



Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



**Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dipartimento dei Trasporti Terrestri
Ufficio Provinciale di Napoli (M.C.T.C.)
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.....	6
1.2.2 Indagini dirette.....	6
1.2.3 Risultati analisi chimiche.....	7
2. METODOLOGIA DELL'ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE... ..	10
2.1 RISCHIO: DEFINIZIONE E ACCETTABILITÀ.....	11
3. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA.....	13
3.1 MODELLO CONCETTUALE SITO SPECIFICO.....	13
3.2 PARAMETRI SITO-SPECIFICI.....	14
3.2.1 Parametri meteo climatici	14
3.2.2 Parametri di idrogeologia locale.....	16
3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo	16
3.2.4 Distanze da aree residenziali e/o ricreative.....	17
3.2.5 Parametri degli edifici	17
3.2.6 Tabella parametri sito specifici.....	17
3.2.7 Parametri di default	19
4. RISULTATI	20
5. CONCLUSIONI.....	23
6. BIBLIOGRAFIA	25

ALLEGATI

Allegato 1	Convenzione
Allegato 2	Inquadramento territoriale
Allegato 3	Perimetrazione del sito
Allegato 4	Stralci delle Varianti al P.R.G. del comune di Napoli
Allegato 5	Georadar
Allegato 6	Bonifica Ordigni Bellici
Allegato 7	Rapporti di prova
Allegato 8	Sintesi analisi chimiche
Allegato 9	Validazione Arpac
Allegato 10	Dati meteo climatici
Allegato 11	Slug test
Allegato 12	Stratigrafie
Allegato 13	Isofreatiche
Allegato 14	Analisi granulometriche



Direzione Tecnica

Analisi di Rischio Sito Specifica
Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti,
Dipartimento dei Trasporti terrestri, Ufficio
provinciale di Napoli (M.C.T.C.) – rev.1
codice 3049N281

Pagina 2 di 25

Gruppo di lavoro

Arch. Maria Daro

Ing. Annalisa Giordano

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





Direzione Tecnica

Analisi di Rischio Sito Specifica
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti,
Dipartimento dei Trasporti terrestri, Ufficio
provinciale di Napoli (M.C.T.C.) – rev.1
codice 3049N281

Pagina 3 di 25

PREMESSA

Il presente elaborato di Analisi di Rischio Sito Specifica è relativo al sito ubicato in Via Argine n.922, di proprietà del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Dipartimento dei Trasporti Terrestri, Ufficio Provinciale di Napoli (MCTC).

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, ubicato in Via Argine n. 922 (Allegato 2), di proprietà del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Dipartimento dei Trasporti Terrestri, Ufficio Provinciale di Napoli (MCTC) e con codice 3049N281, è inserito nel Piano Regionale di Bonifica, adottato con delibera di Giunta Regionale n.129 del 27/05/2013, pubblicato sul BURC n.30 del 5/06/2013 e, successivamente, approvato dal Consiglio Regionale della Campania con delibera amministrativa n.777 del 25 ottobre 2013.

Il sito occupa un'area di forma triangolare ed è delimitato a nord - ovest da Via Argine, a sud - ovest da Traversa Fossitelli e a sud - est dall'Asse autostradale.

Catastalmente il sito è identificato al foglio 158 p.lle 7, 85, 86, 87, 88, 89, 93, 94, 96, 97, 98, 101, 105, 106, 107, 108, parte della 114, 115, 339, parte della 340, 100 (corte comune) 82, 84 e 90 del Nuovo Catasto Terreni. Su un' area ubicata al centro del sito, come riferito dal personale della M.C.T.C. e formalizzato con nota prot. 703/DIR del 27/01/02 inviata dalla M.C.T.C. al Commissariato di Governo, insistono degli insediamenti abusivi nei confronti dei quali sono aperte delle controversie giudiziarie, precisamente sono interessate la particelle n. 85, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116 e 117 del foglio 158.

L'area, interamente asfaltata ad eccezione di qualche aiuola, ha una superficie di circa 30.000 mq di cui circa 7.000 mq occupati da edifici destinati all'attività della Motorizzazione Civile. Questi ultimi sono costituiti da:

- Uffici
- Distruzione e taglio targhe
- Capannone per collaudo autoveicoli
- Inoltre sono presenti edifici per la custodia notturna della sede ed una cabina di trasformazione ENEL

La parte centrale del sito è occupata da proprietà aliena. L'ingresso principale è ubicato su via Argine, mentre l'uscita è sul lato autostrada. L'area, come indicato da un funzionario della M.C.T.C., nella parte centrale è attraversata da una serie di sottoservizi del Consorzio Fugist per il depuratore di Napoli Orientale.

In particolare sono chiaramente individuabili, come da Planimetria riportata in Allegato 3:

1. Edificio Uffici

2. Capannone con annessi uffici tecnici 1 e 2
3. Casa custode
4. Cabina ENEL di trasformazione
5. Sala taglio targhe
6. Ufficio postale ed ufficio stampati
7. Edificio esami
8. Edificio coordinamento ed ufficio patenti
9. Ufficio pista motocicli
10. Proprietà aliena.

Nell'area antistante la cabina ENEL sono presenti n. 3 serbatoi interrati per lo stoccaggio di carburante per riscaldamento.

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 e dalla Variante al P.R.G del comune di Napoli, approvata con Decreto del Presidente della Giunta Regione Campania n. 323 del 11 giugno 2004.

La destinazione urbanistica del sito "MCTC" è identificata come zona "D" (Insediamenti per la produzione di beni e servizi) - sottozona "Db" (Nuovi insediamenti per la produzione di beni e servizi), così come indicato in Allegato 4.

1.2 Risultati delle Indagini ambientali

Il Piano della caratterizzazione del sito, redatto da ARPAC nel febbraio 2006, approvato ed integrato secondo le indicazioni scaturite dalla Conferenza dei Servizi Decisoria, tenutasi a Roma presso la sede del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio in data 28 febbraio 2006, 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, ossia indagini che prevedono un intervento di carattere meccanico sulla matrice ambientale da investigare (terreni/acque, mediante escavazione, carotaggio, prelievo di campioni, ecc.).

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 su tutta l'area oggetto di intervento (Allegato 5). Sono state indagate puntualmente le dodici postazioni, in corrispondenza delle quali sono stati effettuati i sondaggi.

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 in Allegato 6.

1.2.2 Indagini dirette

Nell'ambito dell'area in esame le attività hanno riguardato la realizzazione di 8 sondaggi a carotaggio continuo (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 e S8) di profondità pari a 10 m, di cui 4 (P1, P2, P3 e P4) approfonditi fino a 15 metri e completati a piezometro.

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

La short list integrata di Napoli Orientale ricomprende le seguenti famiglie di analiti:

Composti Inorganici, Composti Organici Aromatici, Aromatici Policiclici, Alifatici Clorurati Cancerogeni, Alifatici Clorurati non Cancerogeni, Clorobenzeni, Fenoli Clorurati e Non, PCB, Idrocarburi Leggeri e Pesanti, Piombo Tetraetile, MTBE, Amianto, Diossine e Furani.

Per ogni sondaggio, sono stati prelevati tre campioni: uno ad inizio foro, uno a metà ed uno a fondo foro e Sono stati prelevati 3 campioni di top soil in corrispondenza di aree non pavimentate presenti nel sito.

Per l'investigazione delle acque sotterranee, sono stati prelevati n. 4 campioni d'acqua di falda, uno per ogni sondaggio attrezzato a piezometro.

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

Figura 1 – Perimetro del sito e Piano di indagine



1.2.3 Risultati analisi chimiche

Il Rapporto Tecnico Conclusivo delle Indagini di Caratterizzazione Ambientale, redatto dall’A.T.I. costituita tra TEI S.p.A., Geoingegneria S.r.l., Trivelsondaggi s.a.s., è stato approvato in sede di Conferenza di Servizi decisoria del 26/02/09.

I risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di suolo insaturo 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. Per la porzione di terreno saturo invece è stato rilevato un unico superamento ($C > 12 = 900$ mg/kg) nel campione S2C alla profondità 9,0-10,0 metri.

I risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acque di falda, hanno evidenziato la presenza di valori di concentrazione superiori rispetto ai limiti ammissibili riportati in Tabella 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 vengono riportate le tabelle riassuntive con tutti i risultati validati, in Allegato 9, infine, viene riportato la validazione ARPAC. Dall’elaborazione dei dati sono stati estrapolati i

valori dove è stato riscontrato il superamento dei limiti di riferimento. Le relative concentrazioni sono state inserite nella Tabella 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.

Tabella 1 – Superamenti Acque sotterranee

D.lgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.2 - (µg/l)						10	200	50	350	0,01	0,1	0,01	0,01	0,1	0,1	0,5	0,05	1,5	60
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità (m)	Soggiacenza falda dal p.c./ Sondaggio (m)	Data prelievo	Arsenico	Ferro	Manganese	idrocarburi totali (come n-esano)	benzo (a) pirene	benzo (b) fluorantene	benzo (g,h,i) perilene	dibenzo (a,h) antracene	indeno (1,2,3-cd) pirene	IPA Totali	Cloruro di vinile	1,1-Dicloroetilene	Tricloroetilene	1,2-dicloroetilene
P1	442495	4522717	15	6.10	2/4/08	3,9	550	350	487	0,007	0,015	0,006	<0,005	<0,01	<0,03	7,787	4,071	28	122
P3	442275	4522572	15	5.40	2/4/08	7	20	45	<5	0,137	0,198	0,111	0,018	0,114	0,46	<0,04	<0,03	0,73	4,9
P4	442255	4522458	15	5.35	2/4/08	23	20	330	546	0,006	0,011	<0,005	<0,005	<0,01	<0,03	<0,04	0,92	7,5	4,8

Dalle concentrazioni rilevate nel sito, di cui alla tabella 1, si evince quanto di seguito riportato.

- gli Idrocarburi Totali presenti sia a monte che a valle idrogeologico, con un leggero incremento a valle idrogeologico;
- il Ferro e gli Alifatici clorurati cancerogeni presenti solo a monte idrogeologico ad eccezione del 1,1 Dicloroetilene presente anche nel P4 a valle;
- il Manganese presente sia a monte che a valle idrogeologico con un leggero decremento verso il valle.
- Arsenico presente solo a valle idrogeologico.

In figura 2 si rappresenta cartograficamente quanto descritto sopra, relativamente alla contaminazione in falda.

Figura 2 – Superamenti Acque sotterranee



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 \Rightarrow **Trasporto** \Rightarrow **Bersaglio**

pertanto devono essere definiti:

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

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

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

2.1 **Rischio: definizione e accettabilità**

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

R = E x T dove:

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

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

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

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

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

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

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

in cui la **dose assunta**, ovvero la dose media giornaliera assunta, viene espressa come mg/kg giorno; **la dose di riferimento (RfD)** è espressa in mg/kg giorno e rappresenta la dose massima ammissibile, cioè la dose o concentrazione di sostanza tossica per la quale, in letteratura, non vengono riportati effetti avversi per l'uomo esposto alla sostanza stessa; **lo Slope Factor (SF)** è espresso in $(mg/kg\ giorno)^{-1}$, 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 per inalazione proveniente dalla sorgente falda e delle Concentrazioni Soglia di Rischio per il rispetto del rischio sanitario.

Il software utilizzato è Risk-net 2.0 sviluppato nell'ambito della rete RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica dell'Università di Roma "Tor Vergata". Il software permette di calcolare il rischio (e le CSR) legato alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

- ***Sorgenti***

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

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

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 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 (Caso 1). Inoltre, vista la presenza di edifici residenziali di proprietà aliena ubicati all'interno del perimetro del sito, è stata implementata un'altra simulazione considerando come bersaglio i residenti on site (Caso 2).

I contaminanti per i quali è stato valutato il rischio da inalazione vapori e le relative concentrazioni rappresentative della sorgente sono indicati nella Tabella 2. Le concentrazioni rappresentative della sorgente corrispondono alle concentrazioni massime rilevate in tutti i piezometri, comprese le analisi eseguite dall'Ente di Controllo.

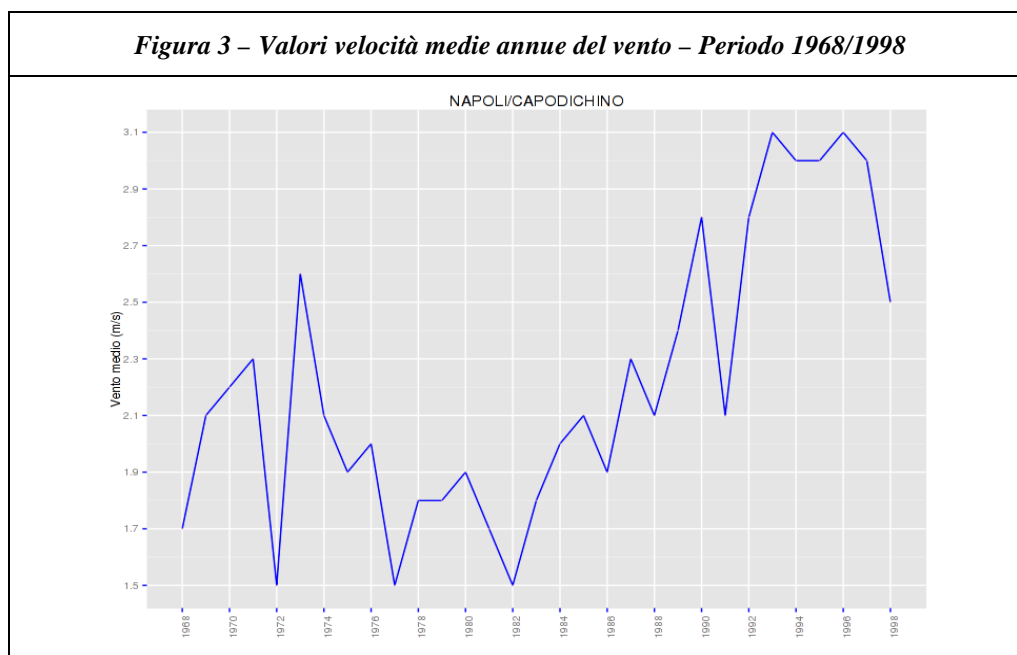
I parametri chimico fisici e tossicologici utilizzati sono quelli riportati nella banca dati ISS-ISPEL, aggiornata a Marzo 2015.

<i>Tabella 2 – Concentrazioni rappresentative della sorgente</i>	
Contaminante	CRS (µg/l)
Idrocarburi totali (come n-esano)	546
Cloruro di Vinile	7,787
1,1-dicloroetilene	4,071
Tricloroetilene	28
1,2-dicloroetilene	122

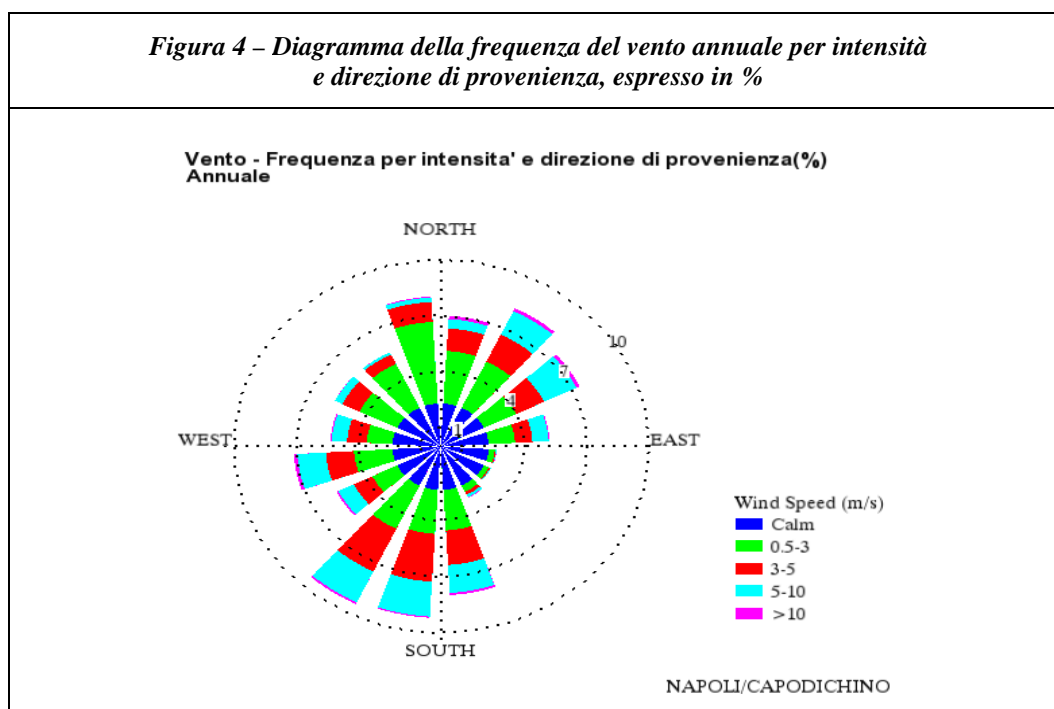
3.2 Parametri sito-specifici

3.2.1 Parametri meteo climatici

Per quel che concerne i parametri meteo climatici, 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. In Figura 3 vengono rappresentate le velocità medie annuali del vento relativamente alla serie storica 1968 -1998, mentre nell'allegato 11 si riportano i valori della velocità media del vento per ogni anno. Il valore utilizzato ai fini dell'implementazione dell'analisi di rischio è **1,5 m/s** corrispondente al minimo rilevato.



Ai fini della stima del valore di velocità media del vento alla quota di 2 m, all'interno del software sono state impostate una quota di 10 m della centralina meteo di riferimento, una classe di stabilità atmosferica D ed una tipologia di suolo "urbano". In Figura 4 viene riportato il diagramma della frequenza del vento in relazione all'intensità ed alla direzione di provenienza.



In Tabella 3 vengono riportati i valori utilizzati per l'elaborazione dello stesso. La direzione principale di provenienza del vento è S-SW.

Tabella 3 – 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

3.2.2 Parametri di idrogeologia locale

Come si evince dalla carta delle isopieze riportata in Allegato 13, la falda acquifera superficiale si attesta a una profondità compresa tra 5 e 6 m dal p.c., che riportata con le relative quote sul livello del mare corrisponde a un'altezza compresa tra 7,96 e 7,64 m s.l.m..

Sull'assetto idrogeologico locale è possibile fare le seguenti considerazioni:

- La falda acquifera superficiale che transita nel sottosuolo della Motorizzazione Civile di Napoli ha una direzione prevalente dal Nord Est verso Sud Ovest con un gradiente medio dell'ordine dello 0,067%.
- In base alle prove di Slug test contenute nell'allegato 11, è stata stimata una conducibilità idraulica compresa tra $1.96 \cdot 10^{-3}$ m/s e $2.40 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Nella Tabella 4 sono riportati i valori della conducibilità idraulica misurati in corrispondenza dei piezometri.

<i>Tabella 4 – Valori di conducibilità idraulica</i>		
Piezometro	Kr (m/s)	Kr (m/giorno)
P1	2.40E-03	207.36
P2	1.96E-03	169.34
P3	2.08E-03	179.71
P4	2.01E-03	173.66

Nella Tabella 5 sono riportati i valori della soggiacenza della falda rispetto al p.c., definiti in base all'elaborazione dei dati contenuti nelle stratigrafie dei piezometri, di cui all'allegato 12 e quelli contenuti nell'allegato 13 in relazione alle quote delle isofreatiche rispetto al livello del mare.

<i>Tabella 5 – Valori di soggiacenza falda</i>		
Piezometro	Spessore della falda (cm)	Soggiacenza da p.c. (m)
P1	3500	6,10
P2	3500	5,06
P3	3500	5,40
P4	3500	5,35

3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo

Dall'esame delle stratigrafie, riportate nell'allegato 12, è possibile sintetizzare la seguente successione litologica:

- Da 0,00/0,20 a 2,10/6,70 m dal p.c. Al di sotto della pavimentazione stradale in asfalto, è sempre presente un livello di materiale di riporto, con frammenti di cemento, tufo, laterizi e materiale plastico, i cui spessori sono molto variabili, tra 2,10 e 6,70 metri;
- Da 2,10/6,70 a 14,00/15,00m dal p.c. Seguono in tutti i sondaggi (eccetto S4) alcuni metri di sabbie e ghiaie in matrice limosa, ricche di frammenti litici e pomici generalmente sparse o a luoghi in livelli e lenti (pozzolane), spesso rimaneggiate. In alcuni casi le pozzolane costituiscono la quasi totalità dei terreni rinvenuti al di sotto del materiale di riporto;
- Da 4,00/7,00 a 14,00/15,00m dal p.c. In alcuni carotaggi (sondaggi S4 ed S2, piezometri P4 e P1) si sono rinvenute sabbie e ghiaie alluvionali con pomici rimaneggiate, spesso alternate alle pozzolane precedentemente descritte;
- Da 7,60/8,50 a 14,00/15,00m dal p.c. Altresì sono presenti sabbie fini (cineriti) spesso argillificate (sondaggio S5 e piezometri P4 e P1)

L'analisi granulometrica, di cui all'Allegato 14, è stata eseguita su n.8 campioni (P1, P2, P3, P4, S5, S6, S7 e S8) ed ha evidenziato che i terreni saturi campionati appaiono classificabili come Limo con sabbia debolmente argilloso.

Dall'analisi delle stratigrafie riportate in Allegato 12 si evince invece che i terreni insaturi sono costituiti principalmente da sabbie con matrice limosa.

Dall'analisi dei dati è stato definito un valore di densità del suolo correlato alla profondità per i campioni P1, P2, P3, P4, S5, S6, S7 e S8 pari a 2.4 g/cm³.

3.2.4 Distanze da aree residenziali e/o ricreative

Nelle immediate vicinanze del sito c'è il Parco commerciale Auchan, attività commerciali e pubbliche (Ufficio postale); all'interno del sito, e in un'area confinata, si rinviene un fabbricato adibito ad uso residenziale.

3.2.5 Parametri degli edifici

Tutta l'area (ad eccezione di alcune aiuole) si presenta asfaltata, con presenza in alcuni punti di fessurazioni. I manufatti edilizi sono realizzati in cemento armato; non sono visibili dall'esterno locali interrati/Seminterrati e sono tutti a quota stradale, con un'altezza minima interna dei locali di 3 metri (uffici) ed un'altezza massima di 8 metri per i capannoni.

3.2.6 Tabella parametri sito specifici

In base al modello concettuale attivato, nella Tabella 6 vengono riportati i parametri richiesti dal software Risk-net ed i relativi valori implementati, selezionati in base a quanto previsto dai "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" e dal "Documento di riferimento per la

determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06" elaborati da APAT-ARPA-ISS-ISPEL:

<i>Tabella 6 – Parametri sito specifici</i>				
Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore di default doc. APAT (tab. 5.2)	Valore utilizzato
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300	5.06
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500	38200
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	2.40
I_{ef}	Infiltrazione efficace	cm/anno	30	43,8
pH	pH del suolo	adim.	6.8	6.8
foc	Frazione di carbonio organico	g-C/g-suolo	0.001	0.001
K_{sat}	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	-----	2.4E-03
i	Gradiente idraulico	adim.	-----	0.067
U_{air}	Velocità del vento	cm/s	225	100
Lb	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.)	cm	-----	300
Lb	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (RES.)	cm	200	200
Lcrack	Spessore fondazioni	cm	15	15
Zcrack	Profondità delle fondazioni	cm	15	15

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

- le dimensioni della sorgente rispetto alle direzioni del vento sono le massime così come evidenziato nelle Figure 5;
- per la soggiacenza della falda è stato selezionato il valore minimo;
- come densità del suolo è stato inserito il valore calcolato;
- la velocità del vento è stata selezionata considerando il valore minore tra quelli riportati nell'allegato 11, un suolo “urbano” ed una classe di stabilità D;
- l'infiltrazione efficace è stata calcolata a partire dal massimo dei valori di piovosità media annua indicati nell'allegato 11;
- la tessitura del suolo insaturo è stata assimilata a sabbia limosa;
- come valore di conducibilità idraulica è stato considerato il massimo;
- le aree scoperte sono state considerate non pavimentate;

Relativamente alla scelta dei contaminanti:

- Alluminio, Arsenico, Ferro, Manganese ed IPA non sono stati inseriti in quanto non volatili;
- per gli Idrocarburi non essendo stata effettuata una speciazione degli stessi, si è proceduto selezionando la frazione più cautelativa rispetto ai percorsi di esposizione attivati: Alifatici C5-C8;
- relativamente all’analita 1,2-Dicloroetilene, si è fatto riferimento all’ 1,2 cis-Dicloroetilene secondo quanto indicato nel documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL (Marzo 2015) essendo in questo caso la scelta più cautelativa.

Figura 5 – Dimensioni della sorgente rispetto alla direzione principale del vento



3.2.7 Parametri di default

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

I parametri degli edifici per cui non è stato possibile stabilire un dato sito specifico fanno riferimento ai valori di default ISPRA.

4. RISULTATI

Caso 1

L'elaborazione dell'analisi di rischio in modalità diretta per la valutazione dell'esposizione a sostanze volatili presenti nella matrice acque sotterranee non ha evidenziato rischio per i lavoratori on site.

Nella Figura 6 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio.

Figura 6 – Valori del Rischio e dell'Indice di Pericolo - Caso 1

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)	
Cloruro di vinile	7,70E-03	---		7,70E-03	---	3,21E-08	2,04E-04	
1,1-Dicloroetilene	4,70E-03	---		4,70E-03	---	---	4,84E-05	
Tricloroetilene	2,80E-02	---		2,80E-02	---	3,20E-08	1,09E-02	
Alifatici C5-C8	5,46E-01	---		5,46E-01	---	---	2,29E-01	
1,2-cis-Dicloroetilene	1,22E-01	---		1,22E-01	---	---	1,09E-03	
						On-site		
						Outdoor	R tot	HI tot
						Indoor	2,62E-08	9,54E-02
							6,41E-08	2,41E-01

Caso 2

L'elaborazione dell'analisi di rischio in modalità diretta per la valutazione dell'esposizione a sostanze volatili presenti nella matrice acque sotterranee ha evidenziato:

- Indice di pericolo non accettabile per inalazione indoor per Alifatici C5-C8

I valori evidenziati (figura 7) indicano un valore non accettabile per l'indice di pericolo.

Figura 7 – Valori del Rischio e dell'Indice di Pericolo – Caso 2

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)
Cloruro di vinile	7,70E-03	---		7,70E-03	---	5,47E-07	4,67E-03
1,1-Dicloroetilene	4,70E-03	---		4,70E-03	---	---	1,11E-03
Tricloroetilene	2,80E-02	---		2,80E-02	---	7,21E-07	2,49E-01
Alifatici C5-C8	5,46E-01	---		5,46E-01	---	---	5,23E+00
1,2-cis-Dicloroetilene	1,22E-01	---		1,22E-01	---	---	2,50E-02

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	1,25E-07	5,24E-01
Indoor	1,27E-06	5,51E+00

L'elaborazione dell'analisi di rischio in modalità inversa ha portato all'individuazione delle CSR indicate nella Figura 8, che rappresentano le concentrazioni per cui non si rileva un rischio di tipo sanitario.

Gli idrocarburi alifatici C5-C8 sono stati eliminati dall'implementazione in quanto la CSR calcolata risulta minore della CSC. L'obiettivo di bonifica degli idrocarburi totali presenti in falda è stato posto pari alla concentrazione soglia di contaminazione. Attraverso i fattori di correzione sono state calcolate le CSR per tutti i contaminanti ai fini del rispetto dell'Indice di Pericolo cumulato.

Figura 8 – Concentrazioni Soglia di Rischio – Caso 2

Contaminanti	CSR individuale [mg/L]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR falda [mg/L]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC D.Lgs 152/06 [mg/L]	Solubilità [mg/L]	CRS in sorgente [mg/L]
Cloruro di vinile	1,41E-02		1,41E-02	1,00E-06	8,54E-03	NA	5,00E-04	8,80E+03	7,70E-03
1,1-Dicloroetilene	4,25E+00	5,00E+00	8,50E-01	---	2,00E-01	NA	5,00E-05	2,42E+03	4,70E-03
Tricloroetilene	3,88E-02		3,88E-02	1,00E-06	3,46E-01	NA	1,50E-03	1,28E+03	2,80E-02
1,2-cis-Dicloroetilene	4,88E+00	5,00E+00	9,76E-01	---	2,00E-01	NA	6,00E-02	6,40E+03	1,22E-01

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	1,96E-07	7,59E-02
Indoor	2,00E-06	7,54E-01

In Figura 9 sono definiti gli obiettivi di bonifica definitivi per l'area in esame, che hanno tenuto conto delle condizioni maggiormente cautelative.

Figura 9 – Obiettivi di bonifica falda

Contaminanti	Obiettivi di bonifica falda [mg/l]
Cloruro di vinile	1,41E-02
1,1-Dicloroetilene	8,50E-01
Tricloroetilene	3,88E-02
1,2-cis-Dicloroetilene	9,76E-01
Idrocarburi totali	3,5E-01

5. CONCLUSIONI

L'applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta alla matrice acque sotterranee ha rilevato la presenza di rischio accettabile per i lavoratori on site e rischio non accettabile da inalazione indoor per Alifatici C5-C8 per i recettori residenti on site. Inoltre 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 s.m.i., 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.

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

- dalla fase di caratterizzazione ambientale del sito è intercorso un considerevole lasso di tempo (circa 9 anni);
- mancano analisi di speciazione degli idrocarburi e 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;
- 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;
- la falda del SIN di Napoli Orientale risulta notevolmente compromessa per contaminazione da idrocarburi ed organici clorurati. Difatti i piezometri di valle risultano, per alcune sostanze, caratterizzati da una contaminazione meno significativa di quelli di monte;
- la presenza di Ferro e Manganese nelle acque sotterranee può essere riconducibile alle caratteristiche geochimiche dell'area;
- nella Conferenza di Servizi decisoria del 31/05/2016 è stata approvata la prima fase attuativa del Progetto Definitivo di Bonifica della Falda del SIN di Napoli Orientale.

Un intervento di bonifica limitato all'area in esame potrebbe, pertanto, non essere risolutivo rispetto all'effettiva rimozione della contaminazione rilevata. In ogni caso, ai fini della tutela della salute umana di coloro che risiedono nelle aree confinanti, si ritiene che debbano essere intraprese almeno le seguenti azioni da attuare nel seguente ordine di priorità:

1. esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee, secondo il "Protocollo Operativo per la Campagna Coordinata del Monitoraggio delle acque di falda per il Sito di Interesse Nazionale (SIN) "Napoli Orientale" approvato in Conferenza di Servizi decisoria del 16/12/2014, al fine di: verificare l'attuale stato di contaminazione e di

rilevare le effettive classi idrocarburiche presenti attraverso analisi di speciazione; verificare i valori di fondo e valutare la distribuzione spazio-temporale della contaminazione ;

2. sulla base degli esiti della prima campagna di monitoraggio, misure dirette dei vapori provenienti dalla falda per la verifica del rischio di inalazione e per la valutazione dell'efficacia – efficienza delle eventuali misure di prevenzione e degli eventuali interventi di bonifica da attuare;
3. attuazione di misure di mitigazione del rischio, qualora confermato in seguito alle nuove indagini;

Si ritiene necessario, inoltre:

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

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);
- Il Piano della caratterizzazione del sito, ai sensi del D.M. 471/99, del sito Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Dipartimento dei Trasporti Terrestri Ufficio Provinciale di Napoli (M.C.T.C.) redatto da ARPAC nel febbraio 2006, approvato ed integrato secondo le indicazioni scaturite dalla Conferenza dei Servizi Decisoria, tenutasi a Roma presso la sede del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio in data 28 febbraio 2006
- Rapporto Tecnico Conclusivo delle Indagini di Caratterizzazione Ambientale del sito M.C.T.C. Ottobre 2008, redatto dall'A.T.I. costituita tra TEI S.p.A., Geoingegneria S.r.l., Trivelsondaggi s.a.s., ed approvato dal MATTM in sede di Conferenza di Servizi decisoria del 26/02/09.