



Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito Area abbandonata di Via Galileo Ferraris Comune di Napoli (NA) SIN "Napoli Orientale"

Dicembre 2017

rev 1

INDICE

PREMESSA	3
1. RACCOLTA DATI ESISTENTI	4
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
2. METODOLOGIA DELL’ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE	11
2.1 RISCHIO: DEFINIZIONE E ACCETTABILITÀ	12
3. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA	14
3.1 MODELLO CONCETTUALE SITO SPECIFICO	14
3.2 PARAMETRI SITO-SPECIFICI.....	15
3.2.1 Parametri meteo climatici	15
3.2.2 Parametri di idrogeologia locale	18
3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo	19
3.2.4 Tabella parametri sito specifici	19
3.2.5 Parametri di default.....	21
4. RISULTATI	22
5. CONCLUSIONI	23
6. BIBLIOGRAFIA	24

ALLEGATI

- Allegato 1 – Convenzione;
- Allegato 2 - Inquadramento territoriale;
- Allegato 3 - Rilievo topografico;
- Allegato 4 - Stralcio della Variante al P.R.G. del comune di Napoli;
- Allegato 5 - Bonifica Ordigni Bellici;
- Allegato 6 - Piano Indagine;
- Allegato 7 - Risultati analisi chimiche;
- Allegato 8 - Validazioni e rapporti di prova ARPAC;
- Allegato 9 - Risultati analisi chimiche validati da ARPAC;
- Allegato 10 - Dati meteo climatici;
- Allegato 11 - Stratigrafie;
- Allegato 12 - Slug test e rilievi di falda;
- Allegato 13 - Isofreatiche;
- Allegato 14 - Analisi granulometriche.

FIGURE

- Fig. n. 1 - Perimetro e sondaggi “Area via Galileo Ferraris”;
Fig. n. 2 - Risultati Acque;
Fig. n. 3 - Valori velocità medie annue del vento – Periodo 1968/1998;
Fig. n. 4 - Diagramma della frequenza del vento annuale per intensità e direzione di provenienza, espresso in %;
Fig. n. 5 - Valori precipitazioni cumulate annue – Periodo 1958/2012;
Fig. n. 6 - Dimensioni sorgente rispetto alla direzione principale del vento;
Fig. n. 7 – Valori dell’Indice di Pericolo;

TABELLE

- Tab. n. 1 – Risultati Acque;
Tab. n. 2 - Percentuali delle frequenze dell’intensità del vento, per l’elaborazione diagramma anemometrico;
Tab. n. 3 - Valori di conducibilità idraulica;
Tab. n. 4 - Valori di soggiacenza falda;
Tab. n. 5 - Distribuzione granulometrica;
Tab. n. 6 - Valori di densità del suolo;
Tab. n. 7 - Parametri sito specifici.

Gruppo di lavoro

Ing. Raimondo Romano
Dott. Geol. Luigi Montanino
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

PREMESSA

Il presente elaborato di Analisi di Rischio Sito Specifica è relativo al sito “Area abbandonata in Via Galileo Ferraris”, ubicato in via Galileo Ferraris 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 “Area abbandonata in Via Galileo Ferraris” è inserito con il codice 3049N253 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, successivamente, approvato dal Consiglio Regionale della Campania con delibera amministrativa n.777 del 25/10/2013.

L’area di proprietà del Comune di Napoli ricade nel foglio catastale n. 155, particella n. 20. Essa si trova nella zona Orientale di Napoli, in Via Galileo Ferraris e confina, per la quasi totalità, con l’area dello Stabilimento della Manifattura Tabacchi S.p.A. e per la restante parte, con Via Galileo Ferraris, come da allegato 2.

L’area ha una superficie di circa 1.270 mq, un perimetro trapezoidale ed è delimitata da un muro perimetrale alto circa 2 metri. Il sito è posto ad una quota di circa 3 metri s.l.m. con un andamento piano altimetrico regolare, così come riportato nell’allegato 3. L’accesso è costituito da un cancello in ferro dell’altezza anch’esso di circa 2 metri, probabilmente posto dall’ENEL per delimitare l’area di accesso alla cabina di distribuzione a servizio delle Manifattura Tabacchi. Nelle vicinanze del sito, adiacente al cancello d’ingresso, si rinviene un fabbricato adibito a piano terra ad attività commerciale ed al primo piano ad uso residenziale, inoltre la sola porzione di area che si estende dal cancello alla cabina ENEL, è ricoperta da cemento. L’intera area era occupata da grandi quantità di pneumatici abbandonati e residui di lavori edili ricoperti da una fitta vegetazione che sono stati rimossi prima dell’avvio delle attività di caratterizzazione. Nell’area oggetto di studio, non risulta esservi stata alcuna attività pregressa.

Il territorio dell’area orientale di Napoli è disciplinato dal P.R.G. approvato con D.M. n. 1829 del 31.03.1972, modificato dalla Variante di Salvaguardia al P.R.G., approvata con decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania n. 9297/1998.

La destinazione urbanistica del sito Via G. Ferraris (Area abbandonata) oggetto del presente studio è identificata come zona “D” (Insediamenti per la produzione di beni e servizi) - sottozona “Da” (Insediamenti per la produzione di beni e servizi d’interesse tipologico testimoniale), così come indicato nell’allegato 4.

1.2 Risultati delle Indagini ambientali

Il Piano della caratterizzazione del sito, redatto da ARPAC nel novembre 2003 ed approvato dal MATTM in sede di Conferenza dei Servizi decisoria del 01 ottobre 2004, ha comportato l'esecuzione di:

- Indagini di tipo indiretto, ossia non invasive dei terreni indagati (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 nel suolo e sottosuolo di ordigni bellici;
- Indagini di tipo diretto.

1.2.1 Indagini indirette

Al fine di una corretta ubicazione dei punti di sondaggio ambientale e di individuare la possibile presenza di sottoservizi interrati in corrispondenza dei punti di indagine, è stato eseguito un rilievo geofisico tramite georadar su tutta l'area oggetto di intervento. Sono stati effettuati rilievi lineari per un intorno di 30 m da ciascun punto di indagine.

Prima di realizzare la caratterizzazione, l'area in esame è stata oggetto di una campagna di ricerca di ordigni bellici residuati, effettuata in corrispondenza dei punti di indagine, per confermare definitivamente l'assenza di interferenze con i sottoservizi.

I risultati della campagna di ricerca e la relativa documentazione sono stati riportati nell'allegato 5.

1.2.2 Indagini dirette

Nell'ambito dell'area in esame le attività hanno riguardato la realizzazione di n. 3 carotaggi, di cui 2 successivamente condizionati a piezometro, tutti di profondità pari a 10 metri dal piano campagna, come previsto nel Piano di Caratterizzazione indicati con S1, P1 e P2 e riportati nella planimetria del sito di cui all'allegato 6.

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 dei seguenti analiti:

- Per i suoli:

Metalli: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Tallio, Stagno, Vanadio, Zinco;

BTEX: Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene, Stirene e Sommatoria (da 20 a 23);

Policiclici Aromatici: Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, 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, Pirene e Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34);

Alifatici Clorurati Cancerogeni: Clorometano, Diclorometano, Triclorometano, Cloruro di Vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, 1,2-Dicloropropano, 1,1,2-Tricloroetano, Tricloroetilene, 1,2,3-Tricloropropano, 1,1,2,2-Tetracloroetano, Tetracloroetilene;

Alifatici Clorurati non Cancerogeni: 1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetilene, 1,1,1-Tricloroetano;

Alifatici Alogenati Cancerogeni: Tribromometano, (bromoformio), 1,2-Dibromoetano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano;

Clorobenzeni: Monoclorobenzene, Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene), Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene), 1,2,4-Triclorobenzene, 1,2,4,5-Tetraclorobenzene, Pentaclorobenzene, Esaclorobenzene;

Fenoli non Clorurati: Metilfenolo (o-, m-, p-), Fenolo;

Fenoli Clorurati: 2-clorofenolo, 2,4-diclorofenolo, 2,4,6-triclorofenolo, Pentaclorofenolo;

Ammine Aromatiche: Anilina, o-Anisidina, M,p-Anisidina, Difetilammina, p-Toluidina, Sommatoria Ammine Aromatiche;

Diossine e Furani: Sommatoria PCDD, PCDF;

PCB totali come sommatoria dei seguenti singoli congeneri: 28 30 52 77 81 101 105 114 118 123 126 128 138 153 156 157 167 169 170 180 189;

Idrocarburi: Idrocarburi leggeri C ≤ 12, Idrocarburi pesanti C > 12;

Altre Sostanze: Amianto totale, Piombo tetraetile, MTBE.

- Per le acque sotterranee:

Metalli ed Altri Inorganici: Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Zinco, Vanadio, Fluoruri, Nitriti, Solfati, Cloruri, Nitrati ed Ammoniaci;

Composti Organici Aromatici: Benzene, Etilbenzene, Toluene, Para-Xilene, Stirene;

Policiclici Aromatici: Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a,i)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3, cd)pirene, Pirene, Sommatoria (31, 32, 33, 36);

Alifatici Clorurati Cancerogeni: Clorometano, Cloruro di Vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, 1,2-Dicloropropano, 1,1,2-Tricloroetano, Tricloroetilene, 1,2,3-Tricloropropano, 1,1,2,2-Tetracloroetano, Tetracloroetilene (PCE), Esaclorobuta-diene, Sommatoria;

Alifatici Clorurati non Cancerogeni: 1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetilene;

Alifatici Alogenati Cancerogeni: Tribromometano, 1,2-Dibromoetano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano;

Clorobenzeni: Monoclorobenzene, Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene), Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene), 1,2,4-Triclorobenzene, 1,2,4,5-Tetraclorobenzene, Pentaclorobenzene, Esaclorobenzene;

Fenoli e Clorofenoli: 2-clorofenolo, 2,4-diclorofenolo, 2,4,6-triclorofenolo, Pentaclorofenolo;

Fitofarmaci: Alaclor, Aldrin, Atrazina, Clordano;

Altre Sostanze: Idrocarburi totali come n-esano, MTBE, Piombo tetraetile;

PCB totali come sommatoria dei seguenti congeneri: 28 52 77 81 101 118 126 128 138 153 156 169 180.

Dai sondaggi sono stati prelevati complessivamente n. 9 campioni di terreno e n. 3 campioni di top soil alle seguenti profondità:

- campione rappresentativo dei terreni superficiali (0,0 - 1,0 m. di profondità da p.c.);
- campione rappresentativo del fondo foro (9,0 – 10,0 m. di profondità da p.c.);
- campione intermedio tra i primi due (4,5 - 5,5 m. di profondità da p.c.);
- campione di top-soil (0,0 - 0,15 m. di profondità da p.c.).

Nella scelta dell’ubicazione dei sondaggi si è tenuto conto dei punti a maggiore criticità secondo un sistema ragionato di campionamento.

Per l’investigazione delle acque sotterranee, sono stati prelevati n. 2 campioni d’acqua di falda, uno per ogni sondaggio attrezzato a piezometro.

Nella figura n. 1 viene rappresentato il sito su ortofoto ed i sondaggi eseguiti in base al Piano di Indagine.

Fig. n. 1 – Perimetro e sondaggi “Area via Galileo Ferraris”



1.2.3 Risultati analisi chimiche

Gli esiti della caratterizzazione, eseguita dal Raggruppamento Temporaneo di Imprese (R.T.I.) costituito da URS Italia, SGS Italia e Geodynamic, sono stati approvati in sede di Conferenza di Servizi decisoria del 26/02/09.

I risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di suolo e di sottosuolo non hanno evidenziato la presenza di valori di concentrazione superiori rispetto ai limiti ammissibili della Tabella 1, colonna B (Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D. Lgs.152/06) per una destinazione d'uso commerciale ed industriale del sito.

I risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acque di falda, hanno invece evidenziato la presenza di valori di concentrazione superiori rispetto ai limiti ammissibili riportati in Tabella 2 (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 viene riportato il documento di validazione da parte di ARPAC ed i rapporti di prova delle analisi eseguite; in allegato 9, infine, vengono riportate le tabelle riassuntive con tutti i risultati validati. Dall'elaborazione dei dati contenuti nell'allegato 9, sono stati estrapolati i valori per gli analiti dove si è riscontrato il superamento dei limiti di riferimento.

Le relative concentrazioni sono state inserite nella tabella n. 1, dove si riportano gli analiti, il carotaggio/piezometro di riferimento, le coordinate geografiche, la profondità del campione, i limiti di riferimento e la data di esecuzione.

Dai dati riportati in tabella n. 1, si osserva, a parte la presenza di alcuni metalli e sostanze inorganiche, nel piezometro di monte un superamento per 1,1-Dicloroetilene ed in quello di valle un lieve superamento per gli idrocarburi totali. Considerato che nel suolo sia saturo che insaturo non sono stati rinvenuti superamenti per gli idrocarburi, si ritiene di poter escludere qualsiasi correlazione tra la contaminazione in falda e lo stato ambientale del suolo.

Tab. n. 1 – Risultati Acque

D.lgs 152/06, Parte IV, Titolo V, All. 5, tab.2 - (µg/l)													
						200	50	1500				0,05	350
D.lgs 30/09 - Attuazione della direttiva 2006_118_CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento (mg/l)													
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c./ Sondaggio (m)	Data prelievo	Ferro	Manganese	Fluoruri	Nitrati (come N)	Cloruri (come Cl ⁻)	Ammoniaca (ione ammonio)	1,1-Dicloroetilene	Idrocarburi totali come n-esano
P1	440311	4522236	10	1,10	05/02/08	50	1000	1990	85*	72100*	229*	<0,01	375*
P2	440357	4522261	10	0,80	05/02/08	300	620	1930	<5	145000*	102*	0,116*	5

* valori da validazioni Arpac

I risultati della tabella n.1 sono stati rappresentati nella figura n. 2, dove è anche evidenziata la direzione del flusso di falda.

Fig. n. 2 – Risultati 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 (livello 3)

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 ⇨ **Trasporto** ⇨ **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)⁻¹, 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 ≤ 1 (non c'è rischio, in caso contrario si possono avere effetti non cancerogeni ma patologici sulla popolazione più sensibile);
- HI cumulato ≤ 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 esclusivamente in modalità diretta ai fini della valutazione del rischio derivante dall’esposizione ai contaminanti rinvenuti in falda per i potenziali fruitori del sito.

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 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).

La presente analisi di rischio è stata sviluppata rispetto allo scenario attuale in quanto, al momento, non esiste un progetto di utilizzo dell’area.

- **Sorgenti**

La matrice ambientale considerata quale sorgente secondaria di contaminazione è la falda, la cui estensione coincide con l’intera superficie del sito in quanto in entrambi i piezometri realizzati sono stati rilevati superamenti delle CSC.

- **Vie di trasporto**

Relativamente alle vie di trasporto ed ai percorsi di esposizione, è stata considerata esclusivamente l’inalazione outdoor on site da falda, in quanto non sono presenti edifici nell’area sorgente. Non è stato attivato il percorso trasporto in falda in quanto la sorgente di contaminazione in falda coincide con l’intera superficie del sito.

- **Bersagli**

In base alla destinazione urbanistica dell’area, i potenziali bersagli on site sono adulti lavoratori. All’esterno del sito sono presenti sia edifici residenziali che commerciali, ma considerato che l’area non è mai stata utilizzata e che la contaminazione in falda è con molta probabilità ascrivibile alle attività presenti nel SIN di Napoli Orientale (in particolare l’1,1-Dicloroetilene è stato rinvenuto nel solo piezometro di monte e nel suolo non sono stati rilevati superamenti delle CSC) i bersagli off site non sono stati considerati.

I contaminanti per i quali è stato valutato il rischio da inalazione vapori e le relative concentrazioni rappresentative della sorgente sono i seguenti:

1. Idrocarburi Alifatici C5-C8: non essendo stata effettuata una speciazione degli idrocarburi, si è proceduto selezionando la frazione idrocarburica più cautelativa (con il rischio maggiore) rispetto ai percorsi di esposizione attivati ed assegnando alla stessa il valore massimo rilevato per gli idrocarburi totali: CRS = 375 µg/l;
2. 1,1-Dicloroetilene: CRS = 0,116 µg/l.

Le concentrazioni rappresentative della sorgente corrispondono alle Concentrazioni massime rilevate nei due piezometri, 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.

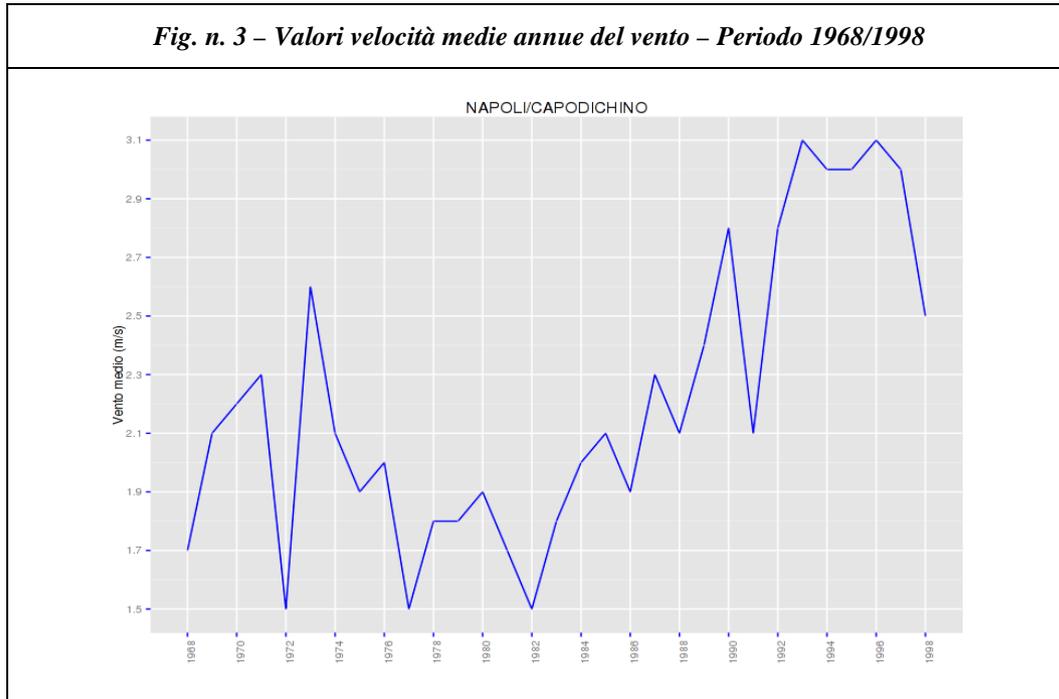
3.2 Parametri sito-specifici

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 n. 3 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.

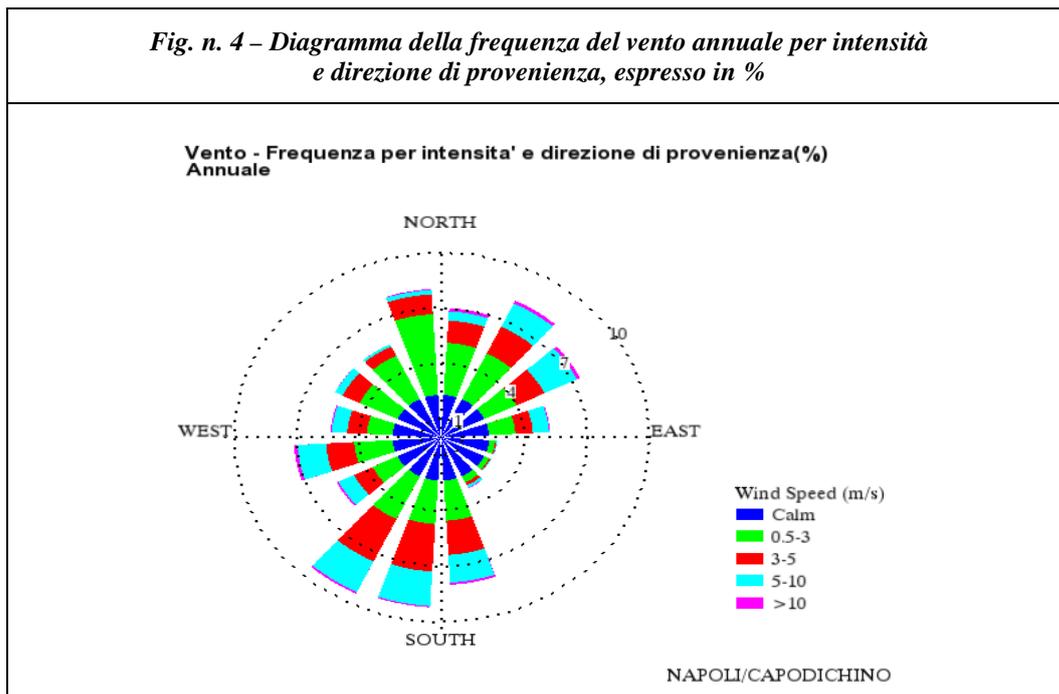
Fig. n. 3 – Valori velocità medie annue del vento – Periodo 1968/1998



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 n. 4 viene riportato il diagramma della frequenza del vento in relazione all'intensità ed alla direzione di provenienza.

Fig. n. 4 – Diagramma della frequenza del vento annuale per intensità e direzione di provenienza, espresso in %

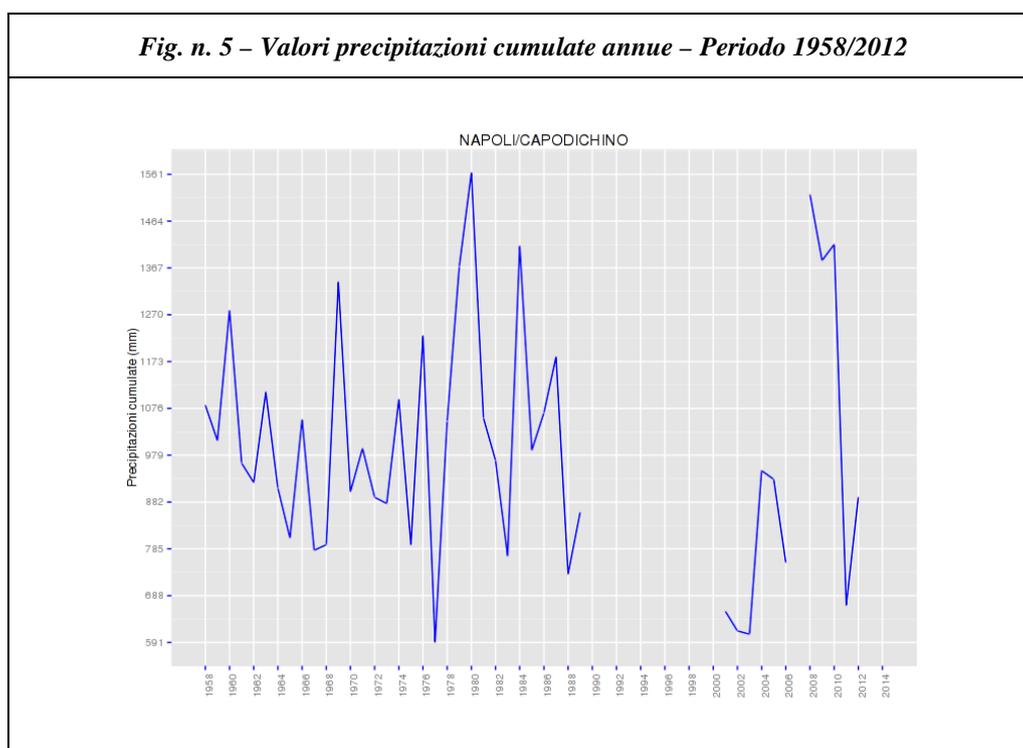


Nella tabella n. 2 vengono riportati i valori utilizzati per l’elaborazione dello stesso. La direzione principale di provenienza del vento è S-SW.

Tab. n. 2 – 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 n. 5 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

Dall'esame delle stratigrafie riportate nell'allegato 11, è possibile sintetizzare la seguente successione litologica:

- Orizzonte A

materiale di riporto costituito da terreni ghiaiosi in matrice sabbioso-limosa, a volte prevalente, di colore variabile dal marrone al beige e spessore pari a 1,50 m a partire dal piano campagna;

- Orizzonte B

Sabbia limosa, sciolta, di colore grigio, con presenza di livelli torbosi; il tetto si trova a 1,50 m e il letto a 3,50 m di profondità dal piano campagna.

- Orizzonte C

Sabbia grossolana, sciolta, di colore grigio scuro, fino a fondo foro.

I terreni dell'orizzonte A e dell'orizzonte B risultano scarsamente permeabili per porosità, i primi per un'evidente eterogeneità granulometrica ed i secondi per la presenza di una componente limosa rilevante e dei livelli torbosi. L'orizzonte C si presenta più permeabile, essendo costituito da materiale più grossolano e meglio classato.

La falda idrica si rinviene, come indicano le misure piezometriche effettuate nei due piezometri P1 e P2, a circa 1 m dal piano campagna.

Il flusso idrico sotterraneo è orientato NE =>SO, con un gradiente idraulico all'incirca pari a 0,9%.

In base alle prove di Slug test contenute nell'allegato 12, è stata stimata una conducibilità idraulica compresa tra 10^{-6} m/s e 10^{-7} m/s.

Nella tabella n. 3 sono riportati i valori della conducibilità idraulica in corrispondenza dei due piezometri.

<i>Tab. n. 3 – Valori di conducibilità idraulica</i>		
Piezometro	Kr (m/s)	Kr (m/giorno)
P1	5.85E-07	0.05
P2	1.36E-06	0.12

Per la definizione dei valori della soggiacenza della falda rispetto al p.c., sono stati elaborati i dati riportati nel rilievo topografico, di cui all'allegato 3 e quelli contenuti nell'allegato 13 in relazione alle quote delle isofreatiche rispetto al livello del mare.

Nella tabella n. 4 sono riportati i valori della soggiacenza della falda rispetto al p.c misurati in corrispondenza dei due piezometri.

Tab. n. 4 – Valori di soggiacenza falda		
Piezometro	Spessore della falda (cm)	Soggiacenza da p.c. (m)
P1	1000	1.13
P2	1000	0.80

3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo

L’analisi granulometrica è stata eseguita per i campioni P2CG1, P2CG2, e P2CG3 ed ha evidenziato che i terreni campionati sono classificabili come sabbie ghiaiose/con ghiaia, così come definita nell’allegato 14. Dalle stratigrafie allegate è possibile evincere che la porzione satura presenta una granulometria prevalentemente a sabbia ghiaiosa debolmente limosa.

Nella tabella n. 5 si riporta la classificazione granulometrica eseguita sui tre campioni.

Tab. n. 5 – Distribuzione granulometrica		
Sondaggio	Profondità (m)	Esiti (%)
P2CG1	0,0 – 1,0	Ghiaia 58% - Sabbia 30% -Limo 11%
P2CG2	4,50 - 5,50	Sabbia 80% - Ghiaia 12% - Limo 8%
P2CG3	9,0 - 9,50	Sabbia 47% - Ghiaia 43% - Limo 6%

Nella tabella n. 6 sono riportati i valori di densità del suolo correlati alle diverse profondità per i campioni P2CG1 e P2CG2.

Tab. n. 6 – Valori di densità del suolo		
Campione	Profondità (m)	Densità (g/cm ³)
P2CG1	0,0 - 1,0	2.58
P2CG2	4,50 – 5,50	2.86

3.2.4 Tabella parametri sito specifici

In base al modello concettuale definito, nella tabella 7 vengono riportati i parametri sito - specifici 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.

Tab. n. 7 – Parametri sito specifici

Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore di default doc. APAT (tab. 5.2)	Valore utilizzato
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300	80
d_a	Spessore della falda	cm	-----	1000
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500	42001
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	2.86
pH	pH del suolo	adim.	6.8	6.8
foc	Frazione di carbonio organico	g-C/g-suolo	0.001	0.001
U_{air}	Velocità del vento	cm/s	225	100

Le considerazioni effettuate ai fini della scelta dei valori dei parametri indicati nella tabella 7 sono:

- le dimensioni della sorgente rispetto alla direzione del vento sono le massime così come evidenziato nella figura n. 6;
- per la soggiacenza della falda è stato selezionato il valore minimo;
- come densità del suolo è stato inserito il valore maggiore;
- la velocità del vento è stata selezionata considerando il valore minore tra quelli riportati in Allegato 10, un suolo “urbano” ed una classe di stabilità D;
- la tessitura del suolo è stata assimilata ad una sabbia;
- il sito è stato considerato non pavimentato;

Relativamente alla scelta dei contaminanti:

- Il Ferro ed il Manganese non sono stati considerati quali potenziali contaminanti per la valutazione del rischio per inalazione in quanto non volatili;
- I nitrati, l’ammoniaca, i fluoruri e i cloruri non sono presenti nella Banca Dati ISS ISPESL 2015 e pertanto non sono stati implementati all’interno del software.

Fig. n. 6 – Dimensioni sorgente rispetto alla direzione principale del vento



3.2.5 Parametri di default

In fase di caratterizzazione ambientale non sono stati determinati i valori del pH e del foc del suolo, pertanto i valori inseriti corrispondono a quelli di default ISPRA;

4. RISULTATI

L’elaborazione dell’analisi di rischio per la valutazione dell’esposizione a sostanze volatili presenti nella matrice acque sotterranee ha evidenziato un Indice di pericolo accettabile per i recettori on site lavoratori. Nella figura n. 7 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo effettuato.

Fig. n. 7 – Valori dell’Indice di Pericolo

Contaminanti	CRS [mg/L]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta falda [mg/L]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)
Alifatici C5-C8	3,75E-01	---		3,75E-01	---	---	4,92E-02
1,1-Dicloroetilene	1,16E-04	---		1,16E-04	---	---	3,39E-07

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	---	4,92E-02
Indoor	---	---

5. CONCLUSIONI

L'applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta alla matrice falda ha indicato la presenza di un rischio accettabile da inalazione outdoor vapori per i contaminanti volatili presenti in falda.

Si evidenzia, tuttavia, che al punto di conformità non risultano rispettate le Concentrazioni soglia di contaminazione per tutti gli analiti di cui alla Tabella n. 1. Le acque sotterranee devono ritenersi, pertanto, contaminate e si rende necessario, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e smi, attuare idonei interventi di bonifica ai fini del raggiungimento delle CSC per tutti gli analiti per cui sono risultati superamenti e la cui presenza non sia riconducibile alle caratteristiche geochimiche dell'area e/o a valori di fondo accertati dall'Autorità Competente. 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 contaminazione presente è con molta probabilità non ascrivibile alle attività svolte sul sito in quanto: risulta che sullo stesso non siano mai state presenti attività produttive; la contaminazione da 1,1-Dicloroetilene è presente a monte e non a valle idrogeologico; nel suolo sia saturo che insaturo non sono stati rinvenuti superamenti delle CSC; la falda del SIN di Napoli Orientale risulta notevolmente compromessa per contaminazione da idrocarburi ed organici clorurati;
- la presenza di Ferro, Fluoruri e Manganese nelle acque sotterranee può essere riconducibile alle caratteristiche geochimiche dell'area, anche se non risultano ancora definiti valori di fondo;
- è in fase di progettazione definitiva un intervento di messa in sicurezza e di bonifica della falda acquifera nell'area del SIN di Napoli Orientale.

Un intervento di bonifica limitato all'area abbandonata Galileo Ferraris non sarebbe, pertanto, risolutivo rispetto all'effettiva rimozione della contaminazione rilevata. Si ritiene che possa comunque essere utile avviare un'attività 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, ai fini della verifica dei valori di fondo e della valutazione dell'andamento spazio-temporale della contaminazione.

È inoltre necessario procedere, in relazione all'intera area del SIN di Napoli Orientale con:

- l'accertamento delle cause dei superamenti dei valori limite relativi all'ammoniaca, ai nitrati ed ai cloruri, al fine di intraprendere le eventuali idonee misure di risanamento;
- individuare le effettive sorgenti primarie della contaminazione, qualora ancora presenti, ed i responsabili della contaminazione;

Si evidenzia infine che è necessario 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.

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-ISPES;
- 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 Rev.1 ai sensi del D.M. 471/99 del sito *Via G. Ferraris (Area abbandonata)*, Novembre 2003, redatto da ARPAC ed approvato in sede di Conferenza dei Servizi decisoria del 01 ottobre 2004;
- Integrazione al Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 redatto da ARPAC nell'aprile 2005;
- Rapporto Tecnico Conclusivo delle Attività di Caratterizzazione ai sensi dell'ex D.M. 471/99 del sito "*Area abbandonata di proprietà comunale in Via G. Ferraris*", Settembre 2008, condotte dal Raggruppamento Temporaneo di Imprese (R.T.I.) costituito da URS Italia, SGS Italia e Geodynamic, e approvato in sede di Conferenza di Servizi decisoria del 26/02/09.