caratterizzazione Ambientale ai sensi dell'ex D.M. 471/99 del sito "Depuratore di San Giovanni a Teduccio, Via Boccaperti", Settembre 2008, redatto dall'A.T.I. costituita da ENSR Italia Srl, TECNO-IN e LAB ANALYSIS.