

## INDICE

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Premessa.....                                                                                                                                        | 2  |
| 2. Ricostruzione cronologica delle attività di indagine svolte nelle Aree Pubbliche del Sito di Pitelli .....                                           | 2  |
| 3. Attualizzazione dei dati pregressi di caratterizzazione ai sensi del D. Lgs. 152/06 .5                                                               |    |
| 4. Modello Concettuale Aree Pubbliche Sito di Pitelli per l'analisi di rischio di 2° livello.....                                                       | 6  |
| 5. Suddivisione dei 5 lotti definiti nella prima fase di caratterizzazione in sub-aree omogenee in funzione dell'analisi di rischio di 2° livello. .... | 11 |
| 6. Modello Concettuale di dettaglio applicato ad ogni sub-area. ....                                                                                    | 13 |
| 7. Risultati analisi di rischio.....                                                                                                                    | 21 |
| 8. Approfondimenti sui risultati dell'analisi di rischio per le acque sotterranee e sul loro reale stato qualitativo .....                              | 23 |
| 9. Conclusioni analisi di rischio di 2° livello.....                                                                                                    | 26 |

## ALLEGATI

|                                                                                                                            |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| ALLEGATO 1 – TABELLE DATI DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO ATTUALIZZATI AI SENSI DEL D.LGS.152/06 E REFERTI CAMPIONI DI VERIFICA |  |
| ALLEGATO 2 – FOGLI DI CALCOLO PER DETERMINARE LE UCL E DEFINIZIONE DELLE CRS PER SUB-AREE                                  |  |
| ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGI S23 E S18                                                                 |  |
| ALLEGATO 4 – PARAMETRI SITO SPECIFICI DELLE SUB AREE                                                                       |  |
| ALLEGATO 5 – REFERTI ANALITICI DETERMINAZIONE FOC IN 4 CAMPIONI DI TERRENO                                                 |  |
| ALLEGATO 6 – RISULTATI ANALISI DI RISCHIO SOFTWARE GIUDITTA 3.1                                                            |  |
| ALLEGATO 7 – RISULTATI ANALISI DI RISCHIO SOFTWARE RISC 4 PER LA FALDA                                                     |  |

## TAVOLE

|                                                                            |  |
|----------------------------------------------------------------------------|--|
| TAVOLA 1 – SUDDIVISIONE AREA PERIMETRATA IN SUB-AREE OMOGENEE              |  |
| TAVOLA 2 – RESTITUZIONE CARTOGRAFICA DEI RISULTATI DELL'ANALISI DI RISCHIO |  |

## **1. Premessa**

Relativamente alle aree di competenza della Pubblica Amministrazione all'interno del SIN di Pitelli, sulla base di quanto deciso nel verbale della CdS del 18/02/09 e trasmesso in data 05/10/09 e avendo optato di procedere mediante analisi di rischio di 2 livello, si è elaborato il presente documento in ottemperanza ai criteri stabiliti dal D. Lgs. 152/06 e s.m.i..

In sintesi nella relazione sono stati rielaborati i dati di caratterizzazione pregressi per renderli fruibili ai sensi del D. Lgs. 152/06; l'area è stata suddivisa in sub-aree omogenee sulla base delle caratteristiche morfologiche, delle pressioni antropiche e dei risultati della caratterizzazione; si è quindi applicata l'analisi di rischio di 2° livello ad ogni singola sub-area. Contestualmente in relazione alle acque sotterranee si sono valutati i risultati analitici del monitoraggio quinquennale dei 21 piezometri realizzati nell'area considerata.

## **2. Ricostruzione cronologica delle attività di indagine svolte nelle Aree Pubbliche del Sito di Pitelli**

La caratterizzazione delle aree pubbliche del Sito di Interesse Nazionale di Pitelli è stata affidata ad ARPAL con DGR Ligure n. 1707 del 27.12.2002, integrata dalla DGR n. 1028 del 07.08.2003. L'attività è stata realizzata in conformità a quanto riportato nel programma di attuazione del Piano di Caratterizzazione approvato dalla Conferenza dei Servizi Ministeriale, ovvero in conformità con il D. M. 471/99 vigente al momento dell'approvazione del Piano.

I lavori d'indagine sono iniziati il 29 Novembre 2003 e si sono conclusi nel mese di ottobre 2005, con la consegna della relazione finale del Piano di Caratterizzazione alla Regione Liguria.

Di seguito si riporta in sintesi l'attività svolta in quella fase di indagine:

- Campionamento suoli superficiali su 95 punti più ulteriori 10 punti da utilizzare come bianco con prelievo di due campioni lungo la verticale d'indagine, campione C1 (p.c. – 0,10m) campione C2 (0,10 – 1,0m), per un totale di 210 campioni analizzati;
- Campionamento di suolo/sottosuolo su 21 punti di sondaggio profondi (min. 15m – MAX. 60m) per un totale di 111 campioni;
- Campionamento acque superficiali per 4 campagne in 15 stazioni, per un totale di 35 campioni analizzati;

- Campionamento acque sotterranee per 6 campagne in 21 stazioni, per un totale di 110 campioni analizzati;
- Campionamento aria per il rilievo di fibre amianto in 4 stazioni con 140 campioni analizzati;
- Campionamento di Percolato in 3 discariche per 9 campioni totali.

A seguito dei risultati ottenuti dal Piano di Caratterizzazione ARPAL ha elaborato una prima valutazione di rischio di 2° livello basata su un'analisi parziale riferita alla sola possibile assunzione di inquinanti per via orale o inalazione, tramite dispersione outdoor o per ingestione diretta del terreno superficiale, in quanto sono stati rilevati superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) per i parametri ricercati quasi esclusivamente in questa matrice.

I calcoli di rischio sono stati effettuati utilizzando i software Giuditta 3.1 e Rome 2.1.

Per la definizione del modello concettuale, tutta l'area all'interno del perimetro del Sito di Pitelli, facendo un'approssimazione cautelativa è stata considerata come omogenea, ipotizzando una destinazione d'uso a verde pubblico, privato e residenziale. Nella modellazione per i dati di input relativi alle concentrazione degli inquinanti sono stati utilizzati valori corrispondenti a valori medi della contaminazione riscontrata per le sostanze più significative (Pb, As, Hg, per gli inorganici, e PCB, IPA e Idrocarburi C>12 per gli organici).

A seguito delle elaborazioni effettuate i percorsi risultati attivi ed aventi maggiore incidenza sul calcolo del rischio sono stati i seguenti:

Ingestione di suolo e contatto dermico di Pb: Tale percorso con i presupposti di cui sopra determinava una CSR (Concentrazione soglia di rischio) di 200-300 mg/kg.

Inalazione di vapori indoor (e, in misura minore outdoor) di vapori di Hg: Tale percorso determinava una CSR (Concentrazione soglia di rischio) intorno a 1 mg/kg, corrispondente al valore di CSC (concentrazione soglia di contaminazione) per le aree ad uso verde pubblico, privato e residenziale.

Ingestione e contatto dermico di As: Tale percorso, nel caso che l'As fosse presente nella specie cancerogena, determinava valori di CSR decisamente inferiori al valore di fondo naturale definito in sede di caratterizzazione (50 mg/kg).

Ingestione di suolo e contatto dermico di PCB (cancerogeno): Tale percorso determinava una CSR (Concentrazione soglia di rischio) **minore di 1 mg/kg**.

Ingestione di suolo e contatto dermico di Benzo(a)pirene (cancerogeno): Tale percorso determinava una CSR (Concentrazione soglia di rischio) minore di 1 mg/kg.

Inalazione di vapori indoor (e, in misura minore outdoor) di vapori di Idrocarburi C>12: Tale percorso determinava una CSR (Concentrazione soglia di rischio) di 100-300 mg/kg.

Sulla base di questi primi risultati ottenuti sono state realizzate delle tavole cartografiche interpretative dei risultati ottenuti secondo i seguenti criteri:

- In funzione delle CSR calcolate per i parametri incidenti sono state individuate 4 “zone” rappresentative di 4 livelli di inquinamento e precisamente: **zona 4**: tutti i parametri con concentrazione inferiore alla rispettiva CSR, **zona 3**: almeno un parametro superiore alla propria CSR ma inferiore al doppio della CSR, **zona 2**: almeno un parametro superiore a 2 volte ma inferiore a 10 volte la propria CSR, **zona 1**: almeno 1 parametro con concentrazione maggiore di 10 volte la propria CSR.
- Ogni punto di caratterizzazione, ovvero la maglia di indagine di lato 100X100m da esso rappresentata, è stata colorata con 4 diversi cromatismi in funzione della zona di appartenenza, rispettivamente zona 4: verde, zona 3: gialla, zona 2: arancione, Zona 1: rossa.

A valle di questa prima interpretazione cartografica è emersa la necessità di integrare i punti di indagine dei suoli superficiali con ulteriori 10 -15 punti, per avere una copertura completa, o per dati diretti o per interpolazione, di tutte le maglie di lato 100x100m costituenti il reticolo di indagine e ricadenti sulla superficie delle Aree Pubbliche di Pitelli.

ARPAL ha quindi effettuato le indagini integrative, utilizzando le stesse procedure operative adottate per la realizzazione del Piano di Caratterizzazione eseguito tra il 2003 e il 2005 e realizzando 12 nuovi punti di indagine del primo metro (campione C1 (0-10 cm) e C2 (10-100cm). Nel mese di novembre 2008 ha consegnato alla Regione Liguria la relazione finale integrativa nella quale, già in questa fase, nonostante le indagini siano state svolte ai sensi del D. M. 471/99, sono state fatte alcune valutazioni dei risultati ottenuti alla luce della nuova normativa vigente in materia di siti contaminati (D. Lgs. 152/06). In particolare sono state calcolate le medie ponderali tra i risultati analitici relativi ai campioni C1 e C2 di ogni punto indagine, in modo da avere un valore unico di riferimento per il primo metro di terreno campionato, così come indicato nel Decreto Legislativo sopraccitato.

### 3. Attualizzazione dei dati pregressi di caratterizzazione ai sensi del D. Lgs. 152/06

Per l'attualizzazione dei dati si è proceduto come segue:

- i risultati analitici sono stati riportati al passante <2cm in quanto in fase di campionamento, anche se non previsto dalla normativa vigente del periodo (D.M. 471/99), per motivi tecnici il materiale grossolano (ciottoli e ghiaia) era già stato allontanato e nei referti analitici era contemplato l'esame granulometrico.
- Il risultato rappresentativo del primo metro è stato ottenuto calcolando la media ponderale dei risultati dello strato C1 (0 – 0,1m) e C2 (0,1 – 1,0m) attualizzati con le modalità di cui al punto precedente. A conferma della procedura di calcolo applicata è stata effettuata la determinazione analitica dei metalli più significativi come traccianti (Pb, Ni, Zn, Cr, Cu, Cd), utilizzando campioni originali conservati congelati di alcuni sondaggi ed effettuando la determinazione analitica sia sul primo strato (C1) che sul secondo (C2) che sul medio composito degli stessi preparato ad hoc. **I risultati ottenuti sui 12 campioni analizzati e per tutti i 6 metalli determinati confermano l'approccio matematico utilizzato, come evidenziato in tabella 1.**

Tabella 1

| Campione              | U. M. | Cd  | Cr   | Cu   | Ni   | Pb    | Zn   |
|-----------------------|-------|-----|------|------|------|-------|------|
| SUP09 C1              | mg/Kg | 0   | 3    | 10   | 9    | 321   | 24   |
| SUP09 C2              | mg/Kg | 0   | 12   | 4    | 16   | 60    | 26   |
| SUP09 C1+C2           | mg/Kg | 0   | 10   | 4    | 15   | 79    | 25   |
| Media ponderale calc. | mg/Kg | 0   | 11   | 3.7  | 15.3 | 86    | 25.8 |
| SUP10 C1              | mg/Kg | 4   | 9    | 48   | 24   | 1216  | 116  |
| SUP10 C2              | mg/Kg | 0   | 10   | 6    | 14   | 48    | 22   |
| SUP10 C1+C2           | mg/Kg | 0   | 9    | 10   | 16   | 136   | 29   |
| Media ponderale calc. | mg/Kg | 0.4 | 9.9  | 10.2 | 15   | 164.8 | 31.4 |
| SUP46 C1              | mg/Kg | 4   | 12   | 41   | 25   | 836   | 127  |
| SUP46 C2              | mg/Kg | 1   | 18   | 32   | 31   | 140   | 57   |
| SUP46 C1+C2           | mg/Kg | 1   | 18   | 32   | 32   | 223   | 64   |
| Media ponderale calc. | mg/Kg | 1.3 | 17.4 | 32.9 | 30.4 | 209.6 | 64   |
| SUP69 C1              | mg/Kg | 0   | 8    | 11   | 10   | 29    | 24   |
| Campione              | U. M. | Cd  | Cr   | Cu   | Ni   | Pb    | Zn   |
| SUP69 C2              | mg/Kg | 0   | 9    | 12   | 12   | 31    | 24   |
| SUP69 C1+C2           | mg/Kg | 0   | 9    | 13   | 12   | 30    | 25   |
| Media ponderale calc. | mg/Kg | 0   | 8.9  | 11.9 | 11.8 | 30.8  | 24   |

Si rileva, come riportato in Tabella 2, anche un'ottima corrispondenza dei risultati ottenuti nelle analisi condotte per validare l'attualizzazione dei risultati (2009) con quelli delle analisi effettuate nella caratterizzazione del 2004.

Si evidenzia che la determinazione dei metalli è stata effettuata nel 2004 presso il Laboratorio ARPAL della Spezia e nel 2009 presso il Laboratorio ARPAL di Genova.

Tabella 2

| Campione     | U. M. | Cd   |      | Cr   |      | Cu   |      | Ni   |      | Pb   |      | Zn   |      |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              |       | 2004 | 2009 | 2004 | 2009 | 2004 | 2009 | 2004 | 2009 | 2004 | 2009 | 2004 | 2009 |
| SUP09 C1     | mg/Kg | 0,1  | 0    | <25  | 3    | 9    | 10   | <15  | 9    | 270  | 321  | 27   | 24   |
| SUP09 C2     | mg/Kg | 0,0  | 0    | 28   | 12   | 10   | 4    | 15   | 16   | 44   | 60   | 24   | 26   |
| Media p.calc | mg/Kg | 0,0  | 0    | 27   | 11   | 1    | 4    | 15   | 15   | 67   | 86   | 24   | 26   |
| SUP10 C1     | mg/Kg | 1,0  | 4    | <25  | 9    | 42   | 48   | 35   | 24   | 964  | 1216 | 111  | 116  |
| SUP10 C2     | mg/Kg | 0,0  | 0    | 32   | 10   | 10   | 6    | 21   | 14   | 38   | 48   | 26   | 22   |
| Media p.calc | mg/Kg | 0,2  | 0.4  | 31   | 9.9  | 13,2 | 10.2 | 22   | 15   | 130  | 164  | 35   | 31.4 |
| SUP46 C1     | mg/Kg | 3,7  | 4    | 57   | 12   | 38   | 41   | 31   | 25   | 792  | 836  | 157  | 127  |
| SUP46 C2     | mg/Kg | 0,4  | 1    | 59   | 18   | 39   | 32   | 42   | 31   | 133  | 140  | 47   | 57   |
| Media p.calc | mg/Kg | 0,7  | 1.3  | 59   | 17   | 39   | 33   | 41   | 30   | 199  | 209  | 58   | 64   |
| SUP69 C1     | mg/Kg | 0.0  | 0    | <25  | 8    | 10   | 11   | 27   | 10   | 23   | 29   | 26   | 24   |
| SUP69 C2     | mg/Kg | 0,0  | 0    | <25  | 9    | 14   | 12   | 15   | 12   | 35   | 31   | 27   | 24   |
| Media p.calc | mg/Kg | 0,0  | 0    | <25  | 8.9  | 13   | 12   | 16   | 12   | 34   | 31   | 27   | 24   |

I risultati ottenuti dall'operazione di attualizzazione e i certificati analitici dei campioni analizzati sono riportati in **Allegato 1**.

#### 4. Modello Concettuale Aree Pubbliche Sito di Pitelli per l'analisi di rischio di 2° livello

Il Sito di Pitelli è un'area della immediata periferia orientale della Spezia a vocazione residenziale, commerciale, industriale, militare e con una vasta area boschiva all'interno. L'inquinamento rilevato nella caratterizzazione è risultato nel primo metro di terreno ed è dovuto a trasporto eolico di emissioni di ex fonderie e industrie di trasformazione del Piombo (ex Pertusola ed ex Penox), dell'ex inceneritore di rifiuti presente all'interno della

discarica di Ruffino Pitelli e di emissioni diffuse da inquinamento urbano. Pertanto si sono considerate come **sorgente primaria** le fonti emittenti puntuali dei camini della ex Pertusola e Penox e del forno inceneritore e le emissioni diffuse cittadine. Di queste le prime sono state eliminate mentre rimangono attive le emissioni diffuse cittadine. Come **sorgente secondaria** si è considerata tutta la superficie di terreno soggetta a fall-out di inquinanti provenienti dalle sorgenti primarie.

I **percorsi di trasmissione** degli inquinanti considerati, anche se poco attivi per la scarsa mobilità degli stessi, sono:

- lisciviazione da suolo superficiale a suolo profondo
- lisciviazione da suolo superficiale e profondo alle acque sotterranee
- trasporto in acque sotterranee
- vaporizzazione da suolo superficiale e profondo

Le **modalità di esposizione dei bersagli** considerate in questo studio sono:

- l'ingestione di suolo superficiale
- il contatto dermico con il suolo superficiale
- l'inalazione di vapori e di polveri da suolo superficiale in ambiente outdoor
- l'inalazione di vapori e di polveri da suolo superficiale in ambiente indoor
- l'inalazione di vapori da suolo profondo
- l'ingestione di acque sotterranee

La scelta di considerare inizialmente tutte le vie di trasmissione è dovuta alla volontà di procedere in via assolutamente conservativa a tutela della salute pubblica.

Tutti i calcoli di rischio sono stati effettuati utilizzando il software Giuditta 3.1 .

Tenuto conto di questi presupposti concettuali la procedura di analisi di rischio è stata applicata a **16 sub-aree** nelle quali è stato suddiviso l'intero Sito di Pitelli in base a un criterio di omogeneità geografica e di destinazione d'uso. Le sub aree sono descritte nel paragrafo successivo.

Da un punto di vista dell'uso del territorio sono stati definiti tre scenari possibili:

- aree boschive o comunque caratterizzate da prevalente copertura vegetazionale e scarsa/nulla presenza abitativa;
- aree urbane a destinazione residenziale;
- aree urbane a destinazione industriale.

In funzione dell'uso del territorio i recettori individuati per singolo scenario sono stati i seguenti:

- per le aree urbane i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti con una presenza nel sito di 24h su 24h.
- per le aree boschive i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h ovvero per una frazione pari ad 1/8 rispetto ad un residente *sensu strictu* così come indicato nei criteri metodologici dell'ISPRA.
- Per le aree industriali sono stati individuati come recettori i soli lavoratori.

Per il calcolo della concentrazione rappresentativa della sorgente si è seguito il criterio adottato a livello nazionale (ISPRA): ove il numero dei punti di indagine risulti sufficiente ad elaborare una statistica sui dati di concentrazione ( $N > 10$ ) è stato calcolato il limite di confidenza superiore (UCL 95%) della media dei valori, mentre nelle aree con pochi punti di indagine ( $N < 10$ ) si è semplicemente utilizzato il valore massimo per ogni contaminante presente. In **Allegato 2** sono riportati i valori di CRS (concentrazioni rappresentative della sorgente inquinante) utilizzati per ogni sub area, determinati secondo il criterio sopradescritto.

La caratterizzazione di ogni sub-area si ritiene rappresentativa ove presenti almeno 3 punti di indagine, nel caso della sub-area 5-b in cui è presente un solo punto di campionamento di terreno superficiale l'analisi di rischio è stata applicata a titolo preliminare. I risultati così ottenuti dovranno comunque essere confermati statisticamente con l'esecuzione e l'analisi del numero minimo di campioni previsti per l'applicazione del calcolo di rischio.

I punti di bianco non sono stati utilizzati nel calcolo del rischio in quanto aventi una densità di distribuzione areale insufficiente per poter definire aree omogenee adeguatamente caratterizzate.

Nel caso in cui dalle stratigrafie è stata rilevata l'evidenza di presenza di riporto/rifiuto lungo la verticale di campionamento del sondaggio, i risultati analitici riferiti al campione rappresentativo del materiale in oggetto non sono stati utilizzati per il calcolo del rischio ma solo per la definizione delle caratteristiche della sorgente primaria di inquinamento, la quale dovrà seguire un iter di gestione specifico distinto da quello della matrice terreno,



così come indicato nell'All. 3 parte IV titolo V del D. Lgs. 152/06. Nello specifico non sono stati considerati i campioni C1 (0 -1m), C2 (0,1 -1m) e C3 ( 1,0 - 3,0m) del sondaggio S23 e C1 (0 -1m), C2 (0,1 -1m) e C3 ( 1,0 - 2,5m) del sondaggio S18; in **Allegato 3** è riportata la documentazione fotografica che attesta la presenza di rifiuto o riporto lungo la verticale del sondaggio per gli intervalli di profondità dei sondaggi sopraccitati.

Nel caso del parametro idrocarburi pesanti ( $C>12$ ), non essendo disponibile la speciazione delle sostanze, si è attribuita l'intera concentrazione di idrocarburi alla frazione tossicologicamente più pericolosa (aromatici C12-C16 per l'ingestione e alifatici C12-C16 per l'inalazione così come indicato nella classificazione MADEP).

Per esigenze di semplificazione, per tutto il sito di Pitelli si è considerato presente un unico acquifero profondo circolante nel substrato roccioso, identificato dai piezometri S12, S13, S22 e S05, trascurando gli apporti non significativi o comunque locali sia delle emergenze termali che degli acquiferi superficiali circolanti nelle scarse alluvioni presenti nei piccoli bacini idrografici all'interno del Sito di Pitelli. La superficie piezometrica dell'acquifero profondo all'interno del SIN si attesta tra una quota di circa 13 m.s.l.m.m. e una quota di circa 7 m.s.l.m.m. con una direzione di flusso da NE verso SW.

Per i dati relativi al terreno profondo (prof.>1m), sono stati utilizzati quelli determinati nei 21 sondaggi attrezzati a piezometro realizzati nella caratterizzazione '04-'05. Nel caso in cui in una sub-area non sono presenti sondaggi profondi sono stati utilizzati quelli relativi al sondaggio/i presente/i nella sub area omogenea più vicina.

Nelle sub aree con presenza di edifici residenziali, non potendo misurare, per ovvie ragioni, per ogni abitazione i parametri sito specifici, sono stati utilizzati i valori tabellari indicati nel modello di calcolo.

Per quanto riguarda l'inserimento di dati di input relativi ai vari parametri che entrano nei fogli di calcolo del modello matematico di analisi del rischio si è proceduto nel modo seguente:

- *Concentrazioni Arsenico*: per il parametro Arsenico è stata considerata per tutta l'area come soglia di contaminazione il valore di **50 mg/kg**, definito come valore di fondo naturale nella relazione finale del Piano di Caratterizzazione Aree Pubbliche di Pitelli.
- *Spessore dell'insaturo*: è stato calcolato uno spessore medio per ogni sub-area nota la quota massima e la minima topografica all'interno dell'area e la quota assoluta della falda all'interno del lotto. In **Allegato 4** sono riportati i valori utilizzati.

- *Permeabilità dell'insaturo*: poiché dalle evidenze geologiche è emersa una certa omogeneità del substrato presente nel sito di Pitelli, caratterizzato da quarziti più o meno alterate sovrastate da coperture detritiche di diverso spessore, per la permeabilità dell'insaturo è stato utilizzato il valore di  **$4.6 \times 10^{-5} \text{m/sec}$** , medio tra i valori calcolati in 9 prove Lefranc effettuate durante l'esecuzione dei 21 piezometri di caratterizzazione e riportate nel piano di caratterizzazione del sito nazionale di Pitelli (Pz4:  $K=2.58 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ ; Pz5:  $K=2.43 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ ; Pz12:  $K=1,48 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ ; Pz14:  $K=1 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ ; Pz16:  $K=4.5 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ ; Pz17:  $K=2.14 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ ; Pz20:  $K=3.75 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ ; Pz21:  $K=1,6 \times 10^{-5} \text{m/sec}$ ; Pz23:  $K=6,4 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ );).
- *Gradiente dell'acquifero profondo*: è stato calcolato a partire dalle quote di falda assolute misurate nei piezometri S12 (9.52m s.l.m.), S13 (9.55m s.l.m.), S22 (9.54m s.l.m) e S05 (13.19m s.l.m) e la distanza tra due isofreatiche contigue; il risultato è pari a **7.5%**.
- *Dimensioni delle sorgenti secondarie di contaminazione*: per ogni sub area è stata considerata cautelativamente e in prima approssimazione tutta la superficie, compresa quella occupata da abitazioni, siti industriali, discariche e aree militari e sono state utilizzate le due dimensioni prevalenti rilevate direttamente dalla planimetria. Si ritiene che per le aree residenziali fortemente urbanizzate, quali le adiacenze di viale San Bartolomeo, sarebbe più reale considerare come sorgente secondaria solo la superficie costituita da giardini pubblici e privati (da calcolare ma sicuramente inferiore alla metà della superficie delle sub-aree). In **Allegato 4** sono riportati i valori utilizzati
- *Punto di conformità per le acque sotterranee*: per ogni sub area è stato individuato il punto più a valle all'interno della stessa rispetto alla direzione di flusso e da quel punto si è calcolata la distanza rispetto al baricentro della sub area.
- *FOC*: non essendo stato determinato in prima battuta nella caratterizzazione del 2004-2005, perché non previsto nel PdC approvato, sono stati prelevati 4 nuovi campioni di terreno nell'insaturo (due caratterizzanti il terreno superficiale (0-1m) e due il terreno profondo (>1m)) rappresentativi di tutto il Sito di Pitelli nei quali è stato determinato il FOC . Dai 4 campioni si è ottenuto il valore medio di **0.42%**. In **Allegato 5** sono riportati i referti di analitici.
- *Kd*: non è stato calcolato, ma in via del tutto cautelativa si è utilizzato il valore tabellare riferito alle forme più solubili per i metalli presenti nel Sito.

- *Intensità media del vento:* sono stati utilizzati i valori già riportati nella relazione finale del Piano di Caratterizzazione e ricavati da un'analisi probabilistica della velocità e della direzione media su 10 minuti del vento misurato ogni 3 ore dall'anemometro all'interno della Stazione Elicotteri della Marina Militare nella piana del fiume Magra ed è basato sui dati registrati dall'ITAV (Ispettorato delle Telecomunicazioni e Assistenza al Volo) nel periodo compreso fra il 1970 e il 1996. Il valore più frequente di velocità del vento è risultato essere **2.5 m/s**.
- *Precipitazioni medie annue:* per il valore di precipitazione media annua sono stati utilizzati i dati rilevati dalla medesima stazione utilizzata per il rilievo del vento. Come valore medio di precipitazione annua si è ottenuto **1000 mm/anno**. Da tale dato si è ottenuta una stima dell' *infiltrazione efficace* pari a circa **180 mm/anno**, tramite le formule empiriche suggerite dai *Criteri*.

## 5. Suddivisione dei 5 lotti definiti nella prima fase di caratterizzazione in sub-aree omogenee in funzione dell'analisi di rischio di 2° livello.

L'area è stata suddivisa in sub-aree omogenee sulla base delle caratteristiche morfologiche, delle pressioni antropiche e dei risultati della caratterizzazione.

Va ricordato che questa nuova divisione dei lotti d'indagine in sub-aree esclude le aree militari non comprese tra le aree pubbliche e tutte le aree industriali o i siti ritenuti come potenziali soggetti inquinatori già sottoposti a caratterizzazione o progetti di bonifica da parte dei privati.

Data la notevole estensione dell'area perimetrata del Sito di Pitelli e la marcata variabilità geomorfologica e urbanistica del territorio indagato, la suddivisione in lotti, effettuata nella prima fase d'indagine, non è sufficientemente dettagliata per definire aree omogenee sulle quali applicare gli stessi criteri d'analisi di rischio. Pertanto per estrapolare l'analisi di rischio calcolata con valori medi di contaminazione applicati alle singole maglie ad aree più vaste utilizzando concentrazioni reali si è ritenuto necessario implementare la suddivisione dei lotti in sub-aree il più possibile omogenee.

I 5 lotti precedentemente individuati sono stati così ripartiti:

Lotto 1 – bacino del Rio Pagliari

Lotto 2 – Bacino del Fosso Canalone e della Discarica di Ruffino Pitelli

Lotto 3 – Bacino del Rio Fossamastra

Lotto 4 – Fascia litoranea retrostante V. le S. Bartolomeo compresa tra incrocio Via Pitelli V. le S. Bartolomeo e ingresso Cantieri navali Beconcini

Lotto 5 – Zona collinare dell’area Pertusola compresa tra M Falconara e M. Castagnedro

Le nuove ulteriori suddivisioni dei lotti sono state effettuate cercando di separare tra loro anche i piccoli sottobacini idrografici compresi nei bacini più grandi e di separare le zone boschive o comunque scarsamente abitate dalle zone residenziali/industriali/commerciali.

Come risultato si è ottenuto:

- Per il Lotto 1 la definizione di 4 sub-aree:
  - *La sub-area 1/a* compresa tra lo spartiacque tra fosso Canalone e rio Pagliari, il crinale tra discarica Saturnia e discarica IPODEC e il piede della discarica IPODEC
  - *La sub-area 1/b* compresa tra il crinale che separa la discarica Saturnia dalla discarica IPODEC e il crinale che separa la vallecchia della discarica di Monte Montada dalla valle del forte Valdilocchi ad esclusione di tutte le aree urbane.
  - *La sub-area 1/c* che comprende la valle del Forte Valdilocchi
  - *La sub-area 1/d* che comprende tutta la fascia urbana a valle della PENOX fino alla foce del rio Pagliari.
- Per il Lotto 2 la definizione di 2 sub-aree:
  - *La sub-area 2/a* che comprende tutte le aree boscate in sinistra e destra orografica della discarica di Pitelli
  - *La sub-area 2/b* che comprende tutta la zona urbana a valle della discarica fino a Via U. Botti.
- Per il Lotto 3 la definizione di 4 sub-aree:
  - *La sub-area 3/a* che include le aree boscate a valle della discarica Tiro a Piattello fino al confine con la zona militare della Polveriera di Vallegrande.
  - *La sub-area 3/b* che include tutte le aree incolte comprese tra i carbonili ENEL, la discarica di Val Bosca e la discarica di Vallegrande.
  - *La sub-area 3/c* che include tutte le aree comprese tra Via Valdilocchi e a valle dei carbonili ENEL, della discarica di Val Bosca e della discarica di Vallegrande.
  - *La sub-area 3/d* che comprende la striscia di terra posta sottostrada lungo Via Pitelli che si estende dalla zona dell’ex-Tiro a volo fino al tornante stradale successivo posto in direzione della città della Spezia.
- Per il lotto 4 la definizione di 4 sub-aree:

- La sub-area 4/a compresa tra l'incrocio Via Pitelli V. le S. Bartolomeo e Via della Rossa
- La sub-area 4/b compresa tra Via della Rossa e il crinale che scende dal Monte La Rossa
- La sub-area 4/c definita dalla zona residenziale a valle della discarica Campetto che ha come asse di riferimento via Rizzo e che si estende fino all'ingresso dei cantieri navali Beconcini.
- La sub-area 4/d definita dalle aree boscate poste in sinistra orografica della discarica Campetto
- Per il lotto 5 la definizione di 2 sub-aree:
  - La sub-area 5/a che comprende tutta la collina di Pertusola fino a Punta S. Teresa, prevalentemente ricoperta a macchia mediterranea e scarsamente abitata.
  - La sub-area 5/b che comprende la zona urbana residenziale posta a monte di Via Pianelloni.

Inoltre dato che i campionamenti di terreno effettuati nell'indagine 2003-2005 e posti al confine della perimetrazione del lotto 5 e del SIN hanno evidenziato la presenza di elevate concentrazioni di metalli sia nei campioni superficiali che in quelli più profondi, si ritiene di dover estendere le valutazioni di rischio anche alle maglie esterne alla perimetrazione ma adiacenti alla medesima e morfologicamente contigue e pertinenti al lotto medesimo.

La nuova suddivisione areale del SIN sopradescritta è illustrata in Tav. 1

## **6. Modello Concettuale di dettaglio applicato ad ogni sub-area.**

Sulla base del modello concettuale generale e delle caratteristiche di ogni area omogenea definita si è operato per i singoli lotti applicando i criteri elencati di seguito:

### ***Sub-area 1/a:***

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Come dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 6 punti di campionamento.

- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 500m; larghezza 140m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S12 e S13 ubicati nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 80m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 65m.

#### *Sub-area 1/b:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Come dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori calcolati di UCL 95% in quanto in totale nel lotto ricadono 11 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 350m; larghezza 300m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S5, S6, S7 ubicati nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 100m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 58m.

#### *Sub-area 1/c:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 9 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 400m; larghezza 350m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area, poiché in essa non sono presenti sondaggi profondi, sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S5, S6, S7 ubicati nella sub-area adiacente omogenea 1b.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 160m.  
Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 49m.

*Sub-area 1/d:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente area urbana residenziale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti con una presenza nel sito di 24h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori calcolati di UCL 95% in quanto in totale nel lotto ricadono 20 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 500m; larghezza 375m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S8, S14, S16 e S19 ubicati nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 100m.  
Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 17m.

*Sub-area 2/a:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori calcolati di UCL 95% in quanto in totale nel lotto ricadono 13 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 400m; larghezza 300m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S21, S22 e S24 ubicati nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 150m.

Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 105m.

*Sub-area 2/b:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente area urbana residenziale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti con una presenza nel sito di 24h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori calcolati di UCL 95% in quanto in totale nel lotto ricadono 11 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 400m; larghezza 200m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati del sondaggio S20 ubicato nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 200m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 20m.

*Sub-area 3/a:*

Per questa sub-area non è stata applicata l'analisi di rischio poiché tutti i valori sono risultati inferiori alle CSC di riferimento.

*Sub-area 3/b:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 6 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 400m; larghezza 380m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:



- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area, poiché in essa non sono presenti sondaggi profondi, sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S5, S6, S7 ubicati nella sub-area adiacente omogenea 1b.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 190m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 52m.

*Sub-area 3/c:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente uso industriale pertanto i recettori sono stati definiti come lavoratori.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 7 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 300m; larghezza 170m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S1, S2, S3 e S4 ubicati nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 90m
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 6m.

*Sub-area 3/d:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 3 punti di campionamento.
- Non sono stati utilizzati per il calcolo del rischio i dati relativi ai campioni C1,C2, C3 del sondaggio S23 in quanto ascrivibili a rifiuto. **Il rifiuto presente all'interno del lotto dovrà essere gestito in modo distinto dalla matrice terreno.**
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 60m; larghezza 60m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati del sondaggio S23 ubicato nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 25m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 103m.

*Sub-area 4/a:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente area urbana residenziale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti con una presenza nel sito di 24h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 6 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 600m; larghezza 110m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati del sondaggio S15 ubicato nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 50m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 8m.

*Sub-area 4/b:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente area urbana residenziale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti con una presenza nel sito di 24h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori calcolati di UCL 95% in quanto in totale nel lotto ricadono 10 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 285m; larghezza 250m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area, poiché in essa non sono presenti sondaggi profondi, sono stati utilizzati i dati del sondaggio S17 ubicato nella sub-area adiacente omogenea 4/c.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 125m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 21m.

*Sub-area 4/c:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente area urbana residenziale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti con una presenza nel sito di 24h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori calcolati di UCL 95% in quanto in totale nel lotto ricadono 11 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 450m; larghezza 240m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati del sondaggio S17 ubicato nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 120m.
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 21m.

*Sub-area 4/d:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 5 punti di campionamento.
- Non sono stati utilizzati per il calcolo del rischio i dati relativi ai campioni C1,C2, C3 del sondaggio S18 in quanto ascrivibili a rifiuto. **Il rifiuto presente all'interno del lotto dovrà essere gestito in modo distinto dalla matrice terreno.**
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 230m; larghezza 200m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area sono stati utilizzati i dati del sondaggio S18 ubicato nella sub-area medesima.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 100m
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 65m.

*Sub-area 5/a:*

TERRENO SUPERFICIALE - Per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente copertura vegetazionale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti ma con una presenza nel sito di 3h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati utilizzati per singolo parametro i valori massimi superiori alle CSC rilevati in quanto in totale nel lotto ricadono 5 punti di campionamento.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 400m; larghezza 365m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area, poiché in essa non sono presenti sondaggi profondi, sono stati utilizzati i dati dei sondaggi S21 S22 e S24 ubicati nella sub-area più vicina omogenea 2/b.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 180m
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 68m.

*Sub-area 5/b:*

TERRENO SUPERFICIALE - Premesso che l'analisi di rischio per questa sub-area necessita di validazione con ulteriori campionamenti e analisi di terreno per questa sub-area è stato definito:

- un uso del suolo caratterizzato da prevalente area urbana residenziale pertanto i recettori sono stati definiti come adulti e bambini residenti con una presenza nel sito di 24h su 24h.
- Per i dati di input relativi alle concentrazioni di inquinanti sono stati i valori superiori alle CSC dell'unico punto di indagine ricadente all'interno del lotto.
- Le dimensioni prevalenti dell'area sono: lunghezza 250m; larghezza 90m

TERRENO PROFONDO – Per questa sub-area è stato definito:

- Per i punti indagine caratterizzanti il terreno profondo della sub area, poiché in essa non sono presenti sondaggi profondi, sono stati utilizzati i dati del sondaggio S20 ubicato nella sub-area più vicina omogenea 2/a.

ACQUE SOTTERRANEE – Per questa sub-area è stato definito:

- La distanza del punto di conformità dal baricentro dell'area è pari a 40m
- Lo spessore medio dell'insaturo è risultato essere di circa 22m.

## 7. Risultati analisi di rischio

In generale dai risultati dell'analisi di rischio è emerso che il contributo maggiore è determinato, per gli inquinanti cancerogeni, dal **Benzo(a)pirene**, e per le sostanze tossiche dal **Piombo**. Incidono in forma minore e in aree molto limitate: il **Benzo(a)antracene**, il **Benzo(b)fluorantene**, il **Dibenzo(a,h)antracene**, l'**Indenopirene**, i **PCB**, gli **Idrocarburi C12-C16 alifatici e aromatici**, l'**Arsenico**, il **Cadmio** e il **Mercurio**.

I fogli di calcolo con i risultati dell'analisi di rischio del software Giuditta sono riportati in **Allegato 6**.

Nei casi in cui è risultato un rischio non accettabile, le modalità di esposizione dei bersagli che determinano tale situazione di rischio sono esclusivamente **l'ingestione** o **il contatto dermico di terreno superficiale**, mentre il contributo al rischio totale delle altre vie di esposizione risulta di diversi ordini di grandezza inferiori rispetto alle due sopracitate. In alcune sub-aree la **lisciviazione**, in particolare del **Piombo**, dal terreno superficiale **determina un rischio per la falda**. Tuttavia tale risultato come verrà più dettagliatamente esposto al paragrafo 8, non appare realistico per le caratteristiche del sottosuolo del Sito di Pitelli e per quanto evidenziato dai risultati del monitoraggio iniziato nel 2004 e tuttora in corso. A tale proposito si è eseguita analisi di rischio relativamente alla lisciviazione in falda utilizzando RISC 4, più adeguato a rappresentare la realtà del sito, non ottenendo **mai rischio per la falda**.

Tra le matrici ambientali considerate il terreno superficiale è quello che ha inciso quasi esclusivamente sul calcolo del rischio, in quanto gli inquinanti rilevati nel terreno profondo sono risultati normalmente presenti in concentrazioni nettamente inferiori rispetto al terreno superficiale e alle proprie CSC di riferimento o, se maggiori, riferite ad intervalli di profondità molto limitati e senza continuità spaziale, tali da farli considerare come casi puntuali non estendibili ad intere sub-aree e trascurabili ai fini della valutazione di rischio. Solo nel caso del sondaggio S1 all'interno della sub-area 3/c è stata considerata significativa e inserita nel calcolo del rischio la concentrazione di idrocarburi C>12 rilevata nel campione C5 nell'intervallo di profondità 5.5-6.0m.

In particolare per ogni sub-area i risultati dell'analisi di rischio sono i seguenti:

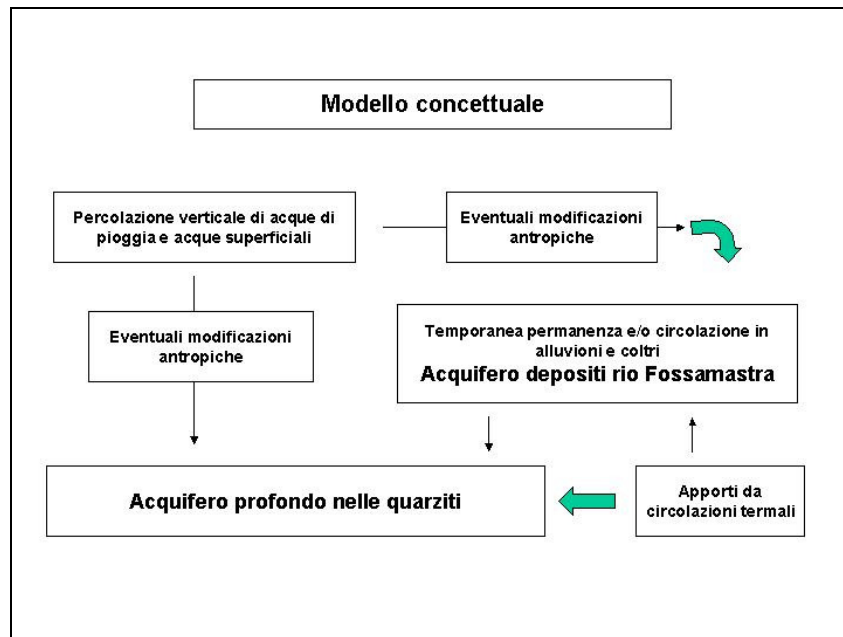
- **sub-area 1/a:** non è risultato rischio dal terreno ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene, mentre è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 1,20. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.
- **sub-area 1/b:** non è risultato rischio dal terreno e per la falda ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene.
- **sub-area 1/c:** non è risultato rischio dal terreno ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene, mentre è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 2,59. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.
- **sub-area 1/d:** è risultato rischio cancerogeno dal terreno per il benzo(a)pirene ( $R=7,08 \times 10^{-6}$ ) e il PCB ( $R=1,35 \times 10^{-6}$ ), ed è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 1,15. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.
- **sub-area 2/a:** non è risultato rischio dal terreno e per la falda ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene.
- **sub-area 2/b:** è risultato rischio cancerogeno dal terreno per il benzo(a)pirene ( $R=3,54 \times 10^{-6}$ ) e il PCB ( $R=1,37 \times 10^{-6}$ ), ed è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 1,17. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.
- **sub-area 3/b:** non è risultato rischio dal terreno e per la falda ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene.
- **sub-area 3/c:** non è risultato rischio dal terreno ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene, mentre è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno profondo per il parametro idrocarburi aromatici C12-C16 pari a 2,01. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.
- **sub-area 3/d:** non è risultato rischio dal terreno e per la falda ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene.
- **sub-area 4/a:** è risultato rischio cancerogeno dal terreno per il benzo(a)pirene ( $R=3,37 \times 10^{-5}$ ), benzo(a)antracene ( $R=3,46 \times 10^{-6}$ ), benzo(b)fluorantene ( $R=1,07 \times 10^{-6}$ ), dibenzo(a,h)antracene ( $R=5,29 \times 10^{-6}$ ), indeno(1,2,3,c,d)pirene ( $R=2,12 \times 10^{-6}$ ) e il PCB ( $R=3,29 \times 10^{-6}$ ), rischio tossico per il Piombo (HI 1,56), per gli idrocarburi C12-C16 alifatici (HI 4,53) e per gli idrocarburi C12-C16 aromatici (HI 1,46) ed è risultato un

rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 9,36 e per i PCB pari a 1,97. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.

- **sub-area 4/b:** è risultato rischio cancerogeno dal terreno per il benzo(a)pirene ( $R=3,53 \times 10^{-6}$ ), rischio tossico per il Piombo (HI 1,44) e per gli idrocarburi C12-C16 alifatici (HI 1,27) ed è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 3,25. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.
- **sub-area 4/c:** è risultato rischio cancerogeno dal terreno per il benzo(a)pirene ( $R=4,07 \times 10^{-6}$ ) e per i PCB ( $R=1,01 \times 10^{-6}$ ), mentre non è risultato rischio per la falda.
- **sub-area 4/d:** non è risultato rischio dal terreno e per la falda ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene.
- **sub-area 5/a:** è risultato rischio cancerogeno dal terreno per l'Arsenico ( $R=3,83 \times 10^{-5}$ ), rischio tossico per il Piombo (HI 2,32) ed è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 12,8 e Cadmio paria a 3,17. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.
- **sub-area 5/b:** non è risultato rischio dal terreno ne per sostanze tossiche ne per sostanze cancerogene, mentre è risultato un rischio per la falda da lisciviazione del terreno per il parametro Piombo pari a 1,84. Si evidenzia che con RISC 4 non risulta rischio per la falda.

## 8. Approfondimenti sui risultati dell'analisi di rischio per le acque sotterranee e sul loro reale stato qualitativo

Per comprendere meglio la tipologia di circolazione idrogeologica del Sito di Pitelli si riporta il modello concettuale reale, descritto con uno schema a blocchi nella relazione del Piano di Caratterizzazione, dove i diversi tipi di frecce sono indicativamente associati ad una quantificazione degli scambi tra i diversi sistemi individuati. Alle frecce grosse corrispondono scambi importanti e a quelle sottili scambi ridotti e/o temporanei.



**Fig. 1** – Modello concettuale relativo alla circolazione delle acque sotterranee

Il modello riportato individua, oltre agli accumuli temporanei esistenti nelle coltri, legati agli eventi meteorologici, essenzialmente due acquiferi: uno, di dimensioni ridotte e in comunicazione con l'altro, nei depositi alluvionali del rio Fossamastra ed uno di dimensioni rilevanti in roccia nella formazione delle Quarziti e Filladi. Quest'ultimo può essere interpretato come un grosso bacino alimentato principalmente da apporti profondi nel quale sono raccolte, a seguito di percolazione pressoché verticale, tutte le acque ricadenti nell'area dei bacini idrografici della zona in esame. La superficie freatica dell'acquifero profondo, soprattutto nelle zone collinari, risulta essere distante dal piano campagna anche diverse decine di metri, come evidenziato dai rilievi freaticometrici effettuati ed inseriti nel Piano di Caratterizzazione e nella relazione "2° e 3° anno del monitoraggio acque sotterranee del sito Nazionale di Pitelli", e con coperture eterogenee da permeabili a impermeabili.

La complessità e l'eterogeneità del modello concettuale su esposto ed in particolare la circolazione idrica profonda in substrato roccioso, non sarebbero affrontabili al livello di approssimazione proposto dai modelli per l'analisi di rischio di "livello 2", i quali, come noto, si applicano alla circolazione in falda in terreni omogenei e isotropi. Quindi i risultati ottenuti dai modelli di lisciviazione dal suolo insaturo verso la falda sono da considerarsi come indicativi ed estremamente cautelativi nel caso di substrato roccioso come quello del sito in oggetto dove sono assenti fenomeni carsici, in virtù delle conoscenze geologiche acquisite e documentate nel Piano di caratterizzazione.



Ciò premesso, i risultati di rischio per la falda ottenuti con il software Giuditta 3.1, che indicano una situazione di rischio per la falda e predicono una concentrazione di Piombo disciolto in falda da decine a centinaia di  $\mu\text{g/l}$ , sono stati confrontati con un modello alternativo di lisciviazione insatura: quello utilizzato dal software RISC 4. I risultati di quest'ultimo (**Allegato 7**) sono radicalmente diversi, infatti nel modello di trasporto in zona insatura di RISC non vi è presenza di Piombo in fase liquida già a pochi metri di profondità dalla sorgente di contaminazione. Ciò è dovuto alla differente impostazione delle equazioni di trasporto:

- Giuditta adotta l'approccio stazionario previsto dallo standard RBCA, mentre RISC prevede un'evoluzione temporale, sia per la sorgente (come bilancio di massa), sia per la dispersione delle sostanze;

- Giuditta tiene in conto della percolazione verticale attraverso il suolo insaturo mediante un coefficiente di attenuazione (S.A.M. che dipende esclusivamente dal rapporto geometrico tra spessore della sorgente e spessore dell'insaturo non contaminato), mentre RISC implementa un vero proprio modello di infiltrazione insatura.

L'approccio utilizzato da RISC risulta effettivamente più realistico e sembra dare spiegazione della scarsa mobilità del Piombo in acqua. Infatti le concentrazioni del metallo disciolto, molto alte nei primi metri al di sotto della sorgente, vengono riassorbite dal suolo sottostante, per il fenomeno di ripartizione solido-liquido governato dal coefficiente di ritardo (determinato dal valore di  $K_d$  del Piombo, posto pari a 55 l/kg).

Queste considerazioni di carattere teorico sono comunque confermate dall'analisi complessiva del monitoraggio quinquennale dei 21 piezometri realizzati nell'area considerata, che mostra che nell'acquifero profondo non vi sono superi delle CSC, ad eccezione di alcune situazioni puntuali ove le evidenze di pressione antropica sono risultate più marcate e comunque non correlabili ai risultati analitici relativi ai campionamenti della matrice terreno nelle Aree di competenza della Pubblica Amministrazione.

**Per le ragioni su esposte si esclude quindi un inquinamento diffuso da Piombo, in accordo con il risultato ottenuto con il software RISC 4 e con i dati del monitoraggio delle acque sotterranee, anche se il risultato ottenuto con il software Giuditta invece lascerebbe supporre la presenza di un rischio.**

## 9. Conclusioni analisi di rischio di 2° livello

Occorre evidenziare che i risultati ottenuti e le considerazioni sopra esposte risentono del fatto che la caratterizzazione era stata svolta ai sensi del D.M. 471/99 e che ogni sub area in cui è stato diviso l'intero sito nazionale di Pitelli rimane comunque sempre molto vasta e articolata in varie componenti; pertanto si è ritenuto di assumere in questa prima fase di analisi approssimazioni ed ipotesi sempre in senso estremamente cautelativo (es: come superficie inquinata si è sempre assunto l'intero lotto senza escludere le aree coperte). Ciò premesso si ritiene che questo elaborato costituisca comunque una buona ipotesi di lavoro che permette di esprimere in prima analisi le seguenti valutazioni risultanti dall'applicazione dell'analisi di rischio di 2° livello :

- **Per le sub-aree 1/a; 1/b; 1/c; 2/a; 3/a; 3/b; 3/c; 3/d; 4/d; 5/b vi è assenza di rischio sanitario.**
- **Per le sub-aree 1/d; 2/b; 4/c vi è rischio sanitario solo per le sostanze cancerogene.**
- **Per le sub-aree 4/a; 4/b; 5/a vi è rischio sanitario sia per le sostanze cancerogene che per le sostanze tossiche.**
- **Per quanto riguarda il contributo dei suoli al rischio di contaminazione della falda, in base a quanto detto al paragrafo 8, si esclude la contaminazione da inquinanti presenti nel suolo (in particolare il piombo). Nel caso dell'hot spot di idrocarburi pesanti rilevato nel terreno profondo del sub-lotto 3/c questo genera, secondo i risultati allegati, rischio per il software Giuditta, ma non per il software RISC 4, che prevede una presenza crescente nel tempo di idrocarburi in falda ma con concentrazioni sempre inferiori ai limiti previsti dalla norma; in questa casistica rimane comunque il dato oggettivo che i campionamenti finora effettuati nel piezometro S1 non hanno mai evidenziato superamenti delle CSC di idrocarburi in falda.**

La tematizzazione cartografica dei lotti in base all'analisi di rischio è rappresentata in Tav. 2.

Dalle valutazioni della prima analisi di rischio di secondo livello sopraesposte, ne derivano le seguenti scelte operative di intervento per ogni singola sub-area:

- **Per le sub-aree in cui è risultata un'assenza di rischio sanitario, ad eccezione delle sub-aree 5/b e 3/c, si propone la restituzione agli usi legittimi con la conseguente deperimetrazione dei medesimi dal SIN di Pitelli, fatto salvo**

**l'obbligo di eliminare le sorgenti primarie di contaminazione (quali rifiuti) ove presenti.**

- Per la sub-area 5/b, risultata priva di rischio ma con un numero insufficiente di punti di campionamento, si ritiene necessario un approfondimento di indagine per la validazione dell'analisi di rischio.**
- Per le sub-aree residenziali 1/d; 2/b; 4/c, si è riscontrato rischio sanitario per sostanze cancerogene, dovuto alla presenza di benzo(a)pirene in concentrazioni vicine al limite di legge e paragonabili a quelle riscontrabili in tutte le aree soggette ad inquinamento da traffico auto-veicolare. Si ritiene che tale contaminazione non sia ascrivibile alle sorgenti industriali perimetrata nel sito, ma costituisca un contributo antropico di altra origine. A tale proposito si propone lo svincolo delle aree, subordinato ad un approfondimento, come riportato al paragrafo 4, sulle dimensioni delle sorgenti secondarie e sulle vie di migrazione contemplate nell'analisi di rischio e/o un supplemento di indagine, allo scopo di valutare il contributo del traffico veicolare nelle aree contigue al Sito di Pitelli.**
- Per le sub-aree residenziali 4/a; 4/b ove si è riscontrato un rischio sanitario sia per le sostanze cancerogene che per le sostanze tossiche, ma localizzato solo in uno o due dei punti di indagine dell'intera sub area, come rilevabile dall'Allegato 1, si propone un approfondimento di indagine per una perimetrazione di dettaglio degli hot spots individuati e propedeutico alla progettazione della bonifica delle zone così individuate e allo svincolo dell'interesse sub-aree.**
- Per la sub-area 5/a, ove è risultato un rischio nettamente superiore al valore di soglia consentito, determinato da una contaminazione diffusa in maniera omogenea su tutta la superficie, si ritiene necessaria l'elaborazione di un progetto di bonifica, esteso, per quanto detto al paragrafo 5, anche alle aree esterne al Sito ma morfologicamente contigue e pertinenti al lotto medesimo.**
- Per la sub-area 3/c, in cui è risultato un rischio per falda da lisciviazione del terreno profondo degli idrocarburi aromatici C12-C16, solo nel caso dell'utilizzo del software Giuditta, si propone la prosecuzione del monitoraggio della falda nel piezometro S1, ove è stato rilevato l'inquinamento del terreno profondo, per un periodo di ulteriori 5 anni e con**

**cadenza stagionale. Al termine di questo periodo si valuterà la necessità di proseguire o meno il monitoraggio e/o di progettare interventi di bonifica/messa in sicurezza della falda.**