



Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito Ex Mattatoio Comunale – Via Fascione Comune di Pozzuoli (NA)

Novembre 2015

**Analisi di Rischio sito specifica dell’area di proprietà Comunale
“Ex Mattatoio Comunale”
Comune di Pozzuoli (NA)**

PREMESSA.....	5
1 RACCOLTA DATI ESISTENTI.....	6
1.1 Descrizione sito.....	6
1.2 Risultati delle indagini ambientali	8
1.2.1 Indagini dirette	9
1.2.2 Risultati analisi chimiche	11
2 METODOLOGIA DELL’ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE	14
1.1 Rischio: definizione e accettabilità	16
3 ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA.....	18
3.1 Modello Concettuale Sito Specifico	18
3.2 Parametri sito-specifici	19
3.2.1 Parametri meteo climatici	19
3.2.2 Parametri di idrogeologia locale	22
3.2.3 Granulometria/Tessitura del Terreno	24
3.2.4 Tabella Parametri sito specifici.....	24
3.2.5 Parametri di default	26
4. RISULTATI.....	27
5. CONCLUSIONI.....	28
6. BIBLIOGRAFIA	29

ALLEGATI

1. **convenzione**
2. **certificato di destinazione urbanistica**
3. **certificati analitici**
4. **dati meteo (serie storica velocità del vento e precipitazioni)**
5. **assetto litostratigrafico**
6. **carta isopiezometrica**
7. **analisi granulometrica**
8. **files risk net**

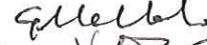
Gruppo di lavoro

Dott. Geol. Antonio di Donna

Arch. Giovanni Stellato

Ing. Valentina Sammartino Calabrese

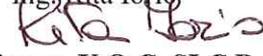
Dott. Geol. Gianluca Ragone



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 “Ex Mattatoio Comunale” nel comune di Pozzuoli (NA).

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"*.

La presente analisi di rischio è stata condotta secondo quanto previsto dall'Allegato 1, Parte IV, Titolo V 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

Il sito in esame, che ospita il complesso del mattatoio comunale, è ubicato nel comune di Pozzuoli ed è di proprietà dell'Amministrazione comunale. L'area su cui insiste tale struttura, pianeggiante e di forma pressoché trapezoidale, è delimitata:

- a nord dalla via Montebarbaro dove si riscontra la presenza di un' isola ecologica;
- a est dalla via Fascione che segna il confine con l'ex stabilimento Olivetti;
- a sud da terreni agricoli di proprietà aliena;
- a ovest da una traversa di via Montebarbaro che conduce ad alcuni insediamenti produttivi.

L'accesso all'area, completamente recintata, avviene sul lato nord-est mediante un cancello largo circa 8 m. Detta area, di superficie totale pari a circa 7.000 mq, è contraddistinta in Catasto al foglio di mappa n.83 p.lla 117.

Le strutture costituenti il complesso dell'ex mattatoio definiscono in pianta un'area di forma rettangolare posta in posizione centrale all'interno del lotto in esame.

L'ingresso principale a siffatto complesso è consentito, sul lato est, da un porticato di forma rettangolare con area di ingombro pari a circa 19x10,80 m ed è costituito da un sistema pilastri-travi in c.a. che sostengono una pensilina piana sempre in c.a.; il piano di calpestio risulta pavimentato ed ha una superficie coperta di circa 205 mq.

Rispettivamente a destra e a sinistra dell'ingresso principale sono ubicate le strutture adibite a:

1. *alloggio custode;*
2. *uffici Vigili Urbani – Veterinario.*

Trattasi di due corpi di fabbrica, con altezza pari a circa 4 m, speculari rispetto all'ingresso, ciascuno con una superficie coperta di circa 95 mq e con sviluppo in pianta pressoché rettangolare di dimensioni pari a 10.80x8.80 m.

A partire dalla struttura *Uffici* si sviluppano, lungo il lato nord:

- n. 2 locali-stalle munite di apposite mangiatoie per i bovini con altrettanti recinti scoperti per la sosta all'aperto
- n. 1 locale-stalla munito di apposita mangiatoia per i suini con n. 1 recinti scoperto per la sosta all'aperto.

Le strutture denominate stalle, ciascuna con superficie coperta pari a circa 47.30 mq, sono realizzate in c.a. ed hanno tutte una forma rettangolare di dimensioni pari a 5.50x8.60 m; le coperture in c.a. sono ad unica falda

inclinata con colmo di circa 3.80 m.. Le aree scoperte denominate *recinti*, con accesso diretto al parcheggio, hanno anch'esse forma rettangolare con dimensioni pari a 5,20x8.60 e delimitate da muri di altezza pari a circa 2 m.

I lati est e sud sono invece definiti dall'edificio denominato *mattatoio comunale* che si sviluppa su di una superficie a “L” di circa 1053 mq; esso è costituito da due blocchi: uno delimita il lato sud ed è destinato alle attività di macellazione delle carni suine, l'altro, invece, delimita il lato est ed ospita locali destinati all'attività di macellazione delle carni bovine, ovine e caprine. Il primo blocco possiede una superficie coperta pari a circa 513 mq ed è distribuito su una pianta rettangolare di dimensioni pari a 13.5x38 m; la copertura è piana. Esso ospitava i seguenti ambienti di lavoro:

- *macello contumaciale*
- *centrale termica*
- *sala di sosta macellazione suini;*
- *sala macellazione suini*
- *sala tripperia suini*
- *sala di sosta suini macellati;*
- *celle frigorifere*

Il secondo blocco di superficie coperta pari a circa 540 mq è distribuito anch'esso su una pianta rettangolare di dimensioni pari a 30x18 m; la copertura, realizzata in c.a., si presenta piana agli estremi della struttura con altezza utile di 4.50 m e nella parte centrale a due falde speculari con colmo centrale a 6.50 m. Esso, direttamente collegato al corpo precedente, ospitava:

- *sala abbattimento e dissanguamento bovini;*
- *sala macellazione bovini*
- *sala macellazione ovini e caprini;*
- *locale deposito pelli;*
- *sala tripperia bovini;*
- *locale ad uso veterinario;*
- *sala macellai con annessi servizi igienici;*
- *sala sosta bovini macellati;*
- *celle frigorifere;*
- *locale adibito a bar non comunicante con l'edificio mattatoio ma con unico accesso esterno posto frontalmente al porticato d'ingresso*

Sono altresì presenti nel sito:

- una vasca di stoccaggio da lt.5000 nell’angolo nord-ovest, atta a raccogliere eventuali percolati in attesa di smaltimento, provenienti dal pozzetto ubicato al centro della piattaforma in rilevato; tale vasca/silos è stata installata durante i lavori di adeguamento a sito di stoccaggio temporaneo degli RSU.
- nell’angolo sinistro opposto all’ingresso una piattaforma in rilevato a sezione trapezoidale realizzata in calcestruzzo ed installata durante i lavori di adeguamento del sito ad area di stoccaggio temporaneo degli RSU; al centro di tale rilevato è posizionato un pozzetto per la raccolta di eventuali percolati che attraverso un sistema pompa/condotta venivano inviati nella vasca/silos posta nell’angolo nord-ovest, in attesa di smaltimento.

Attualmente tutti gli edifici versano in condizioni fatiscenti e alcuni risultano inaccessibili. Non sono presenti locali seminterrati. L’area esterna è quasi interamente pavimentata con asfalto e presenta evidenti segni di fatturazione. Tutti i primi calpestii degli edifici sono a quota +15 cm dalla quota del piazzale e sono isolati dal terreno tramite un massetto in cls di 15cm.

In un raggio di 30 mt dal confine del sito si riscontrano diverse attività produttive tra cui l’isola ecologica e un sito di stoccaggio di materiali riciclabili nonché l’ex stabilimento Olivetti attualmente riconvertito ad uso società di servizi. Non si rileva presenza di insediamenti residenziali.

Gran parte del piazzale è attualmente utilizzato dal comune per deposito di materiale derivante dai lavori di ripavimentazione delle strade del centro storico. Trattasi per la quasi totalità di cubetti di porfido.

Il comune di Pozzuoli è dotato di **Piano Regolatore Generale**, approvato con Decreto del Presidente dell’Amm.ne Provinciale n. 69 del 23/01/2002, pubblicato sul Bollettino Ufficiale Regione Campania n. 10 del 11.02.2002. L’area ubicata in Via Fascione (Ex Macello), e contraddistinta in catasto al foglio di mappa n. 83 p.lla 117, ricade in “Zona D3-2” – Parco Scientifico Tecnologico, la cui normativa è riportata all’art. 33 delle norme di attuazione.

Il comune di Pozzuoli rientra nel **Piano Paesistico Territoriale dei Campi Flegrei**, riapprovato con D.M. 26/04/99, registrato alla corte dei Conti il 26/06/99 e pubblicato sulla G.U. n° 167 del 19/07/99. L’area relativamente al PPT ricade in Zona A.R.T. – Area per la ricerca tecnologica. In allegato 2 si riporta il certificato urbanistico rilasciato dal Comune di Pozzuoli.

1.2 Risultati delle indagini ambientali

Il Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 del sito Mattatoio Comunale nel Comune di Pozzuoli (NA) è stato redatto da ARPAC nel Febbraio 2006 ed approvato dal Ministero dell’Ambiente in sede di Conferenza dei Servizi decisoria il 28 febbraio 2006. Tale Piano ha comportato l’esecuzione di:

- indagini di tipo indiretto: al fine di una corretta ubicazione dei punti di sondaggio per la definizione di eventuali anomalie presenti nel sottosuolo (fusti interrati, tubazioni, ordigni bellici ecc.) è stato effettuato un rilievo geofisico tramite georadar su tutta l'area oggetto di intervento, (indagini geoelettriche ed elettromagnetiche);
- indagini di tipo diretto.

1.2.1 Indagini dirette

In accordo alle indicazioni contenute nella normativa vigente, secondo quanto stabilito nel PdC, ed in relazione ai risultati delle indagini georadar sono stati ubicati in corrispondenza delle superfici indagate n° 6 sondaggi geognostici, di cui n° 4 spinti sino alla profondità di 10 m da p.c. e n° 2 e spinti fino alla profondità di 40,00 m e dal p.c. e completati a pozzi di monitoraggio della falda, allo scopo di verificare l'assetto idrogeologico dell'area. In particolare non essendo stata rinvenuta la falda alla profondità prevista dal PdC il MATTM con nota prot. 10064/QdV/DI/VII/VIII del 13 maggio 2009 ha subordinato l'eventuale riutilizzo/restituzione dell'area agli usi legittimi alla verifica della conformità delle acque di falda ai limiti fissati dalla vigente normativa. Pertanto i due piezometri P1 e P2 sono stati approfonditi rispettivamente fino a 65 m dal p.c. e 63 m dal p.c.. La falda è stata rinvenuta rispettivamente alla profondità di 56,50 dal p.c. nel P1 e 54,90 m dal p.c. in P2.

L'indagine ambientale condotta ha previsto la realizzazione di:

- n° 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo S1, S2, S3, S4, P1, P2, spinti sino alla massima profondità di 10 metri da p.c.;
- n° 2 dei sei sondaggi ambientali effettuati (P1 e P2) sono stati approfonditi rispettivamente fino alla profondità di 65 m da p.c. e 63 m dal p.c. ed allestiti a piezometro con tubature in PVC 4”.

In Fig. 1 è riportata la planimetria del sito con ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Figura 1 – Planimetria sito con ubicazione punti d’indagine



In tabella 1 si riporta il riepilogo delle coordinate rilevate per ciascun punto di indagine (UTM 33T WGS84)

Tab.1 sigla sondaggio e relative coordinate		
Sigla sondaggio	Coord. X	Coord. Y
P1	425002	4521061
P2	424948	4521040
S1	424996	4521034
S2	424963	4521075
S3	424925	4521075
S4	424938	4521115

1.2.2 Risultati analisi chimiche

Complessivamente, nel corso delle indagini ambientali eseguite nell’ambito delle indagini di caratterizzazione sono stati prelevati e sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio:

- n° 30 campioni di terreno di cui:
 - un campione rappresentativo dei terreni superficiali (0-1 m di profondità da p.c.)
 - un campione prelevato tra 1 e 3 m da p.c.
 - un campione prelevato tra 4 e 6 m da p.c.
 - un campione prelevato tra 7 e 9 m da p.c.
 - un campione rappresentativo del fondo foro (9-10 m di profondità da p.c.)
- n°4 campioni di Top Soil, TSP1, TSS1, TSS2 e TSS4.
- n°1 duplicato anonimo di campo
- n°2 campioni di acqua di falda

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

- Composti inorganici (Arsenico, Cadmio, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Fluoruri e Cianuri);
- Composti Organici Aromatici (Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene e Stirene);
- Aromatici Policiclici: (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a)pirene, Dibenzo(a,l)pirene, Dibenzo(a, i)pirene, Dibenzo(a,h)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno (1,2,3-c,d)pirene, Pirene);
- Fenoli non clorurati;
- Idrocarburi (Leggeri C<12 e Pesanti C>12);
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Clorobenzeni;
- PCB (solo sugli strati che mostrano la presenza di rifiuti o ceneri)
- Diossine e furani (solo sugli strati che mostrano la presenza di rifiuti o ceneri);

Per i **Top Soil** sono state effettuate analisi chimiche finalizzate alla ricerca di:

- PCB;
- Amianto;
- Diossine e Furani

Per le **acque di falda** sono state eseguite analisi di laboratorio su un numero complessivo di n°2 campione di acqua finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Boro, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Zinco, Fluoruri, Nitriti, Solfati e Cianuri liberi);
- 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(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene e Pirene);

- Fenoli e clorofenoli
- Parametro “n-esano”
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Clorobenzeni;

Campioni di Terreno e Top Soil

I campioni di terreno analizzati sono stati preparati mediante setacciatura con vaglio da 2 mm e ne è stato valutato il residuo secco. Va specificato che il campionamento finalizzato all’analisi dei composti volatili è stato eseguito, mediante apposito microcarotiere, immediatamente dopo l’estrusione della carota di terreno, al fine di evitare la dispersione dei volatili durante le fasi successive di formazione del campione.

I risultati delle analisi di laboratorio di tutti gli analiti ricercati sui campioni di suolo superficiale e profondo risultano conformi ai limiti normativi della Colonna B, Tab 1, All.5 Tit. V - D. L.gs. 152/06.

Campioni di Acqua di falda

Confrontando i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di acqua di falda con le CSC previste dal D. Lgs. 152/06 (All.5 - Tab.2), risulta che il sito è interessato da una contaminazione dovuta a Alluminio, Idrocarburi totali (n-esano), Triclorometano. Tutti gli altri parametri sono conformi ai limiti normativi di riferimento (Allegato 5 Tabella 2 del D.Lgs.152/06).

In allegato 3 sono riportati i rapporti di prova delle analisi effettuate sui suoli e sulle acque sotterranee. Sono stati riscontrati superamenti dei valori delle CSC solo nelle acque sotterranee, in tabella 2 si riportano i relativi valori.

Tab. 2 superamenti dei valori delle CSC nelle acque sotterranee							
Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.2 µg/l					200	350	0,15
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità	Data prelievo	Alluminio	Idrocarburi totali (n-esano)	Triclorometano
P1	425002	4521061	56,50	22/05/2009	338		
P2	424948	4521040	54,90	22/05/2009		720	0,195

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).

1.1 Rischio: definizione e accettabilità

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

$R = E \times T$ 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 in modalità sia diretta che inversa ai fini del calcolo del Rischio e delle concentrazioni soglia di rischio ed è stato utilizzato il software 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 gli obiettivi di bonifica) 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).

1. Sorgenti

La matrice ambientale considerata quale sorgente secondaria di contaminazione è la falda, in quanto presenta una contaminazione da sostanze volatili, la cui estensione coincide con l'intera superficie del sito.

2. Vie di trasporto e percorsi di esposizione

La via di trasporto attivata è la volatilizzazione da falda ed i percorsi di esposizione sono l'inalazione 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.

3. Bersagli

In base alla destinazione urbanistica, l'uso attuale e l'uso futuro dell'area i potenziali bersagli sono stati considerati i lavoratori on site. Non sono stati considerati bersagli off site in quanto, nelle vicinanze del sito, nel raggio di 30 m, non si rinvenivano fabbricati adibiti ad uso residenziale, né aree ricreative.

I contaminanti selezionati sono tutti quelli volatili presenti nella falda. Le relative concentrazioni rappresentative alla sorgente sono indicate in tabella 3. Le concentrazioni rappresentative della sorgente 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, aggiornati a marzo 2015

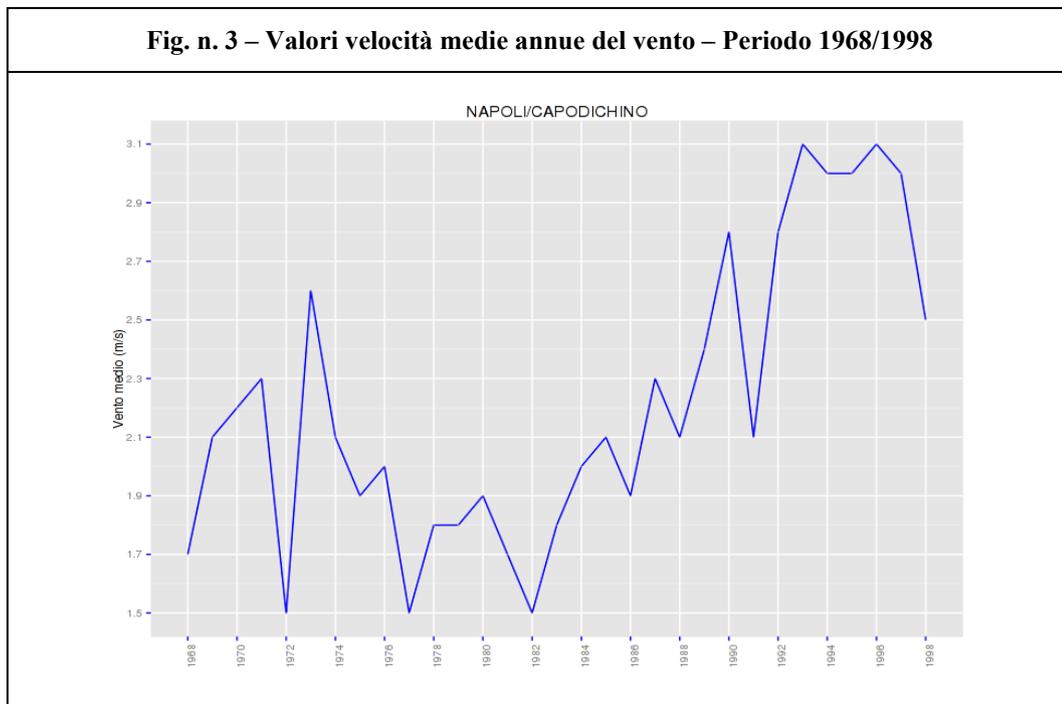
<i>Tab. n 3 – Concentrazioni rappresentative della sorgente falda</i>	
Contaminante	CRS (µg/l)
Alluminio	338
Idrocarburi Totali (n-esano)	720
Triclorometano	0,195

3.2 Parametri sito-specifici

3.2.1 Parametri meteo climatici

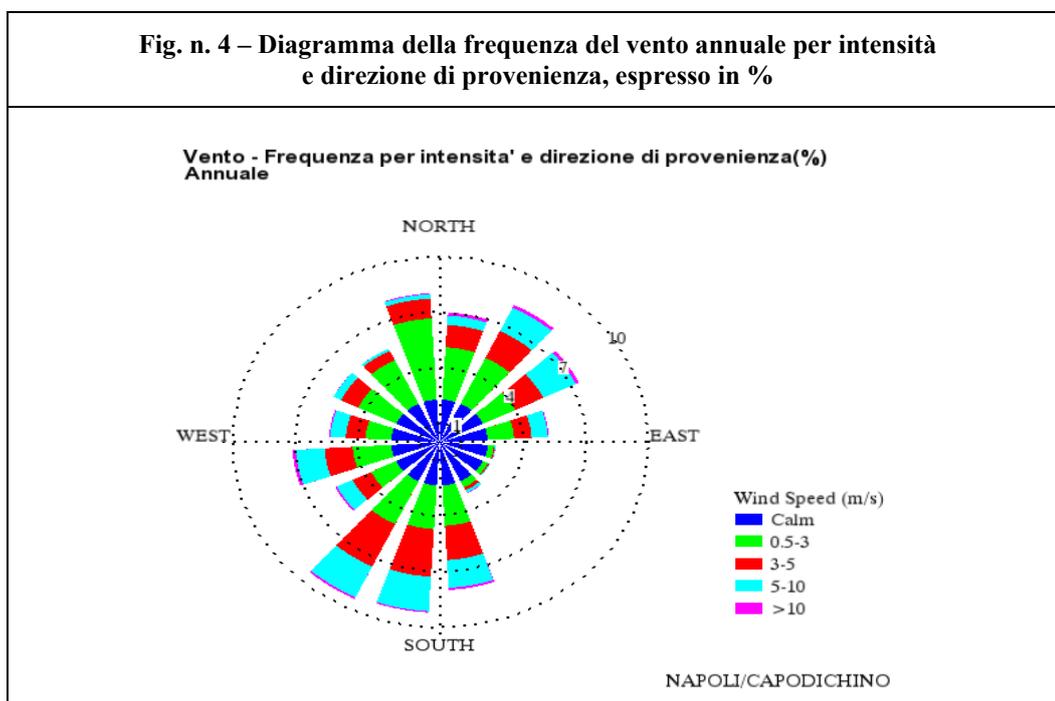
Per quel che concerne la velocità del vento e la piovosità, sono stati utilizzati i dati meteorologici ricavati dall’archivio SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l’elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale) al link <http://www.scia.isprambiente.it> e fanno riferimento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

Nella figura n. 3 vengono rappresentate le velocità medie annuali del vento relativamente alla serie storica 1968 - 1998. 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 n. 4 viene riportato il diagramma della frequenza del vento in relazione all’intensità ed alla direzione di provenienza.



Nella tabella n. 4 vengono riportati i valori utilizzati per l’elaborazione dello stesso. La direzione principale di provenienza del vento è S-SW.

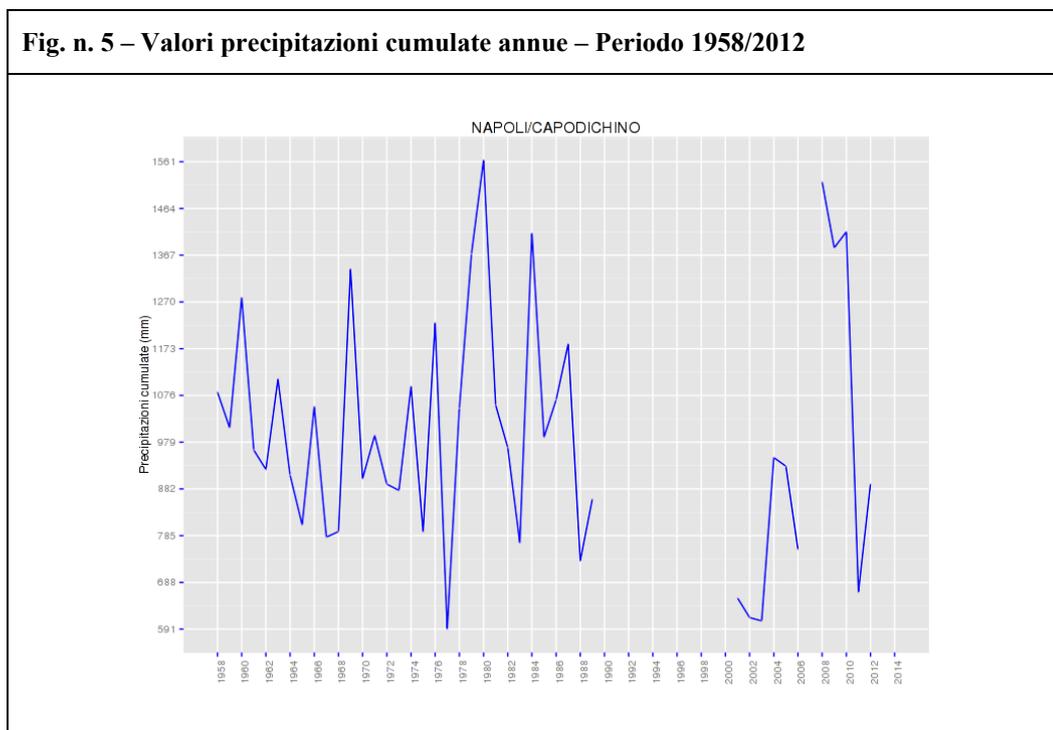
Tab. n. 4 – Percentuali delle frequenze dell’intensità del vento, per l’elaborazione diagramma anemometrico

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

In allegato 4 si riportano i valori della serie storica di velocità media del vento nel periodo 1968-1998.

Nella figura n.5 viene rappresentato l’andamento delle precipitazioni cumulate annue nel periodo 1958-2012, mentre in allegato 4 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.

Fig. n. 5 – Valori precipitazioni cumulate annue – Periodo 1958/2012



3.2.2 Parametri di idrogeologia locale

L'area geologicamente ricade nel complesso vulcanico dei Campi Flegrei, i quali rappresentano un'area vulcanica complessa il cui elemento principale di tipo strutturale consiste in una caldera larga 12 km risultante dal collasso legato alla messa in posto dell'Ignimbrite Campana, un enorme deposito di flusso piroclastico che, circa 36.000 anni fa, ricoprì l'intera pianura Campana.

Le unità litostратigrafiche individuate nell'area flegrea sono le seguenti:

1. Depositi vulcanici: lave e depositi piroclastici .
2. Formazione dell'Ignimbrite Campana,
3. Depositi vulcanici: depositi da flusso piroclastico, prodotti piroclastici da caduta e la formazione del Tufo Giallo Napoletano, deposito piroclastico di colore giallastro e grigiastro.
4. Depositi vulcanici: tufi gialli dell'attività flegrea recente;
5. Depositi eluvio-colluviali;
6. Depositi sabbiosi;

7. Depositi antropici,

Nell’area si evidenziano, le seguenti unità litologiche:

- Terreni superficiali - costituiti da terreni vulcanici, essenzialmente pozzolane. Questo livello ha spessore notevole, in particolare sulla parte terrazzata de “La Starza” è stato accertato uno spessore di circa 11,50 m;
- Serie del Terrazzo di erosione marina “La Starza” - comprende termini stratigrafici prevalentemente sabbiosi per uno spessore di 30 m.
- Pozzolane e ceneri posteriori al Tufo Giallo - lo spessore di questa coltre piroclastica è indefinito.
- Tufi gialli - Lo spessore non è definito a causa di faglie che ribassano il tufo stesso.

L’attività di monitoraggio ambientale del sottosuolo, eseguita nell’ambito dell’intervento di esecuzione dei sondaggi, ha permesso di ricostruire l’assetto litostratigrafico locale del sottosuolo del sito in esame (allegato 5) che viene così sintetizzato:

- da 0,00 a 0,20 circa m da p.c.: asfalto;
- da 0,20 a 0,50 m circa da p.c.: terreno naturale misto a materiali di origine antropica (mattoni, plastiche, ecc.);
- da 0,50 a 38,0 m da p.c.: terreno naturale prevalentemente costituito da sabbie con matrice limosa di colore marrone chiaro - grigio in base ai vari orizzonti stratigrafici, e ghiaiosi. In tale colonna stratigrafica si notano strati decimetrici prevalentemente sabbiosi e altri sempre decimetrici dove la percentuale di ghiaia è paritetica a quella della sabbia.
- Da 38,0 a 40,0 m da p.c. : terreni naturali prevalentemente costituiti da limi di colore marrone con sabbia e debolmente ghiaiosi.

L’assetto piezometrico dell’area flegrea non rivela marcate diversità tra zone interne ed esterne rispetto alla caldera ed indica una scarsa correlazione con l’andamento della superficie topografica e con la rete idrografica superficiale. Le quote massime della falda si rinvencono a circa 25 m s.l.m. ; la profondità della falda è variabile da 0 a 400 metri e le differenziazioni tra i vari territori comunali sono a volte notevoli a causa dell’articolazione morfologica e in alcuni casi per gradienti elevati.

La presenza di due sorgenti “in quota” testimoniano la presenza di una falda sospesa rispetto a quella di base, sostenuta inferiormente da livelli piroclastici a granulometria più fine o da piroclastiti rese meno permeabili dai processi di alterazione idrotermale.

Nell’area in esame i terreni sono caratterizzati da una permeabilità con un grado di porosità da basso a medio, il livello della falda oscilla intorno ai 4 m s.l.m.. La direzione di deflusso è da NORD EST verso SUD OVEST. (allegato 6)

3.2.3 Granulometria/Tessitura del Terreno

Le analisi granulometriche sono state eseguite presso i laboratori specializzati TECNO IN, secondo lo standard ASTM D422-98. Come riportato nelle schede dell’allegato 7, i dati dei risultati delle prove granulometriche indicano che si tratta nel complesso di materiale eterogeneo, costituito prevalentemente da sabbia (circa 65 %), da ghiaia (circa 17%) da limo (circa 15 %) e argilla (circa 3%).

Nella tabella 6 è riportato: il sondaggio, la profondità di prelievo, peso specifico e la descrizione litologica.

Tab. 6 Distribuzione granulometrica			
Sondaggio	Profondità (m)	γ_s	Descrizione
P1	00.00-41.00	2,68	sabbia ghiaiosa limosa.
P2	00.00-40.00	2,50	sabbia limosa debolmente ghiaiosa
S1	00.00-40.00	N.P.	sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa
S2	00.00-10.00	N.P.	sabbia ghiaiosa limosa
S3	00.00-10.00	2,63	sabbia ghiaiosa limosa
S4	00.00-10.00	2,65	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa debolmente argillosa

3.2.4 Tabella Parametri sito specifici

In base al modello concettuale attivato, vengono riportati di seguito 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 “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.

Tabella 7 – Parametri sito specifici

Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore di default doc. APAT	Valore utilizzato
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300	5490
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500	6800
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	2,5
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 - Elaborazione dati storici della stazione meteo più vicina
Lcrack	Spessore delle fondazioni (muri)	cm	15	15
Lb	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.)	cm	300	400
Zcrack	Profondità delle fondazioni	cm	15	15

Le considerazioni effettuate ai fini della scelta dei parametri sono:

- Le dimensioni della sorgente rispetto alle direzioni del vento sono le massime come evidenziato nella figura 6.
- Per la soggiacenza delle falda è stato selezionato il valore minimo che si presenta come il più cautelativo.
- Lo spessore dell’acquifero è stato valutato in base alla soggiacenza della falda, alla quota del p.c. e ai dati bibliografici.
- Come densità del suolo è stato inserito il valore maggiore.
- La velocità del vento è stata calcolata considerando il valore minore tra quelli riportati in tabella, un suolo urbano ed una classe di stabilità D.
- Granulometria selezionata: “loamy sand”.
- Il rapporto tra volume indoor e aria di infiltrazione è stato considerato pari a 4 m nel caso di bersagli lavoratori in quanto non si conoscono le caratteristiche degli edifici.

Figura 6 – Dimensione della sorgente rispetto alla direzione principale del vento e del flusso di falda



Relativamente alla scelta dei contaminanti:

- per gli idrocarburi totali (n-esano), non essendo stata effettuata una speciazione, è stata selezionata la frazione MADEP che è risultata in questo caso maggiormente cautelativa cioè gli Alifatici C5-C8.
- l’Alluminio nelle acque sotterranee non è stato implementato nell’analisi di rischio in quanto non volatile così come indicato nel documento di supporto alla Banca Dati elaborata da ISS ed aggiornata a Marzo 2015.

3.2.5 Parametri di default

Per tutti i parametri non determinati in fase di caratterizzazione ambientale sono stati utilizzati i valori di default ISPRA.

4. RISULTATI

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità diretta (fig. 9) per la valutazione dell’esposizione ai contaminanti presenti nel sito in esame ha evidenziato per le **acque sotterranee**:

- Rischio cancerogeno ed indice di pericolo accettabile per inalazione vapori outdoor e indoor per triclorometano;
- Indice di pericolo accettabile per inalazione vapori outdoor e indoor per alifatici C5-C8
- Indice di pericolo cumulato accettabile
- Rischio cancerogeno cumulato accettabile

Fig. n.9– Valori del Rischio e 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)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC D.Lgs 152/06 [mg/L]
Triclorometano	1,95E-04	---		1,95E-04	---	3,20E-10	3,98E-07	NA	1,50E-04
Alifatici C5-C8	7,20E-01	---		7,20E-01	---	---	1,66E-01	NA	3,50E-01

On-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	3,16E-11	1,55E-02	
Indoor	3,20E-10	1,66E-01		
Off-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	---	---	
Indoor	---	---		

In allegato 8 si riportano i files di risk net relativo al suddetto studio.

5. CONCLUSIONI

L'applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta ha fornito rischio accettabile per inalazione indoor e outdoor da falda sia per gli idrocarburi Alifatici C5-C8 che per il Triclorometano.

I risultati delle indagini di caratterizzazione hanno mostrato la presenza di contaminazione in falda e il non rispetto delle CSC delle acque sotterranee al punto di conformità, pertanto le acque sotterranee devono ritenersi contaminate e si rende necessario, secondo quanto previsto dal D.lgs. 152 del 2006 e smi, attuare interventi di bonifica della falda.

Tuttavia è necessario effettuare la considerazione che dalla fase di caratterizzazione ambientale è intercorso un considerevole lasso di tempo, pertanto potrebbe essere utile eseguire una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee al fine di verificarne l'attuale stato di contaminazione.

Si evidenzia che dovrà essere implementata una nuova Analisi di Rischio in caso di modifiche allo scenario attuale quali ad esempio costruzione di nuovi edifici e utilizzo effettivo del sito.

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 DLgs 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 di Caratterizzazione “Ex Mattatoio Comunale” e sue Integrazioni (gennaio 2004 e Aprile 2005)
- Relazione tecnico descrittiva “Piano di Caratterizzazione Ex Mattatoio Comunale” (Settembre 2008).