



Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito Discarica Comunale "Località Polledrara" Comune di Cellole (CE)

Novembre 2015

**Analisi di Rischio sito specifica dell’area di proprietà Comunale
“Discarica località Polledrara”
Comune di Cellole (Ce)**

INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. RACCOLTA DATI ESISTENTI.....	6
2.1 DESCRIZIONE DEL SITO	6
2.2 RISULTATI DELLE INDAGINI AMBIENTALI.....	8
2.2.1 <i>Indagini dirette</i>	8
2.2.2 <i>Risultati analisi chimiche</i>	13
3. METODOLOGIA DELL’ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE	19
RISCHIO: DEFINIZIONE E ACCETTABILITÀ.....	21
4. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA	23
4.1 MODELLO CONCETTUALE SITO SPECIFICO	24
4.2 PARAMETRI SITO-SPECIFICI.....	26
4.2.1 <i>Parametri meteo climatici</i>	26
4.2.2 <i>Parametri di idrogeologia locale</i>	32
4.2.3 <i>Granulometria/Tessitura del suolo</i>	33
4.2.4 <i>Distanza da aree residenziali e/o ricreative</i>	34
4.2.5 <i>Tabella Parametri sito specifici</i>	34
4.2.6 <i>Parametri di default</i>	36
5. RISULTATI	37
6. CONCLUSIONI.....	41
7. BIBLIOGRAFIA	43

ALLEGATI

- Allegato 1: Convenzione
- Allegato 2: certificato di destinazione d'uso
- Allegato 3: Stratigrafie
- Allegato 4: certificati di validazione Arpac
- Allegato 5: relazione Tecnica Conclusiva
- Allegato 6: Slug Test
- Allegato 7: Analisi granulometrica
- Allegato 8: Analisi rifiuti
- Allegato 9: Files risk-net

TAVOLE

1. corografia
2. planimetria
3. ubicazione sondaggi
4. carta isopiezometrica

Gruppo di lavoro

Dott. Geol. Antonio di Donna *Antonio di Donna*
Arch. Giovanni Stellato *Giovanni Stellato*
Ing. Valentina Sammartino Calabrese *Valentina Sammartino Calabrese*
Dott. Geol. Gianluca Ragone *Gianluca Ragone*

Il Dirigente U.O. CAAR

Referente gruppo di lavoro

Ing. Rita Iorio

Rita Iorio

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

Dott. Salvatore Di Rosa

1. PREMESSA

Il presente elaborato di Analisi di Rischio Sito Specifica è relativo al sito “Area di proprietà comunale discarica loc. Polledrara” del comune di Cellole (CE).

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.

2. RACCOLTA DATI ESISTENTI

2.1 Descrizione del sito

Fig. 1: ortofoto_inquadramento territoriale del sito



L'area in oggetto è ubicata in località “Polledrara” del Comune di Cellole (Ce). L'area di sedime è catastalmente individuata dal foglio n. 196, porzione delle particelle nn. 19 e 20, di proprietà demaniale. La quota media dell'area in esame si aggira intorno ai 0,6 – 0,8 m s.l.m. (tav.1 corografia). Il sito in oggetto ricade in un territorio a forte vocazione agricola con la presenza di diffuse attività di coltivazione intensiva. Dal punto di vista della circolazione idrica superficiale, l'area è caratterizzata da un reticolo di

canali artificiali (opere di bonifica) atti a raccogliere le acque di pioggia incidenti sui poderi circostanti. Il centro abitato di Cellole dista circa 2.500 m. La discarica è stata coltivata in elevazione a partire dal piano campagna; il sito si sviluppa, in senso longitudinale, parallelamente ad una strada comunale interpoderale; la geometria in pianta dell'area è assimilabile ad un rettangolo il cui lato maggiore è pari mediamente a circa ml 180, mentre quello minore è pari mediamente a circa ml 25 (tav.2 planimetria). Il rilevato, coperto da vegetazione spontanea, ha forma di un tronco piramidale a basi rettangolari con una quota media della superficie sommitale pari a circa 4,40 m dal piano campagna. (fig 1).

L'area risulta essere tuttora completamente accessibile, essendo priva di qualsiasi controllo e/o recinzione.

Il conferimento ha probabilmente interessato, inizialmente, e con quote di abbancamento dell'ordine dei 70 – 80 cm, l'intera superficie del sito. Successivamente, il conferimento è stato attuato soltanto in una parte più interna, dove sono state raggiunte le quote di 4,40 metri dal p.c., lasciando una fascia perimetrale, mediamente di circa 6 metri, in cui i rifiuti sono a quota più bassa. Per quanto sopra il calcolo del volume si può così schematizzare:

- volume del rilevato 7.100 mc circa
- volume dei rifiuti abbancati a quote ridotte 2.000 mc circa
- volume complessivo dei rifiuti 9.100 mc circa

La superficie complessiva dell'area interessata dalle attività di discarica (aree di stoccaggio, aree di scarico dei rifiuti, aree di sosta temporanea degli automezzi) è all'incirca pari a 6.500 mq di cui:

- 4.000 mq di superficie occupata dal rilevato;
- 2.500 mq di superficie di aree contermini coinvolte nell'attività di discarica.

L'area in oggetto è stata utilizzata come sito di conferimento, per R.S.U., dai Comuni di Cellole e Sessa Aurunca. I conferimenti sono stati avviati antecedentemente alla promulgazione del D.P.R. 915/82.

Il sito di discarica non era presidiato né recintato e pertanto è stato oggetto anche di sversamento di rifiuti speciali non pericolosi provenienti da attività di demolizione e costruzione (inerti). (Allegato 3)

Dal certificato di destinazione urbanistica dell’area rilasciato dal Comune di Cellole in data 18/03/2015 risulta che:

- il Comune di Cellole è dotato di Piano Regolatore Generale e succ. Variante.
- l’intera area della discarica ricade in zona Agricola “E”
- la discarica ricade in un’area sottoposta a vincolo di tutela ambientale e paesaggistica di cui alla legge 431/85 e Decreto Legislativo 42/04.

In allegato 2 si riporta il certificato di destinazione d’uso

2.2 Risultati delle Indagini Ambientali

Il Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 della discarica comunale, loc. Polledrara - Comune di Cellole (CE)” e successive “Integrazioni al Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 della discarica Comunale, loc. Polledrara - Comune di Cellole (CE)” 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.

2.2.1 Indagini dirette

L’indagine ambientale condotta ha previsto la realizzazione di:

- n°4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1, S2, S3 e S4) spinti sino alla profondità di 10 metri da p.c.

- n°4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo attrezzati a piezometro da 4” (P1, P2, P3 e P4) e spinti fino alla profondità di 10 m da p.c.

Nel corso dell’indagine ambientale è stato effettuato il prelievo di campioni di suolo e acque sotterranee, successivamente sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio per la ricerca dei seguenti analiti:

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

- Composti inorganici (Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Piombo tetraetile, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Fluoruri e Cianuri);
- Composti Organici Aromatici (Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene e Stirene);
- Aromatici Policiclici: (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno (1,2,3-c,d)pirene, Pirene e Sommatoria da 25 a 34);
- Fenoli non clorurati;
- Fenoli clorurati;
- Idrocarburi (Leggeri C<12 e Pesanti C>12);
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Clorobenzeni;
- PCB (sui n°4 campioni di Top Soil);
- Diossine e furani (sui n°4 campioni di Top Soil);

- Amianto (sui n°4 campioni di Top Soil).

Per le *acque di falda* sono state eseguite analisi di laboratorio finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Boro, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Piombo Tetraetile, Rame, Selenio, Manganese, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Fluoruri, Nitriti, Nitrati, Solfati, Cloruri e Cianuri);
- 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); Sommatoria (31. 32. 33. 36);
- Fenoli clorurati;
- Fenoli non clorurati;
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Clorobenzeni;
- Idrocarburi (Leggeri C<12 e Pesanti C>12);

Infine per i *campioni di rifiuto* sono state eseguite le analisi sull'eluato finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Boro, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Mercurio, Molibdeno, Nichel, Piombo, Selenio, Zinco, Fluoruri, Solfati, Cloruri, Cianuri);
- DOC

- TDS
- pH

I campioni di rifiuto sono stati inoltre sottoposti a test respirometrico per la valutazione del grado di stabilizzazione dei rifiuti.

I risultati delle analisi dei rifiuti sono riportati nell'allegato 8.

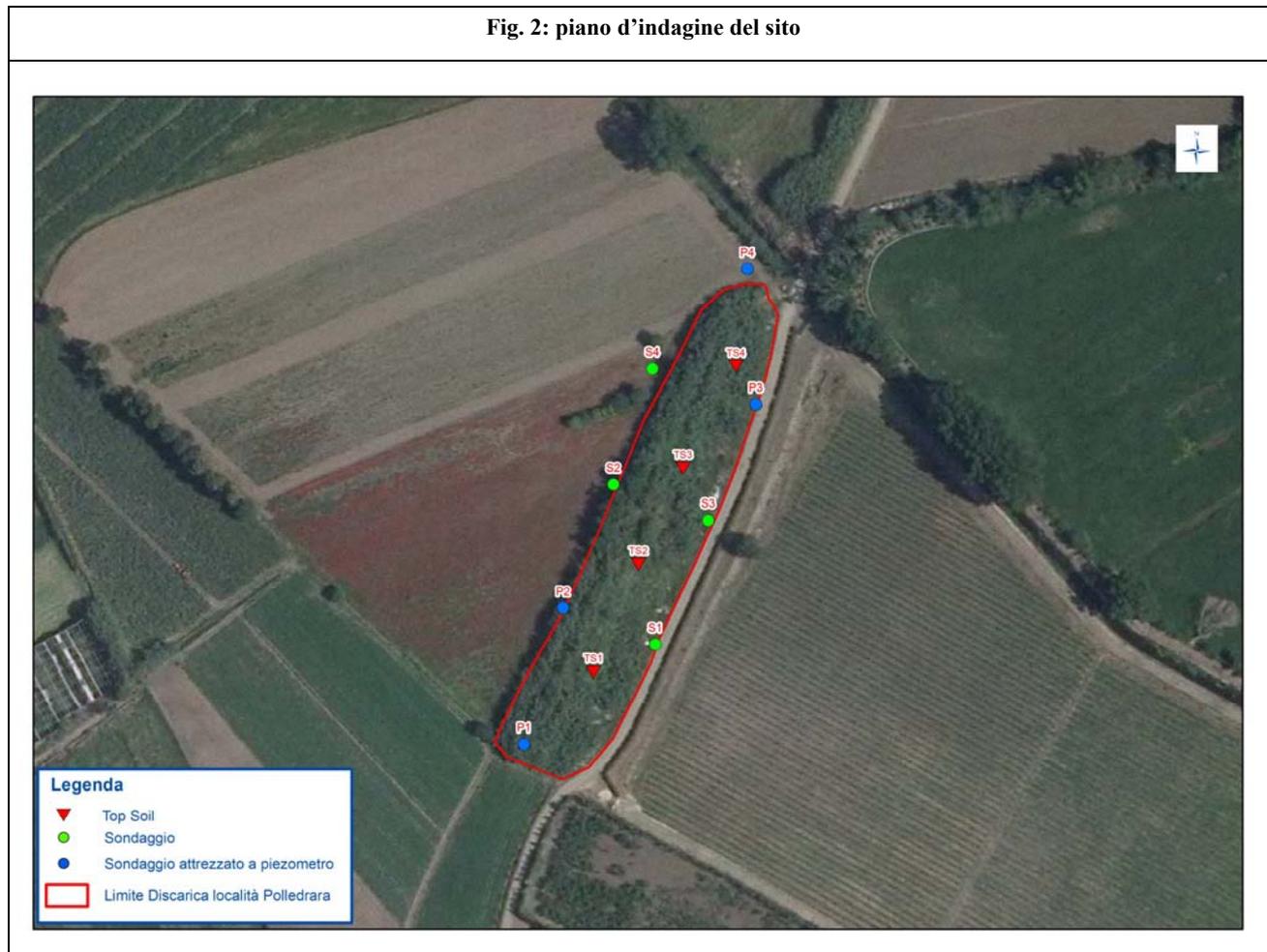
Per l'investigazione dei suoli sono stati prelevati complessivamente n° 24 campioni e n. 4 campioni di Top Soil alle seguenti profondità:

- campione rappresentativo dei terreni superficiali (0-1 o 0-1.5 m di profondità da p.c.);
- campione intermedio prelevato nel terreno insaturo (non oltre i 4 m da p.c.);
- campione rappresentativo del fondo foro (9-10 m di profondità da p.c., salvo il caso del sondaggio S3 in cui il campione di fondo foro è stato prelevato tra 7 e 8 m da p.c., a causa della litologia incontrata che non consentiva il campionamento);
- Campioni di Top Soil (0,0-0,15 m di profondità da p.c.) prelevati sul primo abbancamento del corpo rifiuti (a quota +0,80 m dal p.c.).

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

Nella figura n. 2 è rappresentato il sito con i sondaggi eseguiti in base al piano di indagine.

Fig. 2: piano d’indagine del sito



In tabella 1 si riportano le sigle di ciascun punto di sondaggio, le relative coordinate (UTM WGS 84 riferite alla cartografia della Campania 1:5000) e le quote del p.c. e della falda rispetto al livello del mare. La quota piezometrica è stata ricavata dalla carta isopiezometrica allegata al Rapporto Tecnico Conclusivo della Caratterizzazione (tavola 4).

Tab.1 sigla sondaggio, coordinate di ciascun sondaggio e relative quote sul livello del mare

Sigla sondaggio	Coord. X	Coord. Y	Quota p.c.(m s.l.m.)
S1	402438	4560056	4.27
S2	402423	4560114	2.84
S3	402457	4560101	4.81
S4	402437	4560156	3.21
P1	402391	4560020	2.86
P2	402405	4560069	2.38
P3	402474	4560143	5.25
P4	402471	4560192	4.19
TS1	402416	4560046	
TS2	402432	4560085	
TS3	402448	4560120	
TS4	402467	4560157	

2.2.2 Risultati analisi chimiche

Campioni di suolo

I risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni di suolo e di sottosuolo hanno evidenziato la presenza di valori di concentrazione superiori ai limiti ammissibili della Tabella 1 colonna A del D.Lgs. 152/06, per una destinazione d'uso agricola del sito. In tutti i campioni di suolo prelevati è presente una contaminazione da metalli: Antimonio, Berillio, Cadmio, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco. Il loro rinvenimento risulta essere più diffuso sui campioni superficiali (0.0 - 1.0 m o 0.0 - 1.5 m) che su quelli profondi.

Nei campioni S1C1, S3C1 e P3C1 si rinviene il superamento della concentrazione limite del Benzene. Nel campione P2C2 si rileva il superamento per il diclorometano e il triclorometano e in P2C3 dell'1,2-dibromoetano.

Campioni di TOP SOIL

In tutti i campioni di Top Soil prelevati si evidenzia il superamento del valore di concentrazione limite per Diossine e Furani.

Campioni di acque di falda

I risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni di acque di falda, hanno evidenziato il superamento della concentrazione limite del Manganese in tutti i piezometri realizzati rispetto al limite della Tabella 2 allegato 5, TitoloV, Parte IV del D.lgs.152/06. Nel piezometro P2 si rileva il superamento della concentrazione limite per l'arsenico.

Campioni di Rifiuti

Nel corso dell'indagine ambientale eseguita nel mese di Settembre 2008, sono stati prelevati complessivamente n° 6 campioni di rifiuto. Tutti i campioni sono stati inviati al laboratorio “pH srl” dove sono stati sottoposti a Test di cessione in acido acetico 0.5M, test di cessione in acqua satura di CO2 e Test Respirometrico.

Tutti i risultati sono stati validati da ARPAC (Allegato 4). Di seguito si riportano le tabelle riassuntive di tutti i superamenti rilevati nei suoli e nelle acque sotterranee, con l'indicazione delle coordinate geografiche, la profondità e la data di prelievo, gli analiti ed i limiti di riferimento.

Tab. 2 Superamenti suolo superficiale

Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. A mg/kg					10	2	2	100	120	3	1	1	90	150	1x10 ⁻⁵	0,1
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità	Data prelievo	Antimonio	Berillio	Cadmio	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Vanadio	Zinco	Somm. PCDD-PCDF	Benzene
S1	402438	4560056	0,00 – 1,00 m	4/4/08	44,3	2,3	2,66	194	553		14,8			299		0,17
S2	402423	4560114	0,00 – 1,00 m	1/4/08		4,5				3,9	3,47	1,52	114			
S3	402457	4560101	0,00 – 1,00 m	3/4/08	43,3	2,9	2,8	550	1451		13,6			432		0,14
S4	402437	4560156	0,00 – 1,00 m	2/4/08		4,3					4,94	1,24				
P1	402391	4560020	0,00 – 1,00 m	3/4/08		4,3					11,0	1,2				
P2	402405	4560069	0,00 – 1,00 m	31/3/08		4,6				4,1	3,5	1,53				
P3	402474	4560143	0,00 – 1,00 m	2/4/08	13,6	2,7	2,24	398	628		8,44			1126		0,15
P4	402471	4560192	0,00 – 1,00 m	1/4/08		2,3					3,1	1,66				
TS1	402416	4560046		10/9/08											13x10 ⁻⁵	
TS2	402432	4560085		10/9/08											40x10 ⁻⁵	
TS3	402448	4560120		10/9/08											66x10 ⁻⁵	
TS4	402467	4560157		10/9/08											18x10 ⁻⁵	

Tab. 3 Superamenti suolo profondo insaturo (fino a max 4,00 m) e saturo

Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. A mg/kg					10	2	2	100	120	3	1	1	90	150	0,1	0,1	0,01	0,1
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità	Data prelievo	Antimonio	Berillio	Cadmio	Piombo	Rame	Selenio	Stagno	Tallio	Vanadio	Zinco	Benzene	Diclorometano	1,2 Dibromoetano	Triclorometano
S1	402438	4560056	3,00 – 4,00 m	4/4/08		3,2					12,5							
			9,00 – 10,0 m			2,5					16,2							
S2	402423	4560114	1,00 – 1,50 m	1/4/08		4,5				3,9	3,47	1,52	114					
			1,50 – 2,50 m			5,8				7,2	10,9	2,04						
			9,00 – 10,0 m						4,0	3,67								
S3	402457	4560101	3,00 – 4,00 m	3/4/08		3,2					14,5							
			7,00 – 8,00 m			4,4			3,4	4,00								
S4	402437	4560156	1,00 - 1,50 m	2/4/08		4,3					4,94	1,24						
			1,50 – 2,50 m			3,7			4,4	5,32	2,00							

			9,00 – 10,0 m			2,7				3,0	5,50	1,16							
P1	402391	4560020	1,00 - 1,50 m	3/4/08		4,3					11,0	1,20							
			2,00 – 3,00 m			5,4			4,1	12,1	1,33								
			9,00 – 10,0 m						1,5	10,7									
P2	402405	4560069	1,00 - 1,50 m	31/3/08		4,6				4,1	3,50	1,53							
			1,50 – 2,50 m			6,9			4,4	14,2	1,81				0,143		0,225		
			9,00 – 10,0 m							3,89						0,093			
P3	402474	4560143	1,00 - 1,50 m	2/4/08	13,6	2,7	2,24	398	628		8,44			1126	0,15				
			3,00 – 4,00 m			6,8				5,2	8,80	1,87							
			9,00 – 10,0 m								2,00								
P4	402471	4560192	1,00 - 1,50 m	1/4/08		5,3					6,10	1,66							
			1,50 – 2,50 m			3,5			3,6	3,39	1,53	102							
			9,00 – 10,0 m						5,5	3,58									

Tab. 4 superamenti acque di falda						
Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.2 µg/l					50	10
<i>Sond.</i>	<i>Coord_X</i>	<i>Coord_Y</i>	<i>Profondità</i>	<i>Data prelievo</i>	Manganese	Arsenico
P1	402391	4560020	10 m	7/4/08	252	
P2	402405	4560069	10 m	7/4/08	3730	998
P3	402474	4560143	10 m	7/4/08	956	
P4	402471	4560192	10 m	7/4/08	884	

3. 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 fundamentalmente 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 ⇨ Trasporto ⇨ Bersaglio

pertanto devono essere definiti:

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

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

- **Le vie di migrazione/percorsi di esposizione:** vengono distinte in base alla sorgente di contaminazione. Per il suolo superficiale si considerano l'ingestione di suolo, il contatto dermico, l'inalazione di vapori e polveri e la lisciviazione verso la risorsa idrica sotterranea; nel caso di un suolo profondo vengono attivati i percorsi di volatilizzazione e di lisciviazione in falda; per la zona satura infine la volatilizzazione e la migrazione verso il punto di conformità, cioè il punto

“teorico” o “reale” di valle idrogeologico, in corrispondenza del quale devono essere rispettati gli obiettivi di qualità delle acque sotterranee.

- **I bersagli della contaminazione:** vengono presi in considerazione solo recettori umani, distinti in base alla destinazione d’uso del suolo contaminato, ovvero per aree residenziali/verde pubblico i bersagli sono adulti e bambini mentre per aree industriali/commerciali sono solo adulti (lavoratori).

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).

4. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA

La procedura di analisi di rischio descritta nel paragrafo n. 3 ed a cui fa riferimento l'Allegato 1 alla parte IV titolo V del D.Lgs. 152/2006 non può essere applicata ai siti di discarica, in accordo agli standard di riferimento ed ai “Criteri Metodologici per l'applicazione dell'Analisi Assoluta di Rischio ai Siti Contaminati APAT-ISPRA 2008”. I rifiuti infatti, rappresentando una sorgente primaria di contaminazione, devono essere opportunamente rimossi o isolati, qualora costituiscano una fonte di contaminazione potenziale o attiva.

Nel caso in esame l'analisi di rischio di cui al paragrafo n.3 è stata applicata esclusivamente alle sorgenti secondarie di contaminazione nell'area non interessata da abbancamento di rifiuti, in quanto i modelli analitici utilizzati per la stima della concentrazione al punto di esposizione non tengono conto della presenza di una sorgente primaria. Pertanto, tutti i parametri relativi alla sorgente si riferiscono al comparto ambientale (suolo superficiale, suolo profondo, falda) soggetto a contaminazione.

In presenza di siti (e relative potenziali contaminazioni) che ricadono al di fuori del campo di applicazione dei “Criteri Metodologici”, è possibile effettuare una “Valutazione del Rischio” che tenga conto di tutti gli elementi necessari per la valutazione dei possibili effetti sull'ambiente e sulla salute umana.

- **AREA CORPO RIFIUTI**

Nel caso di un'area di discarica, l'analisi di rischio dovrebbe fare riferimento alle indicazioni teoriche ed applicative contenute nei “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche”(APAT, 2005) in cui la discarica viene considerata una sorgente primaria di emissioni, liquide e gassose, quali il percolato e il biogas che, in quanto potenziali contaminanti, rappresentano le sorgenti secondarie che possono provocare un rischio nell'uomo e nelle matrici ambientali coinvolte. Tuttavia, nel caso in esame, non sono disponibili ad oggi dati che possano caratterizzare le emissioni (sorgenti secondarie) al fine di permettere un'analisi di questo tipo, pertanto, al fine di verificare l'effettiva necessità di eseguire una messa in sicurezza permanente della discarica, potrebbe essere utile procedere con ulteriori indagini di dettaglio: test di lisciviazione/cessione sul rifiuto presente, monitoraggio della falda, indagine sull'eventuale percolato e biogas, ecc..

- **AREA ESTERNA AL CORPO RIFIUTI**

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.

4.1 Modello Concettuale Sito Specifico

L’analisi di rischio è stata svolta in modalità sia diretta che inversa ai fini del calcolo del Rischio e delle concentrazioni soglia di rischio ed è stato utilizzato il software Risk-net 2.0 sviluppato nell’ambito della rete RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica dell’ Università di Roma “Tor Vergata”. Il software permette di calcolare il rischio (e gli obiettivi di bonifica) legato alla presenza di contaminanti all’interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

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

Sorgenti

Le matrici ambientali considerate quali sorgenti secondarie di contaminazione sono: suolo superficiale e suolo profondo. La falda idrica, essendo caratterizzata da una contaminazione da metalli, non costituisce una fonte di contaminazione rispetto ai percorsi di esposizione per inalazione. Relativamente all’estensione della sorgente, considerate la tipologia di sito e la distribuzione dei sondaggi, non è stato possibile delimitarne fisicamente un perimetro, pertanto si è fatto riferimento alle dimensioni di default indicate nei Criteri metodologici.

Vie di trasporto e percorsi di esposizione

Le vie di trasporto dei contaminanti sono :

- volatilizzazione di vapori e polveri e lisciviazione in falda per il suolo superficiale;

- volatilizzazione vapori e lisciviazione in falda da suolo profondo;

I percorsi di esposizione sono riconducibili all’inalazione outdoor di polveri e vapori.

Bersagli

In base alla destinazione urbanistica e all’utilizzo dell’area, i bersagli sono i lavoratori agricoli presenti nelle aree circostanti.

I contaminanti per i quali è stato valutato il rischio e le relative concentrazioni rappresentative della sorgente sono indicate in tabella 5 (suolo superficiale) e in tabella 6 (suolo profondo). Le concentrazioni rappresentative della sorgente corrispondono alle concentrazioni massime rilevate, comprese le analisi eseguite dall’Ente di Controllo. Lo stagno non è stato inserito in quanto non risulta più normato a seguito dell’emanazione della Legge 11 agosto 2014, n. 116.

I parametri chimico-fisici e tossicologici utilizzati sono quelli riportati nella banca dati ISS-ISPEL, aggiornati a marzo 2015

Tab. n. 5 – Concentrazioni rappresentative della sorgente suolo superficiale

Contaminante suolo superficiale	CRS (mg/kg)
Antimonio	44,3
Berillio	4,6
Cadmio	2,8
Piombo	550
Rame	1451
Selenio	4,1
Tallio	1,66
Vanadio	114
Zinco	1126
Benzene	0,17
Somm. PCDD - PCDF	66x10-5

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

Contaminante suolo profondo	CRS (mg/kg)
Antimonio	13,6
Berillio	6,9
Cadmio	2,24
Piombo	398
Rame	628
Selenio	7,2
Tallio	2,04
Vanadio	114
Zinco	1126
Benzene	0,15

4.2 Parametri sito-specifici

4.2.1 Parametri meteo climatici

Per quanto riguarda l’acquisizione dei dati di precipitazioni meteoriche, necessari ai fini della presente elaborazione di analisi di rischio è stato consultato il database Sinanet (ISPRA).

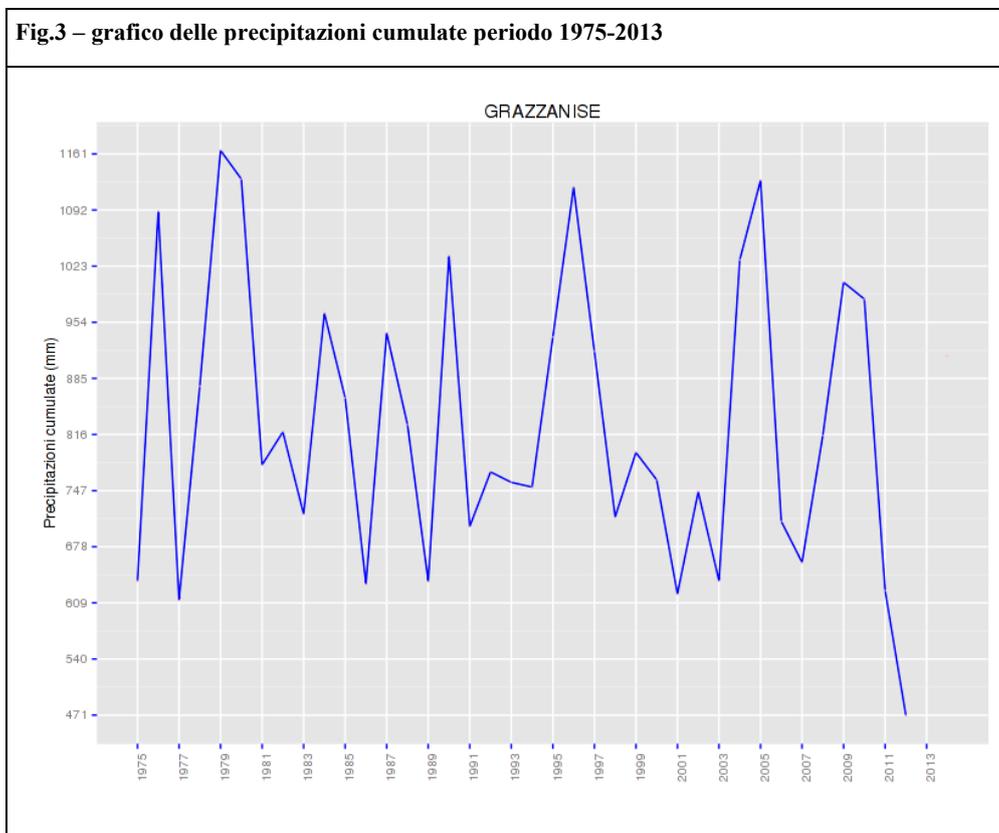
Nello specifico, sono stati utilizzati i dati rilevati alla stazione Grazzanise misurati nel periodo 1975-2013.

In particolare, è stato considerato ai fini dell’elaborazione il massimo dei valori di precipitazione media annua cumulata (anno 2005) per la serie storica relativa agli ultimi dieci anni: 1128 mm/anno

In tabella 7 si riportano i valori della serie storica dei valori max di precipitazione annua cumulata dal 1975 al 2013

Tabella 7 - Serie storica dei valori max di precipitazione media annua cumulata dal 1975 al 2013					
Anno	Precipitazioni cumulate (mm/anno)	Anno	Precipitazioni cumulate (mm/anno)	Anno	Precipitazioni cumulate (mm/anno)
1975	635	1988	828,1	2001	620,0
1976	1090	1989	635,6	2002	745,5
1977	612	1990	1035,2	2003	636,2
1978	875,4	1991	703,0	2004	1030,7
1979	1165,3	1992	770,0	2005	1128,4
1980	1130,1	1993	757,2	2006	709,2
1981	778,6	1994	751,4	2007	658,8
1982	819,2	1995	935,8	2008	814,8
1983	718,2	1996	1119,9	2009	1003,1
1984	965,0	1997	918,3	2010	982,5
1985	861,1	1998	714,6	2011	624,0
1986	632,2	1999	793,9	2012	470,6
1987	940,7	2000	760,3	2013	NA

In figura 3 è riportato il grafico delle precipitazioni cumulate periodo 1975-2013



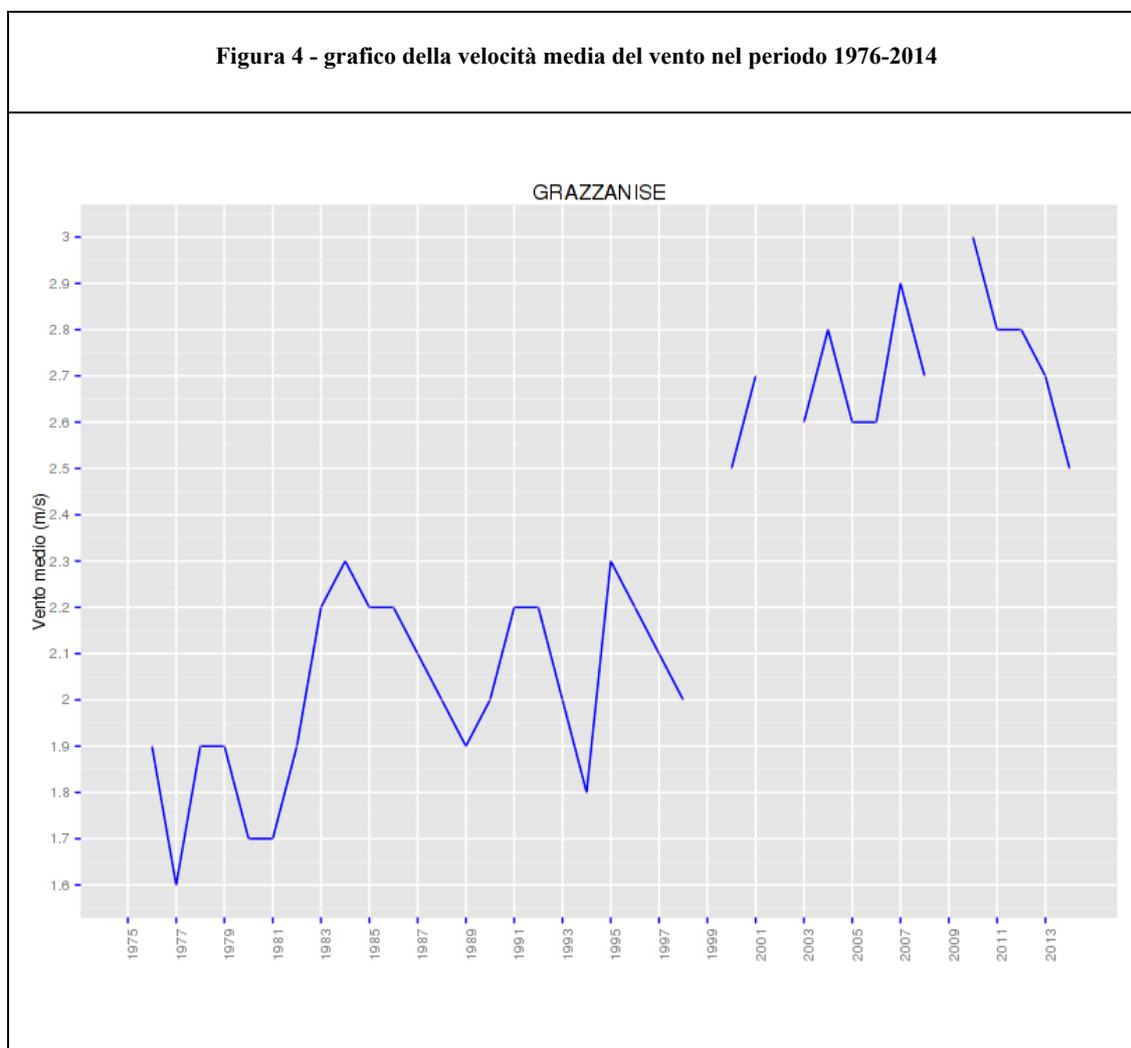
Per la definizione delle caratteristiche di ventosità del sito, tra le stazioni meteo inserite nel sistema SCIA di ISPRA (<http://www.scia.sinanet.apat.it/>), è stata selezionata quella che risulta maggiormente rappresentativa delle condizioni di Cellole, valutata sulla base di considerazioni riguardanti la distanza dal sito, la quota altimetrica e l’esposizione della stazione. E’ stata quindi selezionata la stazione di Grazzanise (Codice Stazione: 162530), per la quale sono disponibili i dati di velocità media annua per il periodo 1976-2014.

In tabella 8 si riportano i valori della serie storica di velocità media del vento nel periodo 1976-2014

Tabella 8 - Serie storica dei valori di velocità media del vento relativa al periodo 1976-2014. Stazione di Grazzanise (Codice Stazione: 162530)

Anno	Velocità media vento (m/s)	Numero di dati	Anno	Velocità media vento (m/s)	Numero di dati
1976	1,9	366	1995	2,3	365
1977	1,6	365	1996	2,2	366
1978	1,9	365	1997	2,1	365
1979	1,9	365	1998	2	365
1980	1,7	363	1999	n.d.	n.d.
1981	1,7	365	2000	2,5	366
1982	1,9	365	2001	2,7	365
1983	2,2	303	2002	n.d.	n.d.
1984	2,3	366	2003	2,6	363
1985	2,2	362	2004	2,8	366
1986	2,2	365	2005	2,6	355
1987	2,1	365	2006	2,6	334
1988	2	358	2007	2,9	365
1989	1,9	365	2008	2,7	364
1990	2	365	2009	n.d.	n.d.
1991	2,2	365	2010	3	362
1992	2,2	366	2011	2,8	358
1993	2	365	2012	2,8	n.d.
1994	1,8	365	2013	2,7	n.d.
			2014	2,5	n.d.

In figura 4 è riportato il grafico della velocità media del vento nel periodo 1976-2014

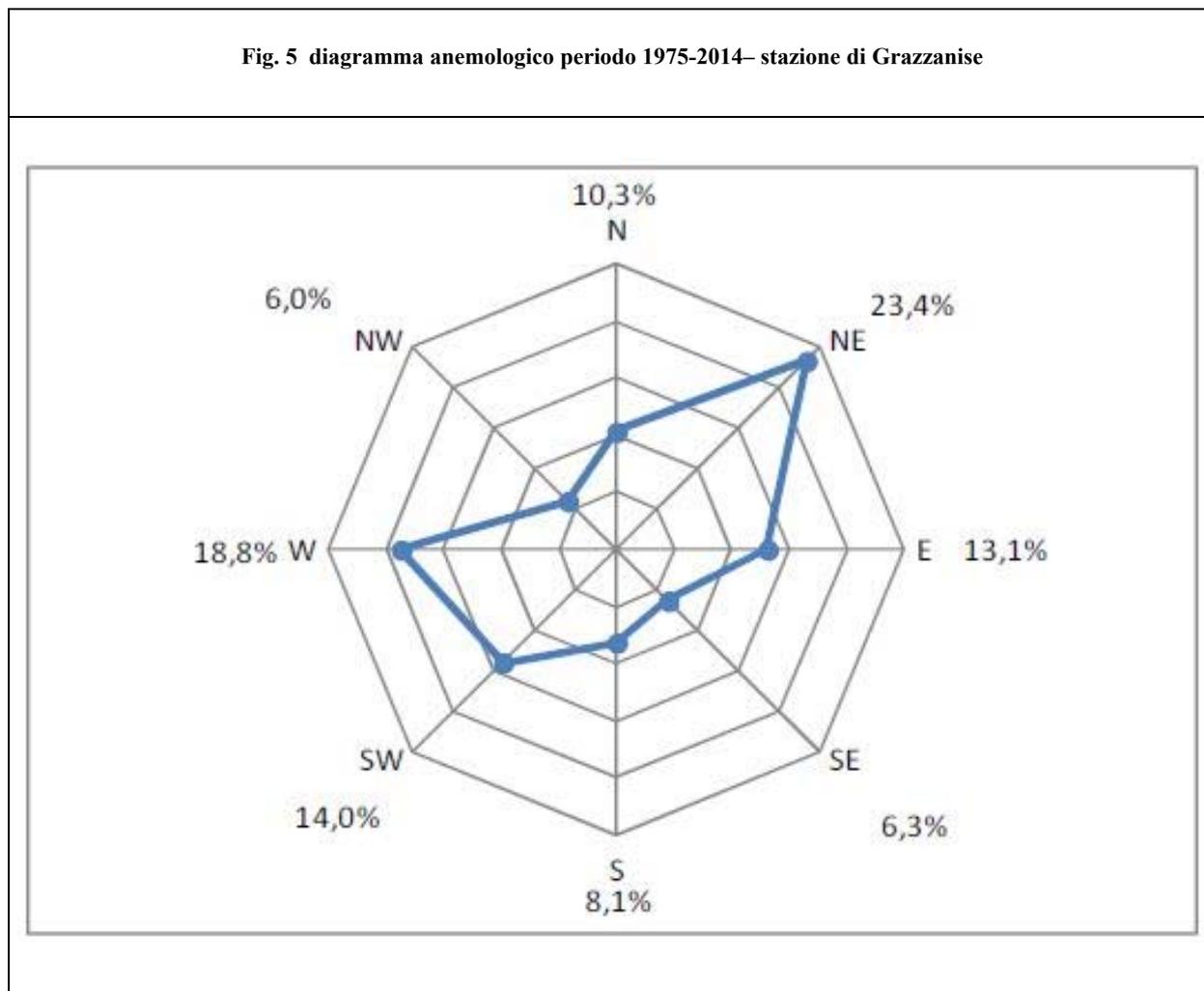


Ai fini della stima del valore di velocità media del vento alla quota di 2 m, all’interno del software sono state impostate una quota di 10 m della centralina meteo di riferimento, una classe di stabilità atmosferica D ed una tipologia di suolo “rurale”.

Come direzione del vento prevalente è stata assunta la direzione NE-SO (fonte: stazione meteo di Grazzanise).

Nella figura n. 5 viene riportato il diagramma della frequenza del vento in relazione all'intensità ed alla direzione di provenienza.

Fig. 5 diagramma anemologico periodo 1975-2014– stazione di Grazzanise



In tab. 9 vengono riportati i valori utilizzati per l’elaborazione dello stesso. La direzione principale di provenienza del vento è NE-SO

Tab.n.9- 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	2,32%	2,47%	0,81%	0,46%	0,06%
	Settore 2	2,32%	5,20%	2,10%	0,68%	0,07%
	Settore 3	2,32%	5,12%	3,31%	2,03%	0,22%
	Settore 4	2,32%	3,22%	1,80%	1,80%	0,24%
	Settore 5	2,32%	0,93%	0,37%	0,12%	0,00%
	Settore 6	2,32%	0,62%	0,17%	0,07%	0,00%
	Settore 7	2,32%	0,50%	0,16%	0,14%	0,04%
	Settore 8	2,32%	0,95%	0,52%	0,46%	0,06%
	Settore 9	2,32%	0,58%	0,45%	0,44%	0,03%
	Settore 10	2,32%	1,16%	1,19%	1,00%	0,10%
	Settore 11	2,32%	1,82%	2,58%	1,38%	0,09%
	Settore 12	2,32%	3,23%	4,84%	3,48%	0,32%
	Settore 13	2,32%	0,70%	0,70%	0,76%	0,08%
	Settore 14	2,32%	0,43%	0,13%	0,07%	0,01%
	Settore 15	2,32%	0,54%	0,14%	0,04%	0,01%
	Settore 16	2,32%	1,21%	0,37%	0,25%	0,06%

4.2.2 Parametri di idrogeologia locale

Dal punto di vista geomorfologico l’area in esame presenta aspetto pianeggiante e costituisce la colmata ad opera di eventi alluvionali e vulcanici dell’antica depressione tettonica. Il drenaggio idrico dell’area è costituito da una canalizzazione artificiale realizzata durante le operazioni di bonifica della piana costiera. La falda idrica si rinviene, come indicano le misure piezometriche effettuate nei 4 piezometri P1, P2, P3 e P4 a circa 2.6 da p.c. (Allegato n 5 Rapporto tecnico conclusivo delle indagini di caratterizzazione ambientale e tavola 5) e risulta avere uno spessore di circa 3000 cm. In tabella 10 sono riportati i valori della quota piezometrica rispetto al piano campagna rinvenuti nei piezometri.

Tab. 10- quota piezometrica rispetto al piano campagna in ogni piezometro	
Piezometro	(m dal p.c.)
P1	2,15
P2	1,52
P3	3,85
P4	2,99

Il flusso idrico sotterraneo è orientato NE→SW.

In base alle prove di Slug Test, contenute nell'allegato 6 è stata stimata una conducibilità idraulica dell'acquifero dell'ordine di circa 6.318×10^{-6} m/s .Le prove sono state eseguite nei piezometri P1, P2, P3 e P4. In tabella 11 sono riportate i valori del coefficiente di permeabilità in ognuno dei quattro piezometri.

Tab. 11- Risultati delle prove di slug test con i relativi valori di conducibilità idraulica			
Piezometro	Modello acquifero	K	Metodo di risoluzione
P1	Non confinato	$4,86 \times 10^{-6}$	Bouer-Rice
P2	Non confinato	$5,23 \times 10^{-6}$	Bouer-Rice
P3	Non confinato	$6,02 \times 10^{-6}$	Bouer-Rice
P4	Non confinato	$9,15 \times 10^{-6}$	Bouer-Rice

4.2.3 Granulometria/Tessitura del suolo

Le analisi granulometriche, riportate in allegato 7 sono state eseguite per i campioni P1C1, P2, P3C1, P4, S1CR1, S2, S3C1, S4C1 ed hanno evidenziato che i terreni campionati sono un complesso di

materiale eterogeneo, costituito prevalentemente da circa il 60% da sabbia, con una percentuale di circa il 17 % di frazione limosa e di ca. il 12 % di ghiaia.

In tabella 12 si riporta la distribuzione granulometrica e la densità media di ciascun campione di suolo

Tab. 12- Distribuzione granulometrica			
Sondaggio	Profondità	γ_s,	Descrizione
P1	0,00 – 10,00	2,66	Sabbia limosa argillosa debolmente ghiaiosa
P2	0,00 – 10,00	2,71	Sabbia con limo argillosa debolmente ghiaiosa
P3	0,00 – 10,00	2,73	Sabbia ghiaiosa limosa debolmente argillosa
P4	0,00 – 10,00	2,75	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa
S1	0,00 – 10,00	NP	Sabbia con ghiaia debolmente limosa debolmente argillosa
S2	0,00 – 10,00	2,78	Sabbia limosa ghiaiosa debolmente argillosa
S3	0,00 – 10,00	2,74	Sabbia limosa ghiaiosa debolmente argillosa
S4	0,00 – 10,00	2,77	Sabbia limosa argillosa debolmente ghiaiosa

4.2.4 Distanza da aree residenziali e/o ricreative

Il sito dista circa 2.500 m dal centro abitato di Cellole.

4.2.5 Tabella Parametri sito specifici

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

Tab. n.13 Parametri sito-specifici				
SIMBOLO	PARAMETRO	Unità di misura	Valore di default	Valore utilizzato
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300	385
h_V	Spessore della zona insatura	cm	281.2	375
d_a	Spessore della falda	cm	-----	3000
$L_{s(SS)}$	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	cm	0	0
$L_{s(SP)}$	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	cm	100	100
L_f	Profondità della base della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	cm	300	385
d_s	Spessore della sorgente nel suolo profondo	cm	200	285
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale	cm	100	100
L_F	Soggiacenza della falda rispetto al top della	cm	300	385
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	2.75
I_{ef}	Infiltrazione efficace	cm/anno	30	22.9
V_{ow}	Velocità di Darcy	m/s		4.8E-08
K_{sat}	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	-----	4.8E-06
i	Gradiente idraulico	adim.	-----	0.0075
U_{air}	Velocità del vento	cm/s	225	125.6
POC	Distanza dal punto di conformità	m	----	0
POE ADF	Distanza del recettore off-site	m	----	10

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

- Per la soggiacenza delle falda è stato selezionato il valore maggiore che si presenta, in questo caso, come il più cautelativo;
- Come densità del suolo è stato inserito il valore maggiore;
- L’infiltrazione efficace è stata calcolata considerando il valore massimo di piovosità media annua tra quelli riportati in tabella 7 e un terreno di tipo medio sabbioso;
- La velocità del vento è stata calcolata considerando il valore minore tra quelli riportati in tabella 8, un suolo rurale ed una classe di stabilità D;
- Granulometria selezionata: sandy loam;
- Per la conducibilità idraulica è stato selezionato il valore minore che risulta il più cautelativo in base ai percorsi attivati.

4.2.6 Parametri di default

In fase di caratterizzazione ambientale non sono stati determinati i seguenti parametri: foc saturo, foc insaturo, pH insaturo. I valori inseriti, pertanto, corrispondono a quelli di default ISPRA. Le dimensioni della sorgente, così come anticipato al paragrafo 4.1 corrispondono a quelle di default.

5. RISULTATI

L'elaborazione dell'analisi di rischio ha restituito i seguenti risultati:

Suolo superficiale: rischio ed indice di pericolo accettabili per inalazione e rischio non accettabile per la risorsa idrica per Antimonio, Piombo, Rame, Selenio, Tallio e Benzene. Nella figura n. 6 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio. Mentre in figura n. 7 viene riportata la schermata indicante le CSR ottenute con la procedura backward. Per tutti i contaminanti, ad eccezione che per Rame e Tallio, le CSR risultano inferiori alle CSC e pertanto queste ultime dovranno essere considerate quali obiettivi di bonifica.

Fig. n. 6 – Valori del Rischio 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 Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)
Antimonio	4,43E+01	---		4,43E+01	---	---	1,88E-06	1,97E+01
Berillio	4,60E+00	---		4,60E+00	---	3,34E-11	1,95E-06	1,46E-01
Cadmio	2,80E+00	---		2,80E+00	---	1,52E-11	2,37E-06	7,47E-01
Piombo	5,50E+02	---		5,50E+02	---	---	3,80E-07	6,12E+00
Rame	1,45E+03	---		1,45E+03	---	---	8,77E-08	4,14E+00
Selenio	4,10E+00	---		4,10E+00	---	---	1,74E-09	8,10E+00
Tallio	1,66E+00	---		1,66E+00	---	---	4,01E-07	1,17E+00
Vanadio	1,14E+02	---		1,14E+02	---	---	9,64E-06	NA
Zinco	1,13E+03	---		1,13E+03	---	---	9,07E-09	6,05E-01
Benzene	1,70E-01	---		1,70E-01	---	2,03E-08	2,42E-04	1,10E+01
2,3,7,8-TCDD	6,60E-05	---		6,60E-05	---	1,89E-07	3,49E-04	6,63E-01

On-site	R tot	HI tot
	Outdoor	5,62E-11
Indoor	---	---
Off-site	R tot	HI tot
	Outdoor	2,09E-07

Fig. n. 7 – 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.]
Antimonio	2,25E+00		2,25E+00	2,09E+00	---	9,53E-08	1,00E+00	1,00E+01
Berillio	3,16E+01		3,16E+01	2,93E+01	2,29E-10	1,34E-05	1,00E+00	2,00E+00
Cadmio	3,75E+00		3,75E+00	3,48E+00	2,04E-11	3,17E-06	1,00E+00	2,00E+00
Piombo	8,99E+01		8,99E+01	8,36E+01	---	6,21E-08	1,00E+00	1,00E+02
Rame	3,50E+02		3,50E+02	3,26E+02	---	2,12E-08	1,00E+00	1,20E+02
Selenio	5,06E-01		5,06E-01	4,71E-01	---	2,14E-10	1,00E+00	3,00E+00
Tallio	1,42E+00		1,42E+00	1,32E+00	---	3,43E-07	1,00E+00	1,00E+00
Vanadio	NA		NA		---	---	---	9,00E+01
Zinco	1,86E+03		1,86E+03	1,73E+03	---	1,50E-08	1,00E+00	1,50E+02
Benzene	1,54E-02		1,54E-02	1,43E-02	1,84E-09	2,20E-05	1,00E+00	1,00E-01
2,3,7,8-TCDD	9,95E-05		9,95E-05	9,25E-05	2,84E-07	5,25E-04	1,00E+00	1,00E-05

Off-site	R tot	HI tot
	2,09E-07	5,91E-04

Suolo profondo: rischio ed indice di pericolo accettabili per inalazione e rischio non accettabile per la risorsa idrica per Antimonio, Cadmio, Piombo, Rame, Selenio, Tallio, Zinco e Benzene . Nella figura n. 8 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio. Mentre in figura n. 9 viene riportata la schermata indicante le CSR ottenute con la procedura backward. Per tutti i contaminanti, ad eccezione che per lo Zinco, le CSR risultano inferiori alle CSC e pertanto queste ultime dovranno essere considerate quali obiettivi di bonifica.

Fig. n. 8 – Valori del Rischio 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)
Antimonio	1,36E+01	---		1,36E+01	---	---	---	2,33E+01
Berillio	6,90E+00	---		6,90E+00	---	---	---	8,42E-01
Cadmio	2,24E+00	---		2,24E+00	---	---	---	2,30E+00
Piombo	3,98E+02	---		3,98E+02	---	---	---	1,70E+01
Rame	6,28E+02	---		6,28E+02	---	---	---	6,90E+00
Selenio	7,20E+00	---		7,20E+00	---	---	---	5,47E+01
Tallio	2,04E+00	---		2,04E+00	---	---	---	5,53E+00
Vanadio	1,14E+02	---		1,14E+02	---	---	---	NA
Zinco	1,13E+03	---		1,13E+03	---	---	---	2,33E+00
Benzene	1,50E-01	---		1,50E-01	---	4,88E-08	5,84E-04	3,75E+01

Off-site
Outdoor

R tot	HI tot
4,88E-08	5,84E-04

Fig. n. 9 – Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) suolo profondo

Contaminanti	CSR individuale [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR suolo profondo [mg/kg s.s.]	CSR suolo profondo [mg/kg T.Q.]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]
Antimonio	5,85E-01		5,85E-01	5,43E-01	---	---	1,00E+00	1,00E+01
Berillio	8,20E+00		8,20E+00	7,62E+00	---	---	1,00E+00	2,00E+00
Cadmio	9,74E-01		9,74E-01	9,05E-01	---	---	1,00E+00	2,00E+00
Piombo	2,33E+01		2,33E+01	2,17E+01	---	---	1,00E+00	1,00E+02
Rame	9,10E+01		9,10E+01	8,46E+01	---	---	1,00E+00	1,20E+02
Selenio	1,32E-01		1,32E-01	1,22E-01	---	---	1,00E+00	3,00E+00
Tallio	3,69E-01		3,69E-01	3,43E-01	---	---	1,00E+00	1,00E+00
Vanadio	>Csat		>Csat		---	---	---	9,00E+01
Zinco	4,83E+02		4,83E+02	4,49E+02	---	---	1,00E+00	1,50E+02
Benzene	4,00E-03		4,00E-03	3,72E-03	1,30E-09	1,56E-05	1,00E+00	1,00E-01

On-site	R tot	HI tot
	---	---
Outdoor		
Indoor		
Off-site	R tot	HI tot
	1,30E-09	1,56E-05
Outdoor		

In allegato 9 sono riportati i files del software risk-net.

6. CONCLUSIONI

Visti il rischio non accettabile dovuto alla potenziale lisciviazione in falda dei contaminanti presenti nelle matrici suolo superficiale e suolo profondo ed il non rispetto delle CSC al punto di conformità per le acque sotterranee, il sito deve ritenersi contaminato. Si rende necessario, pertanto, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e smi, attuare idonei interventi di bonifica, nell'area esterna al corpo rifiuti, per tutti gli analiti per cui sono risultati superamenti degli obiettivi di bonifica e la cui presenza non sia riconducibile alle caratteristiche geochimiche dell'area e/o a valori di fondo.

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);
- gli elevati valori di Manganese riscontrati in falda potrebbero essere ascrivibili a valori di fondo;
- i modelli di lisciviazione e di trasporto in falda possono sovrastimare il rischio calcolato. Si evidenzia infatti che i risultati della caratterizzazione ambientale non hanno rilevato in falda la contaminazione presente nei suoli;
- il corpo rifiuti può ancora costituire una fonte attiva di contaminazione.

Un intervento di bonifica limitato all'area esterna al corpo rifiuti potrebbe, pertanto, non essere efficace e risolutivo rispetto alla definitiva rimozione della contaminazione rilevata e della tutela della salute dell'uomo e dell'ambiente.

Si ritiene necessario che, in ogni caso, debbano essere intraprese le seguenti azioni:

1. esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee al fine di constatarne l'attuale stato di contaminazione e di verificare con misure dirette quanto ottenuto dai modelli di trasporto;
2. indagare sulle effettive sorgenti primarie della contaminazione e relative emissioni;
3. rimozione dei rifiuti, qualora ancora presenti, al piede del rilevato;
4. recintare l'area al fine di impedirne l'accesso a persone o animali;
5. approfondire le indagini ambientali nei terreni agricoli confinanti con il sito al fine di escludere la diffusione della contaminazione.

Si evidenzia che sarà necessario implementare una nuova analisi di rischio in caso di modifiche allo scenario attuale quali ad esempio: cambio di destinazione d’uso, variazioni nell’utilizzo del sito, ecc.

7. 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 discarica loc. Polledrara” e sue Integrazioni (gennaio 2004 e Aprile 2005)
- Relazione tecnico descrittiva “Piano di Caratterizzazione “Ex discarica loc. Polledrara” (Settembre 2008).