



Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



**Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito
Ex Mattatoio Comunale – Corso Italia
Comune di Villaricca (NA)**

Novembre 2015

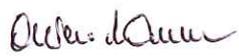
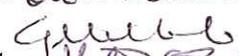
**Analisi di Rischio sito specifica dell’area di proprietà Comunale
“Ex Mattatoio Comunale”
Comune di Villaricca (NA)**

PREMESSA.....	5
1 RACCOLTA DATI ESISTENTI.....	6
1.1 Descrizione sito.....	6
1.2 Risultati delle indagini ambientali	7
1.2.1 Indagini dirette	7
1.2.2 Risultati analisi chimiche	9
2 METODOLOGIA DELL’ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE	13
1.1 Rischio: definizione e accettabilità	14
3 ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA.....	16
2.1 Modello Concettuale Sito Specifico	16
3.2 Parametri sito-specifici	18
3.2.1 Parametri meteo climatici	18
3.2.2 Parametri di idrogeologia locale	21
3.2.3 Granulometria/Tessitura del Terreno	23
3.2.4 Tabella Parametri sito specifici.....	24
3.2.5 Parametri di default.....	26
4. RISULTATI.....	29
5. CONCLUSIONI.....	34
6. BIBLIOGRAFIA	36

ALLEGATI

1. **convenzione**
2. **planimetria con ubicazione degli edifici**
3. **certificati di destinazione urbanistica**
4. **certificati analitici**
5. **dati meteo**
6. **stratigrafie**
7. **carta isopiezometrica**
8. **analisi granulometriche**
9. **file risk net**

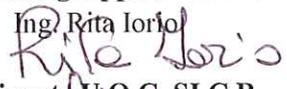
Gruppo di lavoro

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.G. 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 Villaricca (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 ex mattatoio comunale di Villaricca ricade nell’ambito dell’ex Sito di Interesse Nazionale “Litorale Domitio Flegreo e Agro Aversano”; è ubicato all’interno di un’area pianeggiante di forma trapezoidale, con una superficie totale di circa 5000 mq, posta ad una quota di 113 m s.l.m.. E’ delimitato a sud con l’alveo dei Camaldoli e relativa strada ad una quota sopraelevata di circa 4 m rispetto a quella del sito; ad ovest con un insediamento di edilizia residenziale a nord confina con un terreno libero al momento incolto e con la traversa di Corso Italia, che prosegue anche per tutto il lato est dove è posizionato l’ingresso. L’area è completamente recintata e l’accesso avviene tramite un cancello scorrevole. Il sito individuato nel Catasto Terreni del Comune di Villaricca al foglio 2 particelle n. 236 e 33 è attualmente di proprietà dell’Amministrazione comunale. Gli edifici che costituiscono la sede dell’ex Mattatoio di Villaricca sono i seguenti:

- a. Edificio adibito a mattatoio con superficie coperta di 587 mq e si sviluppa su un unico livello. E’ suddiviso in due corpi : uno di altezza pari a 5,00 mt. e l’altro di altezza pari a 6,00 mt.;
- b. Edificio adibito a mattatoio contumaciale che ospitava animali in quarantena, con superficie coperta di 187 mq. Anch’esso si sviluppa su un unico livello di altezza 5,00 mt.;
- c. Struttura ricovero animali con superficie coperta di 322 mq e costituita da tralicci in c.a e tettoia in ferro;
- d. Edificio per uffici e alloggio custode con superficie coperta di 146 mq e si sviluppa su due livelli entrambi di altezza pari a 3,00 mt.;
- e. Vasche per l’impianto di depurazione con superficie di 78 mq.

La superficie delle parti carrabili interne risulta essere impermeabilizzata con un manto di asfalto, in più punti fratturato.

L’ubicazione esatta degli edifici sopra descritti è riportata in allegato 2.

Tutti gli edifici sono costituiti da telai di cemento armato tompagnato e solai latero-cementizi. Le murature hanno uno spessore di 30 cm. Non vi sono locali interrati e tutti i primi calpestii sono a quota +15 cm, rispetto alla quota del piazzale e lo spessore del massetto non superiore a 15 cm.

Nell’ambito di una distanza di 30 mt sono presenti edifici residenziali, una struttura sportiva e un’isola ecologica. In particolare gli edifici residenziali fanno parte di un complesso residenziale recintato adiacente al sito in esame e sono costituiti da un piano terra porticato di altezza 3 metri (aperto) e n. 4 piani superiori.

Il sito è attualmente utilizzato in parte dal Comune come deposito materiale vario e in parte (palazzina Uffici e piazzale) è in fitto alla Ditta incaricata per lo smaltimento dei rifiuti di Villaricca per il parcheggio degli automezzi.

Il Comune di Villaricca è dotato di Piano Regolatore Generale approvato con D.P.A.P. n. 14/87 ed entrato in vigore il 28/01/88 con annesse Norme di Attuazione. L’area ove insiste l’ex macello è classificata nel Piano Regolatore Generale Vigente come Zona Omogenea F-Attrezzature ed impianti di interesse generale. (Allegato 3)

1.2 Risultati delle indagini ambientali

Il Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 del sito Mattatoio Comunale nel Comune di Villaricca (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

Le attività di indagine di caratterizzazione hanno previsto la realizzazione di:

- n. 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo S1, S2, S3, P1, P2, spinti sino alla massima profondità di 10 metri da p.c.;
- i sondaggi P1 e P2 sono stati ulteriormente approfonditi sino alla profondità di 95 m da p.c. ed attrezzati a piezometro;

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



In tabella1 si riporta il riepilogo delle coordinate rilevate per ciascun punto di indagine (UTM 33T-WGS84) riferite alla cartografia della Campania 1:5000.

Tab. 1 di riepilogo delle coordinate rilevate per ciascun punto di indagine (UTM 33T-WGS84)

Sigla sondaggio	Coord. X	Coord. Y
P1	430687	4529759
P2	430618	4529801
S1	430681	4529802
S2	430622	4529770
S3	430643	4529798

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:

- 25 campioni di suolo di cui:
 - un campione rappresentativo dei suoli superficiali (0-1 m di profondità da p.c.)
 - un campione rappresentativo dei suoli insaturi presenti alla profondità compresa tra 1 a 3 m da p.c.;
 - un campione rappresentativo dei suoli insaturi presenti alla profondità compresa tra 4 e 6 m da p.c.;
 - un campione rappresentativo dei suoli insaturi presenti alla profondità compresa tra 7 e 9 m da p.c.;
 - un campione rappresentativo del fondo foro (9-10 m di profondità da p.c.).
- 2 campioni di acqua;
- 3 campioni di Top Soil;
- 1 duplicato anonimo di campo;
- 1 campione di acqua di field blank.

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

- Composti inorganici (*Arsenico, Cadmio, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco*);
- Cianuri e Fluoruri liberi;
- Composti Organici Aromatici (*Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xileni, Stirene, sommatoria organici aromatici*);
- 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)pirene e Pirene, sommatoria Policiclici aromatici*);
- Idrocarburi (*Leggeri C<12 e Pesanti C>12*);
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Alifatici Alogenati cancerogeni;
- Fenoli non clorurati;
- Fenoli clorurati;
- Amianto e PCB su n. 2 campioni di top-soil (0-10 cm);
- Diossine e Furani su n. 3 campioni di top-soil (0-10 cm).

Per le **acque di falda** sono state eseguite analisi di laboratorio su un numero complessivo di n°2 campioni 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;

I certificati analitici di laboratorio con i risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di terreno e di acque sono inclusi nell'Allegato 4.

Campioni di Top Soil

Dal confronto dei risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di Top Soil con le CSC indicate nella Tabella 1, colonna A All. 5 al Titolo V del D. L.gs. 152/06, è possibile notare che vi sono superamenti dei limiti ammessi dalla legge per Diossine e Furani.

Campioni di Suolo

Il confronto dei risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di terreno con le CSC indicate nella Tabella 1, colonna A All. 5 al Titolo V del D. L.gs. 152/06 indica superamenti per Zinco e Idrocarburi (C > 12).

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 Manganese (Allegato 5 Tabella 2 del D.Lgs.152/06).

Nelle tabelle 2, 3 e 4 si riportano i superamenti delle CSC riscontrati rispettivamente nel suolo superficiale, nel suolo profondo e nelle acque sotterranee.

Tab. 2 superamenti dei valori delle CSC nel suolo superficiale						
Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. A mg/kg					50	1x10 ⁻⁵
<i>Sond.</i>	<i>Coord_X</i>	<i>Coord_Y</i>	<i>Profondità</i>	<i>Data prelievo</i>	C>12	Somm. PCDD - PCDF
S2	430622	4529770	0.00-1.00	26/06/2008	68	
P1	430687	4529759	0.00-1.00	17/04/2008	72	
P2	430618	4529801	0.00-1.00	28/04/2008	280	
TSS1	430681	4529802	0.00-0.10	25/06/2008		1,4x10 ⁻⁵
TSP2	430618	4529801	0.00-0.10	28/04/2008		1,4x10 ⁻⁵

Tab. 3 superamenti dei valori delle CSC nel suolo profondo						
Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. A mg/kg					150	50
<i>Sond.</i>	<i>Coord_X</i>	<i>Coord_Y</i>	<i>Profondità</i>	<i>Data prelievo</i>	zinco	C>12
S1	430681	4529802	1.00-3.00	25/06/2008		71
			4.00-6.00			76
			7.00-9.00		240	94
S2	430622	4529770	1.00-3.00	26/06/2008		67
			4.00-6.00			91
			7.00-9.00			67
S3	430643	4529798	9.00-10.00	28/04/2008	167	

Tab. 4 superamenti dei valori delle CSC nelle acque sotterranee					
Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.2 µg/l					50
<i>Sondaggio</i>	<i>Coord_X</i>	<i>Coord_Y</i>	<i>Profondità</i>	<i>Data prelievo</i>	<i>Manganese</i>
P1	430687	4529759	93,10	17/12/2008	1224
P2	430618	4529801	91,90	17/12/2008	1214

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 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.

2.1 Modello Concettuale Sito Specifico

L'analisi di rischio è stata svolta in modalità diretta e 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).

In base alla destinazione attuale ed alla presenza di edifici residenziali in prossimità del sito, sono stati individuati due casi distinti in cui l'implementazione dell'analisi di rischio ha tenuto conto rispettivamente di:

- **Caso 1:** bersagli lavoratori on site e bersagli residenziali off site;
- **Caso 2:** bersagli residenziali on site.

Caso 1

1. Sorgenti

Le matrici ambientali considerate quali sorgenti secondarie di contaminazione sono: suolo superficiale e suolo profondo le cui estensioni in via cautelativa coincidono con l'intera superficie del sito.

2. Vie di trasporto e percorsi di esposizione

suolo superficiale: lisciviazione verso la falda, inalazione di polveri e vapori, ingestione e contatto dermico

suolo profondo: lisciviazione verso la falda, inalazione vapori

3. Bersagli

In base alla destinazione urbanistica dell’area, i potenziali bersagli on site sono adulti lavoratori. Nell’area esterna v’è la presenza di un parco residenziale adiacente al sito in esame e per il quale è stata considerata una distanza di 1 metro pertanto i bersagli off site considerati sono i residenti.

Caso 2

Per attivare l’inalazione indoor da suolo per i residenti off site, è stata effettuata un’ulteriore simulazione che ha preso in considerazione i soli composti volatili, attivando quali vie di migrazione l’Inalazione vapori e polveri indoor on site.

1. Sorgenti

Le sorgenti secondarie di contaminazione sono il suolo superficiale ed il suolo profondo le cui estensioni in via cautelativa coincidono con l’intera superficie del sito.

2. Vie di trasporto e percorsi di esposizione

suolo superficiale: inalazione indoor di polveri e vapori

suolo profondo: inalazione vapori

3. Bersagli

Sono stati selezionati come bersagli i residenti, data la presenza di edifici ad uso residenziale off site.

I contaminanti per i quali è stato valutato il rischio e le relative concentrazioni rappresentative alla sorgente sono indicate in tabelle 5 e 6. 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.

Il manganese rinvenuto 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-ISPEL e aggiornata a marzo 2015.

<i>Tab. n 5- Concentrazioni rappresentative della sorgente suolo superficiale</i>	
Contaminante	CRS (mg/kg)
Idrocarburi C>12	280
Sommatoria Diossine e Furani	1,4E-05

Tab. n.6 – Concentrazioni rappresentative della sorgente suolo profondo

Contaminante	CRS (mg/kg)
Zinco	240
Idrocarburi C>12	94

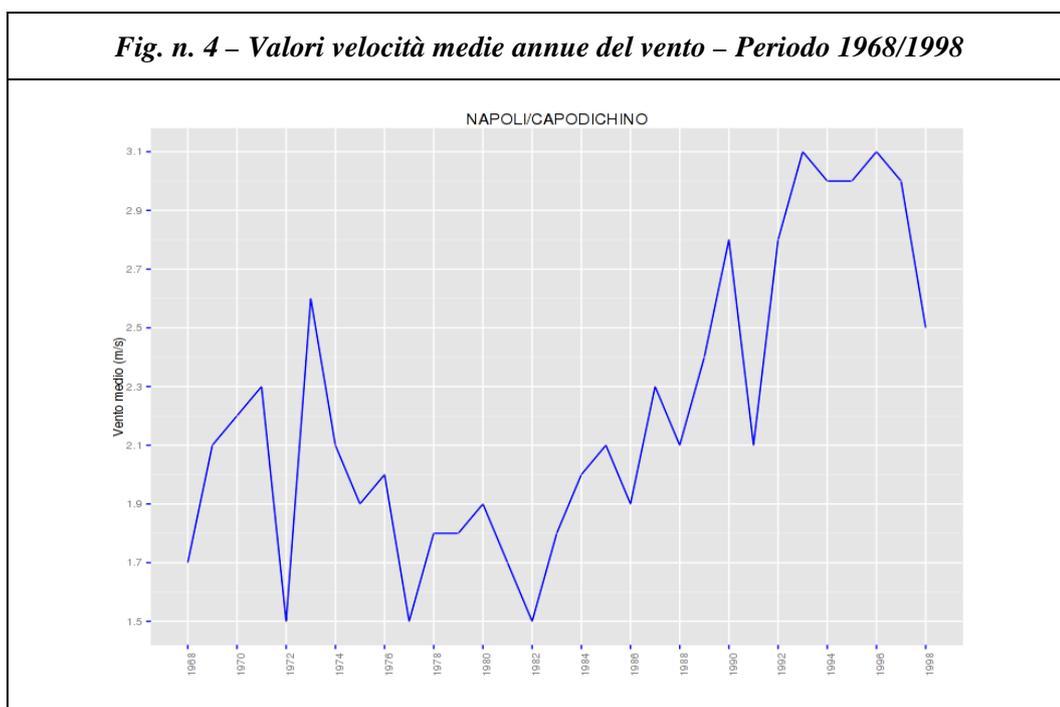
3.2 Parametri sito-specifici

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.

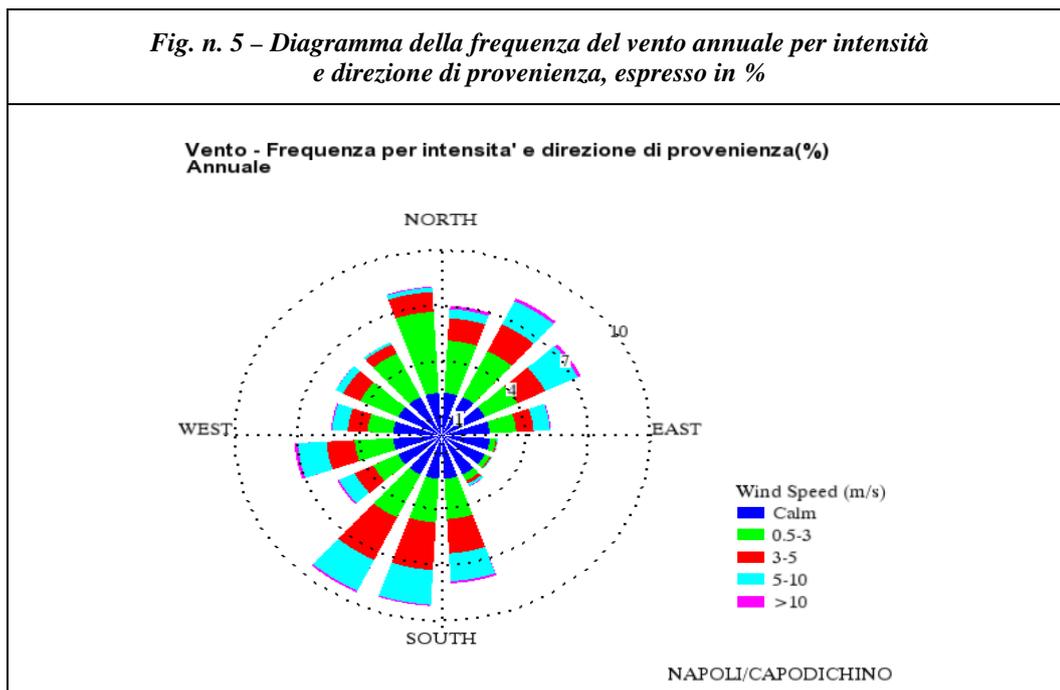
Nella figura n. 4 vengono rappresentate le velocità medie annuali del vento relativamente alla serie storica 1968 - 1998. Il valore utilizzato ai fini dell’implementazione dell’analisi di rischio è **1,5 m/s** corrispondente al minimo rilevato.

Fig. n. 4 – 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. 5 viene riportato il diagramma della frequenza del vento in relazione all’intensità ed alla direzione di provenienza.

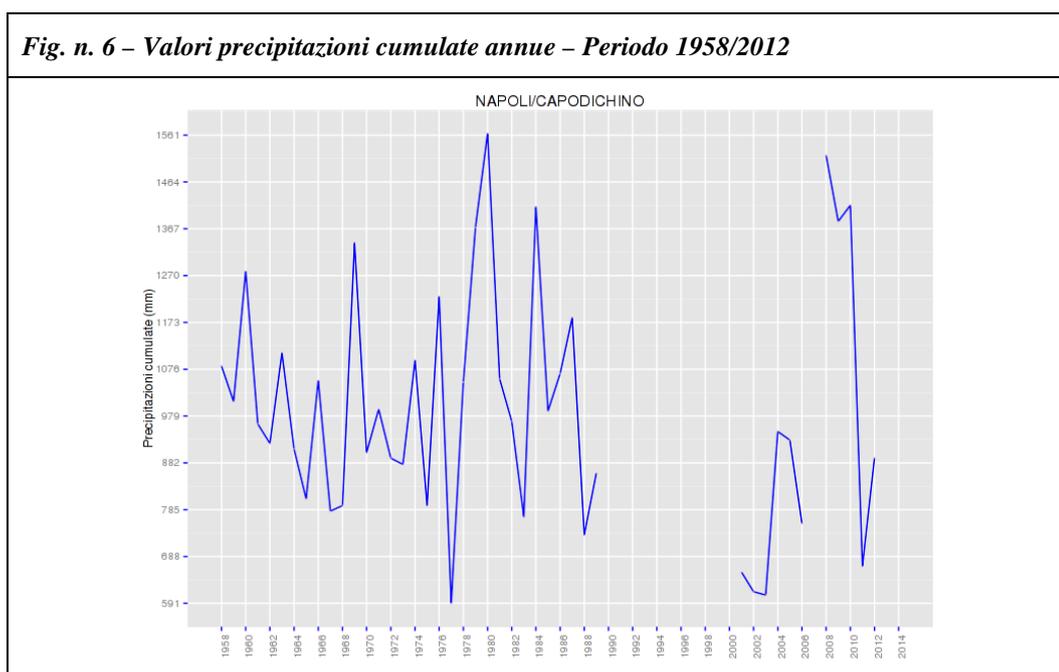


Nella tabella n. 7 vengono riportati i valori utilizzati per l’elaborazione dello stesso. La direzione principale di provenienza del vento è S-SW. In allegato 5 si riportano i valori della serie storica di velocità media del vento nel periodo 1968-1998.

Tab. n. 7 – 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. 6 viene rappresentato l’andamento delle precipitazioni cumulate annue nel periodo 1958-2012, mentre in allegato 5 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

Dal punto di vista geologico - strutturale, questo territorio, ubicato al margine nord orientale dei Campi Flegrei, ricade in una zona più o meno centrale della Piana Campana, la quale coincide con un'ampia area di approfondimento (“graben”).

Il sottosuolo risulta costituito, almeno per i primi 100 metri, da un potente ammasso di materiali piroclastici, derivanti dall'attività dei vulcani presenti nel distretto dei Campi Flegrei e marginalmente dall'attività del Somma-Vesuvio, che maschera il substrato carbonatico.

Nelle linee generali, è quindi possibile rinvenire, dall'alto verso il basso della successione di piroclastiti:

- a) ceneri vesuviane;
- b) ceneri con pomici e lapilli, intercalate da livelli humificati;
- c) tufo giallo napoletano in facies incoerente – “pozzolana s.s.”, ed in facies litoide di colore giallo;
- d) tufo grigio campano, frequentemente nelle facies gialla o verde.

Gli aspetti litostratigrafici e geostrutturali sono definiti da una sequenza piroclastica caratterizzata dai seguenti termini:

- materiale di riporto e/o terreno vegetale dello spessore di circa 1 metro;
- piroclastici incoerenti superficiali, ovvero ceneri vulcaniche, sabbie e pozzolane grigie, generalmente in successione procedendo verso il basso, con granulometrie da fini a medie e densità mediamente crescenti con le profondità, ricche in pomici eterogenee e litici.
- strato di sabbie pozzolaniche con pomici e scorie di piccole e medie dimensioni, dello spessore di circa 3 metri;
- pozzolana sabbiosa in parte limosa con pomici e scorie dello spessore di circa 10 metri;
- dalle pozzolane, si passa, attraverso termini sempre più compatti, fino ad incontrare ad una profondità maggiore di 25 m dal p.c. il bedrock tufaceo .

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame, geograficamente al limite tra il distretto vulcanico dei Campi Flegrei e la Piana Campana, può ritenersi appartenente sia all'unità idrogeologica dei Campi Flegrei che a quella della piana del Volturno-Regi Lagni.

La variabilità areale delle caratteristiche litostratigrafiche e giaciture del sottosuolo determina una complessa struttura idrogeologica nella quale la circolazione idrica sotterranea avviene per falde sovrapposte, le quali presentano una concentrazione particolare immediatamente al di sotto del Tufo Grigio Campano.

Nell'area in esame, la direzione dei flussi idrici è diretta da sud-est verso nord-ovest.

La circolazione idrica sotterranea dell'area Comunale fa parte, in definitiva, di un grosso flusso idrico che, dai rilievi appenninici bordanti ad Est la Piana Campana, muove verso il mare interessando terreni detritico-vulcanici.

Nell'area comunale il livello piezometrico si colloca mediamente a circa 10 metri s.l.m., cioè ad una profondità media rispetto al piano campagna di circa 100 metri.

I materiali piroclastici, abbondantemente presenti sia in affioramento che nel sottosuolo, formano un complesso idrogeologico caratterizzato da un grado di permeabilità relativo generalmente basso, eccetto per qualche orizzonte.

Stratigrafia locale

Dal punto di vista litostratigrafico e litologico dall'alto verso il basso si riconosce la seguente successione: (allegato 6)

- da 0,00 a 0,20 circa m da p.c.: asfalto;
- da 0,20 a 14 m circa da p.c.: sabbia di colore da marrone a grigio con matrice di limo, ghiaiosa debolmente argillosa e rari ciottoli;
- da 14,0 a 43,50 m da p.c.: tufo giallo - ocrea;
- da 43,5 a 55,00 m da p.c.: tufo grigio - verde;
- da 55,0 a 65,0 da p.c.: limo di colore grigio sabbioso e argilloso;
- da 65,0 a 95,0 da p.c.: sabbia e limo di colore marrone a grigio ghiaioso e debolmente ciottoloso

Idrogeologia locale

Le indagini dirette svolte nel sito ad aprile 2008 con l'installazione di piezometri spinti fino ad una profondità pari a 95 m da p.c. non hanno permesso di raggiungere la falda acquifera.

A dicembre 2008 è stata eseguita una verifica del livello della falda nei suddetti piezometri, constatando che gli stessi intercettavano la falda per uno spessore di circa 2 - 3 m.

In particolare il livello statico misurato in corrispondenza del piezometro P1 è risultato pari a 93.10 m dal p.c., in corrispondenza del piezometro P2 pari a 91.90 m dal p.c., pertanto il piezometro P2 risulta situato a monte idrogeologico, il piezometro P1 a valle. Non è stato comunque possibile verificare il livello dinamico della falda, verificarne il deflusso e caratterizzarla dal punto di vista idrogeologico. Pertanto per la direzione del flusso locale di falda si è fatto riferimenti a dati bibliografici che indicano una direzione del flusso orientata in direzione SE-NO.

Il gradiente idraulico calcolato sulla base della carta isopiezometrica (allegato 7) è pari a 0,0025; dai dati bibliografici lo spessore dell’acquifero è stimato approssimativamente in 100 m.

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 (Allegato 8).

I dati indicano che si tratta nel complesso di materiale eterogeneo, costituito prevalentemente da circa il 55% da sabbia con una percentuale di circa il 28 % da frazione secondaria (limo), ghiaia con una percentuale di circa 14% e 3 % di argilla.

La stratigrafia sondata ha messo in risalto uno spessore di tufo da 15 m da p.c. fino a circa 55 m da p.c. Nella tabella 8 è riportato: il sondaggio, il peso specifico, le litologie e la descrizione litologica.

Tab. 8- Distribuzione granulometrica

Sondaggio	γ_s	Sabbia	Limo	Ghiaia	Argilla	Descrizione
P1	2,49	50%	33%	15%	2%	sabbia con limo ghiaiosa
P2	2,51	55%	28%	14%	3%	sabbia con limo ghiaiosa
S1	2,46	12%	42%	8%	38%	limo con argilla, sabbiosa, debolmente ghiaioso
S2	2,48	46%	38%	11%	5%	sabbia con limo ghiaiosa, debolmente argillosa
S3	2,49	48%	26%	23%	3%	sabbia con limo, ghiaiosa

3.2.4 *Tabella Parametri sito specifici*

In base al modello concettuale attivato, vengono riportati in tabella 9 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.

Tab. 9 - parametri sito specifici

Zona Insatura		U.M.	Valore
L_s (SS)	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	m	0,0
L_s (SP)	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	m	1,0
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	m	1,0
d_s	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	m	<u>90,9</u>
L_{GW}	Profondità del piano di falda	m	<u>91,9</u>
f_{oc, SS}	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale	g-C/g-suolo	0,01
f_{oc, SP}	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo	g-C/g-suolo	0,01
pH	pH	adim.	6,8
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	<u>2,46</u>
θ_e	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	<u>0,345</u>
θ_w	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	0,194
θ_a	Contenuto volumetrico di aria	adim.	<u>0,151</u>
I_{ef}	Infiltrazione efficace	cm/anno	<u>4,39E+01</u>
P	Piovosità	cm/anno	<u>156,1</u>
η_{outdoor}	Frazione areale di fratture outdoor (solo per lisciviazione)	adim.	1,0
Zona Saturata			
W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	m	<u>89,0</u>
d_a	Spessore acquifero	m	<u>100,0</u>
i	Gradiente idraulico	adim.	<u>0,0025</u>
v_{gw}	Velocità di Darcy	m/s	<u>3,08E-08</u>
v_e	Velocità media effettiva nella falda	m/s	<u>8,91E-08</u>
θ_{e sat}	Porosità efficace del terreno in zona saturata	adim.	<u>0,345</u>
f_{oc}	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-suolo	0,001
δ_{gw}	Spessore della zona di miscelazione in falda	m	<u>4,26E+01</u>
LDF	Fattore di diluizione in falda	adim.	<u>2,06E+00</u>
Ambiente Outdoor			
δ_{air}	Altezza della zona di miscelazione	m	2,0
W'	Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	m	<u>64,0</u>

S_w'	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	m	<u>89,0</u>
U_{air}	Velocità del vento	m/s	<u>1,0031</u>
P_e	Portata di particolato per unità di superficie	g/(cm·s ²)	6,90E-14
$T_{outdoor}$	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	25,0
POE ADF	Distanza recettore off site (ADF)	m	<u>1,0</u>
σ_y	Coefficiente di dispersione trasversale	m	1,60E-01
σ_z	Coefficiente di dispersione verticale	m	<u>1,40E-01</u>
Ambiente Indoor			
Edificio On-Site (lavoratori)			
Z_{crack}	Profondità fondazioni da p.c.	m	0,15
L_{crack}	Spessore delle fondazioni/muri	m	0,15
η	Frazione areale di fratture indoor	adim.	0,01
L_b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione	m	<u>4,0</u>
θ_{wcrack}	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0,12
θ_{acrack}	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0,26
ER	Tasso di ricambio di aria indoor	1/s	2,30E-04
T_{indoor}	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	25,0
Edificio On-site (Residenti)			
Z_{crack}	Profondità fondazioni da p.c.	m	- 3,00
L_{crack}	Spessore delle fondazioni/muri	m	0,3
η	Frazione areale di fratture indoor	adim.	0,01
L_b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione	m	2,0
θ_{wcrack}	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0,12
θ_{acrack}	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0,26
ER	Tasso di ricambio di aria indoor	1/s	2,30E-04
T_{indoor}	Tempo medio di durata del flusso di vapore	anni	25,0

Le considerazioni effettuate ai fini della scelta dei parametri e dei contaminanti sono:

- Per la soggiacenza delle falda è stato selezionato il valore minimo che si presenta come il più cautelativo.
- Come densità del suolo è stato inserito il valore maggiore
- La granulometria selezionata è: “sandy loam”
- L’infiltrazione efficace è stata calcolata considerando il valore massimo di piovosità media annua e la granulometria sito specifica selezionata

- 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.
- Le dimensioni della sorgente rispetto alle direzioni del vento e della falda sono le massime come evidenziato nelle figura 7 e 8.
- Lo spessore dell’acquifero è stato valutato in base alla soggiacenza della falda, alla quota del p.c. e ai dati bibliografici.
- Il rapporto tra volume indoor e aria di infiltrazione è stato considerato pari a 4 m.
- La frequenza giornaliera di esposizione è pari a 8 ore per i lavoratori e 24 ore per i residenti.

Relativamente alla scelta dei contaminanti:

- Il Manganese 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.
- 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.

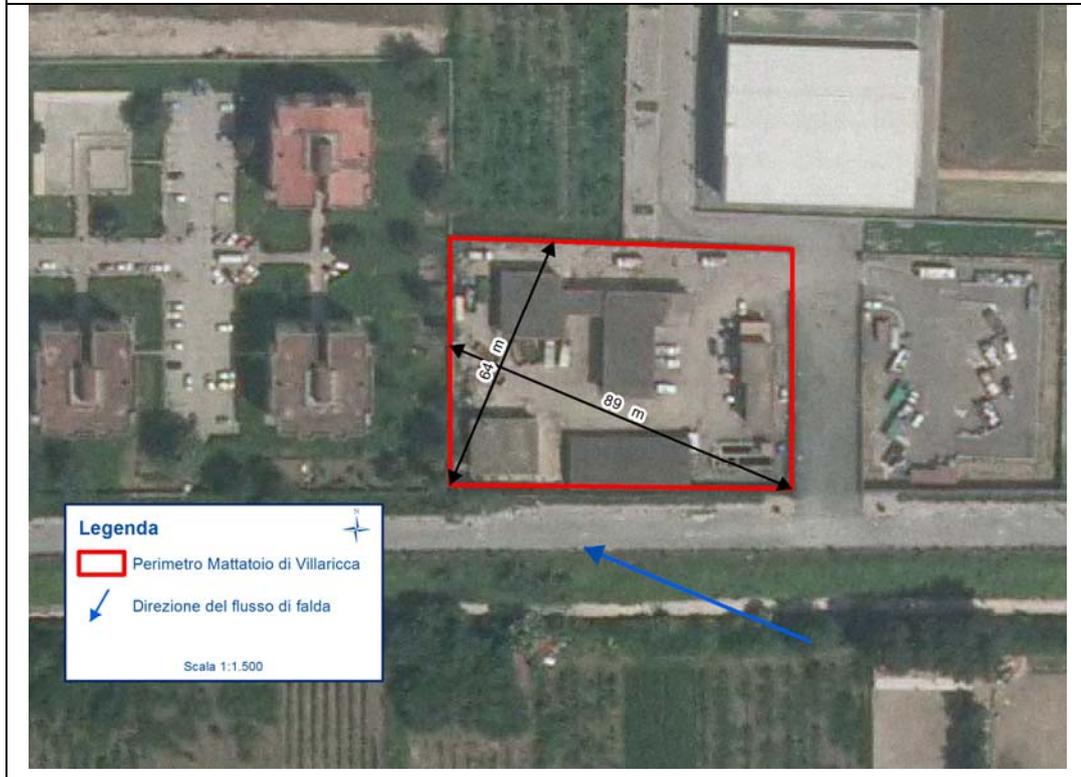
3.2.5 Parametri di default

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

Fig. 7- estensione della sorgente rispetto alla direzione prevalente del vento



Fig. 8- estensione della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda



4. RISULTATI

Caso 1

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità diretta per la valutazione dell’esposizione ai contaminanti presenti nel sito in esame ha evidenziato come riportato in figura 9 e 10:

suolo superficiale

1. Rischio cancerogeno ed indice di pericolo cumulato accettabile
2. Rischio accettabile per la risorsa idrica

Fig. n.9 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]
Alifatici C9-C18	2,80E+02	---		2,80E+02	---	---	8,55E-02	8,78E-05	1,00E+01
2,3,7,8-TCDD	1,40E-05	---		1,40E-05	---	5,11E-07	1,38E-02	4,32E-03	1,00E-05
Alifatici C19-C36	2,80E+02	---		2,80E+02	---	---	2,71E-04	1,32E-08	5,00E+01
Aromatici C11-C22	2,80E+02	---		2,80E+02	---	---	3,18E-01	4,91E-02	1,00E+01

On-site	R tot	HI tot
	5,11E-07	1,01E-01
Outdoor		
Indoor	1,02E-09	6,18E-02
Off-site	R tot	HI tot
	1,87E-07	4,04E-01
Outdoor		

suolo profondo

1. Rischio per la risorsa idrica da Aromatici C11-C22.

Fig. n.10 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancero geno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residen ziale [mg/kg s.s.]
Zinco	2,40E+02	---		2,40E+02	---	---	---	3,64E-01	1,50E+02
Alifatici C9-C18	9,40E+01	---		9,40E+01	---	---	4,50E-02	8,07E-03	1,00E+01
Alifatici C19-C36	9,40E+01	---		9,40E+01	---	---	5,17E-06	1,21E-06	5,00E+01
Aromatici C11-C22	9,40E+01	---		9,40E+01	---	---	1,27E-02	1,51E+00	1,00E+01

On-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	---	1,05E-02	
Indoor	---	3,36E-02		
Off-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	---	5,77E-02	

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità inversa ha portato all’individuazione delle CSR individuali come riportato nelle Figure 11 e 12.

Suolo superficiale

Nel calcolo del CSR, non essendo stata effettuata una speciazione, è stata selezionata la frazione MADEP che è risultata in questo caso maggiormente cautelativa cioè gli Aromatici C11-C22.

Fig. n.11 – Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)

Contaminanti	CSR individual e [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 Risorsaldrica (RGW)	CSC Residenziali [mg/kg s.s.]
2,3,7,8-TCDD	2,74E-05		2,74E-05	2,52E-05	1,00E-06	2,70E-02	8,45E-03	1,00E-05
Aromatici C11-C22	1,99E+04		1,99E+04	1,83E+04	---	8,13E-01	5,09E-02	1,00E+01

On-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	1,00E-06		8,40E-01
Indoor	2,00E-09		2,91E-02	
Off-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	3,65E-07		3,31E-01

Suolo profondo

Nel calcolo del CSR, non essendo stata effettuata una speciazione, è stata selezionata la frazione MADEP che è risultata in questo caso maggiormente cautelativa cioè gli Aromatici C11-C22.

Fig. n.12 – Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)

Contaminanti	CSR individual e [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR suolo profondo [mg/kg s.s.]	CSR suolo profondo [mg/kg T.Q.]	Rischio Cancero genico (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsaldrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]
Zinco	6,59E+02		6,59E+02	6,07E+02	---	---	1,00E+00	1,50E+02
Aromatici C11-C22	6,20E+01		6,20E+01	5,72E+01	---	8,39E-03	1,00E+00	1,00E+01

On-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	---		1,53E-03
Indoor	---		4,85E-03	
Off-site	R tot		HI tot	
	Outdoor	---		8,39E-03

Caso 2

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità diretta per la valutazione dell’esposizione ai contaminanti presenti nel sito in esame ha evidenziato come riportato in figura 13 e 14:

suolo superficiale

Non essendo stata effettuata una speciazione, è stata selezionata la frazione MADEP che è risultata in questo caso maggiormente cautelativa cioè gli alifatici C9-C18.

1. Indice di pericolo non accettabile per vapori indoor per alifatici C9-C18
2. Indice di pericolo cumulato non accettabile

Fig. n.13 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo suolo superficiale

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancero geno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residen ziale [mg/kg s.s.]
Alifatici C9-C18	2,80E+02	---		2,80E+02	---	---	1,41E+00	NA	1,00E+01
2,3,7,8-TCDD	1,40E-05	---		1,40E-05	---	5,42E-09	1,98E-05	NA	1,00E-05

On-site	R tot	HI tot
	Outdoor	---
Indoor	5,42E-09	1,41E+00
Off-site	R tot	HI tot
	Outdoor	---

suolo profondo

1. Indice di pericolo accettabile per inalazione vapori indoor.

Fig. n.14 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo suolo profondo

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]
Zinco	2,40E+02	---		2,40E+02	---	---	---	NA	1,50E+02
Alifatici C9-C18	9,40E+01	---		9,40E+01	---	---	4,25E-01	NA	1,00E+01

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	---	---
Indoor	---	4,25E-01

Off-site	R tot	HI tot
Outdoor	---	---

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità inversa ha portato all’individuazione delle CSR individuali come riportato nelle Figure 15:

Fig. n.15 – Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) 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)	CSC Residenziali [mg/kg s.s.]
Alifatici C9-C18	1,99E+02		1,99E+02	1,83E+02	---	1,00E+00	NA	1,00E+01
2,3,7,8-TCDD	2,58E-03		2,58E-03	2,38E-03	1,00E-06	3,66E-03	NA	1,00E-05

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	---	---
Indoor	1,00E-06	1,00E+00

Off-site	R tot	HI tot
Outdoor	---	---

In allegato 9 si riportano i files di risk- net relativo al suddetto studio.

5. CONCLUSIONI

Caso 1

L'applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta ha indicato la presenza di Rischio per la risorsa idrica da Idrocarburi C>12 presenti nel suolo profondo.

Caso 2

L'applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta ha indicato la presenza di Rischio per il recettore residenziale da inalazione indoor di Idrocarburi C>12 presenti nel suolo superficiale.

Da tali evidenze il sito deve ritenersi contaminato e si rende necessario, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e smi, attuare idonei interventi di bonifica ai fini del rispetto degli obiettivi di bonifica calcolati per il suolo superficiale e profondo e della CSC al punto di conformità per il Manganese.

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 7 anni);
- la presenza Manganese in falda potrebbe essere ascrivibile alle caratteristiche geochimiche dell'area;
- mancano analisi di speciazione degli idrocarburi e pertanto tutta la contaminazione è stata associata alla frazione più critica dal punto di vista della presenza di rischio sanitario con conseguente sovrastima dello stesso. In particolare per gli idrocarburi C>12 la frazione MADEP selezionata in via cautelativa è la C9-C18, che comprende anche idrocarburi C<12 che rappresentano l'effettiva frazione volatile;
- i modelli di lisciviazione e di trasporto in falda possono sovrastimare il rischio calcolato;
- 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.

Fatte tali premesse, si ritiene che le azioni da intraprendere nell'immediato siano:

1. l'esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee al fine di verificarne l'attuale stato di contaminazione relativamente all'estensione ed alla tipologia della stessa ed al fine di verificare con misure dirette quanto risultato dai modelli analitici;
2. misure dirette dei vapori provenienti dai suoli e utilizzo di dati di campo (misure di soil gas, campionamenti dell'aria indoor e outdoor) per la verifica dei risultati ottenuti con l'applicazione

modellistica per la valutazione dell’efficacia – efficienza delle eventuali misure di prevenzione e degli eventuali interventi di bonifica da attuare.

Si ritiene necessario, inoltre, individuare le cause e le eventuali sorgenti primarie della contaminazione che, qualora ancora presenti, dovranno essere rimosse.

Si evidenzia, inoltre che dovrà essere implementata 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 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).