

ALLEGATO A

METODICHE OPERATIVE “SUB-PERIMETRAZIONE SITO DI INTERESSE NAZIONALE TERRITORIO DEL BACINO DEL FIUME SACCO”

Rev. 0

Aprile 2013

 <p>ARPALAZIO AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</p>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
--	---	--

INDICE

1	PREMESSA	2
2	ATTIVITÀ DI CAMPO	2
2.1	Rilievo topografico plano-altimetrico.....	2
2.2	Indagini Geofisiche.....	3
2.2.1	Indagini elettromagnetiche.....	3
2.2.1.1	Ubicazione indagini.....	4
2.2.1.2	Modalità esecutive.....	4
2.2.1.3	Presentazione dei risultati	6
2.2.2	Indagini elettriche multielettrodo (Tomografia elettrica).....	6
2.2.2.1	Ubicazione indagini.....	6
2.2.2.2	Modalità esecutive.....	6
2.2.2.3	Presentazione dei risultati	8
2.2.3	Indagini G.P.R. (Georadar).....	8
2.2.3.1	Ubicazione delle indagini	9
2.2.3.2	Modalità esecutive.....	10
2.2.3.3	Presentazione dei risultati	11
2.3	Indagini di gas nel suolo.....	12
2.3.1	Presentazione dei risultati	13
2.4	Esecuzione di scavi superficiali.....	13
2.5	Perforazione di sondaggi.....	14
2.6	Test HSA (Head Space Analysis).....	18
2.7	Realizzazione di piezometri	18
2.8	Prove di permeabilità in sito.....	20
2.8.1	Presentazione dei risultati	22
2.9	Prove di Portata	22
2.9.1	Presentazione dei risultati	24
2.10	Prelievo, conservazione e gestione dei campioni	24
2.10.1	Prelievo di campioni di suolo e sottosuolo	26
2.10.1.1	Campioni per laboratorio chimico	26
2.10.1.2	Campioni per laboratorio geotecnico.....	28
2.10.2	Prelievo di campioni di acqua	29
2.10.3	Prelievo di campioni di rifiuto/materiali di riporto	30
2.10.4	Prelievo di campioni di percolato.....	31
3	ANALISI DI LABORATORIO.....	31
3.1	Elaborazione e interpretazione dei dati analitici	32
4	CONTROLLO DI QUALITÀ	33
5	PARAMETRI PER L'APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA.....	34
6	CONTROLLO E VALIDAZIONE DEI DATI.....	37
7	ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DEI DATI.....	38

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

1 PREMESSA

Le presenti Metodiche Operative definiscono i criteri esecutivi e metodologici per le attività e le indagini necessarie per la caratterizzazione dei siti compresi nella “Sub-Perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”.

Tutte le operazioni da realizzare per la caratterizzazione delle matrici ambientali (sondaggi, prelievo, formazione, trasporto e conservazione dei campioni) e le analisi di laboratorio devono essere documentate nel dettaglio, con resoconti che consentano di riferirli in modo chiaro e non equivoco a ciascun campione prelevato. La documentazione deve essere redatta contestualmente all’espletamento delle operazioni cui si riferisce e deve essere conservata fino al completamento delle attività di caratterizzazione, di controanalisi e di validazione da parte delle Autorità di controllo.

2 ATTIVITÀ DI CAMPO

2.1 Rilievo topografico plano-altimetrico

Nell’area di indagine sarà eseguito un rilievo di dettaglio allo scopo di definire i rapporti altimetrici e planimetrici tra tutti i punti di indagine realizzati nel sito e finalizzato alla produzione di un piano quotato dell’area di indagine. Tale rilievo dovrà consentire una rappresentazione del sito in tutti i suoi particolari plano-altimetrici e dovrà essere restituito su cartografia in scala 1:500 o 1:1.000 in relazione all’estensione del sito.

Dovrà essere effettuata la georeferenziazione di tutti i punti di indagine per la ricostruzione dei profili interpretativi dell’assetto stratigrafico locale e della piezometria. In particolare, per la ricostruzione della direzione di deflusso e del gradiente idraulico locale della falda, saranno georeferenziati tutti i piezometri per i quali sarà rilevata la quota del boccapozzo, in un punto marcato con un segno indelebile.

Il rilievo dovrà essere effettuato con strumentazione in grado di garantire la precisione centimetrica.

Dovrà essere realizzata, attraverso l’installazione di picchetti permanenti in zone protette, una rete di capisaldi di riferimento da utilizzare per i futuri rilievi; di tali vertici andranno fornite le monografie.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

Le coordinate di tutti i punti dovranno essere rilevate nel sistema di riferimento ED50 UTM 33N.

Tutte le quote del rilievo dovranno essere espresse in metri sul livello del mare.

Dovranno essere fornite le monografie dei capisaldi utilizzati per la derivazione delle coordinate e delle quote con indicato l'ente di appartenenza dello stesso (IGM, CATASTO, REGIONE, ecc.).

2.2 Indagini Geofisiche

Le indagini geofisiche consentono di investigare il sottosuolo, in modo non invasivo e in tempi relativamente veloci, allo scopo di costruire un primo modello geologico-idrogeologico-ambientale ed individuare eventuali anomalie. L'utilizzo dei metodi geofisici deve essere valutato, quindi, in base al contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito, alla geometria e alle proprietà chimico fisiche del terreno e del target cercato. Generalmente è utile impiegare metodologie che misurino differenti parametri fisici combinandone poi i risultati. Ad esempio si possono utilizzare tecniche veloci quali le indagini elettromagnetiche per l'individuazione di massima di aree anomale che, successivamente, possono essere investigate con metodologie di dettaglio (SEV. ERT 2D e 3D).

2.2.1 Indagini elettromagnetiche

La prospezione magnetometrica consiste nella determinazione delle anomalie di intensità del campo magnetico terrestre dovute alla presenza di corpi magnetici nel sottosuolo. Le anomalie di intensità sono generalmente dipendenti, per la loro forma ed estensione, dalle caratteristiche geometriche e di magnetizzazione degli oggetti sepolti. La modellizzazione del corpo perturbante in base alla forma e all'entità dell'anomalia prodotta è generalmente complessa, mentre risulta più facile localizzare lo stesso.

Non avendo la necessità di creare contatti fisici con il terreno, le indagini elettromagnetiche vengono generalmente utilizzate come metodo speditivo su vaste aree per la identificazione di zone anomale riconducibili alla variazione del chimismo dei fluidi presenti nella matrice porosa del sottosuolo che potranno essere maggiormente dettagliate attraverso l'esecuzione di profili tomografici di resistività e di polarizzazione indotta.

I metodi elettromagnetici (EM) includono tecniche geofisiche comunemente utilizzate in indagini del sottosuolo per scopi ambientali, geotecnici o idrogeologici.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

Principalmente si riconoscono due tipologie di indagini elettromagnetiche EM: la prima, basata sul dominio di frequenza, misura l'ampiezza e la fase di un campo elettromagnetico indotto (FDEM); la seconda, basata sul dominio di tempo, misura il tempo di decadimento dell'impulso elettromagnetico indotto da una trasmittente (TDEM).

Le indagini elettromagnetiche in dominio di frequenza (FDEM), utilizzate per indagini ambientali del sottosuolo, consentono di ottenere delle mappe dei valori della variazione di fase e di ampiezza del campo elettromagnetico secondario rispetto al campo primario indotto. L'ampiezza delle correnti indotte in un corpo conduttore nel sottosuolo dipende da diversi fattori, ma principalmente dalle proprietà elettriche del sottosuolo e delle strutture interrato. Lo strumento fornisce i valori di conducibilità elettrica apparente del sottosuolo e della suscettività magnetica.

Nella progettazione di una campagna di indagini di carattere ambientale e nella successiva fase di interpretazione, si deve tener conto che gli oggetti magnetici superficiali tendono a determinare anomalie molto intense che possono oscurare quelle legate ad oggetti più profondi, e che solo l'esecuzione di misure su un'area sufficientemente vasta può portare alla distinzione di differenti livelli di anomalie.

2.2.1.1 Ubicazione indagini

Il rilievo elettromagnetico dovrà essere progettato in modo da tener conto delle disomogeneità naturali e antropiche quali ad esempio recinzioni, veicoli ed oggetti metallici in genere che possono indurre disturbi alle misure. I profili dovranno essere inoltre collocati ad idonea distanza dagli edifici.

2.2.1.2 Modalità esecutive

L'ampiezza delle correnti indotte in un corpo conduttore nel sottosuolo dipende da diversi fattori:

- proprietà elettriche del conduttore;
- dimensioni e forma del conduttore;
- frequenza del campo primario;
- posizione del conduttore rispetto allo strumento di indagine.

La conducibilità elettrica (l'inverso della resistività) dei suoli e delle rocce dipende inoltre dal grado di saturazione in acqua, dalla salinità dell'acqua contenuta nei pori della roccia, dalla

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

composizione mineralogica, dalla presenza di metalli o contaminanti organici (benzina, gasolio, nafta, ecc.).

L’acquisizione prevede lo spostamento di un elettro-magnetometro lungo una serie di profili paralleli, disposti secondo una geometria prestabilita in modo da investigare l’intera area in oggetto. Le misure possono essere condotte per punti o in continuo, ortogonalmente al senso di marcia, e lo spostamento della strumentazione deve avvenire lungo profili paralleli ed equidistanti in modo da formare una griglia di misure con passo variabile da 1 a 4 metri.

Tale indagine consente di ricavare, sotto opportune ipotesi, il valore della conducibilità apparente del volume di suolo indagato, sulla base della componente in quadratura del campo magnetico secondario misurato alla bobina ricevente. L’elettro-magnetometro può utilizzare simultaneamente fino a 5 frequenze definite dall’utente comprese tra 1000 e 16000 Hz, registrando le componenti in fase e in quadratura del campo magnetico secondario, normalizzate rispetto a quello primario. La componente in fase (da cui si ricava la suscettività magnetica) risulta sensibile ad oggetti metallici (fusti sepolti, tubazioni interrati, ecc.) mentre la componente in quadratura è proporzionale alla conducibilità del mezzo indagato.

Le mappe dei parametri geofisici che si ottengono da un’indagine elettromagnetica consentono di localizzare arealmente zone con valori anomali, riconducibili a rifiuti interrati o aree contaminate.

L’utilizzo del parametro suscettività magnetica (particolarmente indicato per la ricerca di metalli) permette un’ulteriore discriminazione (utile, ad esempio, per la ricerca di fusti interrati). Nella verifica di siti contaminati, l’indagine elettromagnetica viene spesso abbinata alla metodologia geoelettrica. L’uso congiunto di due tecniche di indagine, oltre a ridurre l’ambiguità interpretativa propria dei metodi geofisici, permette di caratterizzare completamente la geometria del corpo di discarica.

L’indagine EM definisce, infatti, l’estensione areale della discarica, mentre l’indagine geoelettrica consente di valutare gli spessori della discarica e l’eventuale perdita di percolato o inquinante. Il metodo può essere utilizzato anche in presenza di pavimentazione e, in considerazione della velocità di misura, si consiglia di utilizzare il GPS differenziale per la georeferenziazione delle misure.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

2.2.1.3 *Presentazione dei risultati*

I risultati delle elaborazioni dovranno essere riportati su cartografie, di idonea scala di rappresentazione, tramite isolinee o aree a diversa colorazione della conducibilità elettrica e dello sfasamento dell'onda elettromagnetica, con riportata la traccia del grigliato delle misure.

2.2.2 **Indagini elettriche multielettrodo (Tomografia elettrica)**

La tomografia elettrica consiste nella caratterizzazione geoelettrica e dimensionale, con elevato dettaglio, delle strutture presenti lungo sezioni bidimensionali. Può essere quindi utilizzata, con le stesse modalità operative, sia per la definizione di strutture geologiche fino a diverse decine di metri di profondità, che per la risoluzione di problematiche legate al primo sottosuolo, ad esempio l'individuazione di criticità ambientali nell'ambito della caratterizzazione e bonifica di siti contaminati (rottura del telo in HDPE del sottofondo di una discarica con conseguente uscita di percolato).

Le misure sono effettuate con strumentazioni automatiche secondo le diverse configurazioni elettrode tradizionali (Schlumberger, Wenner, Dipolo-dipolo, ecc). L'innovazione rispetto ai profili di resistività è rappresentata dalla possibilità di effettuare un grande numero di misure in tempi brevi e dalla successiva elaborazione con programmi di inversione bidimensionale. Tale tecnica consente inoltre di operare anche in presenza di terreni morfologicamente irregolari previo rilievo delle quote relative tra gli elettrodi; suddetta informazione dovrà essere poi presa in debita considerazione in fase di elaborazione dei dati.

2.2.2.1 *Ubicazione indagini*

Le tracce dei profili ed il loro numero dovranno essere programmate considerando l'andamento dei deflussi idrici sotterranei e superficiali congiuntamente alle eventuali anomalie identificate con l'indagine elettromagnetica. Le sezioni dovranno essere tra loro perpendicolari.

2.2.2.2 *Modalità esecutive*

L'attrezzatura d'acquisizione dati dovrà essere costituita da georesistivimetro digitale in grado di eseguire, via software, le seguenti operazioni principali: misura e memorizzazione della resistenza di contatto degli elettrodi; misura, memorizzazione e azzeramento dei potenziali spontanei; esecuzione di ripetuti cicli di misura e calcolo della “deviazione standard”; possibilità di impostare cicli di misura di durata diversa; risoluzione delle misure di 30 nV;

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

memorizzazione delle misure costituite ognuna dai valori di: resistività, dV, I, dev. Stand. e geometria elettrodi; unità di controllo e gestione degli elettrodi (fino a 254); cavo multicanale dotato di elettrodi definiti “intelligenti” (smart electrodes) in quanto dotati di una elettronica interna che ne consente l’utilizzo sia come elettrodi di corrente che di potenziale, oppure cavo multicanale con elettrodi comuni in acciaio inox, rame o ottone per gli strumenti con elettronica totalmente interna alla macchina.

La potenza immessa dal trasmettitore dovrà essere commisurata alla profondità massima da raggiungere.

In ogni caso di norma l’errore tra gli stacks impostati (min 3) non dovrà superare l’1%.

Infine la strumentazione dovrà consentire l’impostazione di almeno 4 finestre temporali per la misura della caricabilità (PI).

La tomografia elettrica potrà essere eseguita con una configurazione elettrodica adeguata agli scopi del lavoro (Wenner, Dipolo-dipolo, Schlumberger o altra): in particolare la scelta del dispositivo elettrodico da utilizzare dovrà essere operata in funzione dell’obiettivo dell’indagine e del contesto di lavoro (ad es. urbano o aperta campagna). Di norma i dispositivi Wenner e Wenner- Schlumberger sono più adatti ad evidenziare variazioni verticali, il dispositivo Dipolo-dipolo è più adatto ad evidenziare variazioni laterali ma presenta un rapporto segnale/rumore più sfavorevole, il dispositivo Polo-dipolo presenta un rapporto segnale/rumore migliore e consente inoltre di scendere più in profondità, il dispositivo del gradiente multiplo risulta un buon compromesso tra capacità risolutiva sia in senso laterale che verticale e rapporto segnale/rumore comparabile ai dispositivi Wenner e Schlumberger.

I picchetti da infiggere nel terreno saranno generalmente di acciaio inox e dovranno assicurare un buon contatto con il terreno, in ogni caso le resistenze di contatto agli elettrodi dovranno essere verificate prima di iniziare le misure e mantenute tra loro omogenee e le più basse possibili.

Dovranno comunque essere utilizzati stendimenti base composti minimo da 32 elettrodi equispaziati regolarmente lungo il profilo da indagare, con passo che potrà essere compreso tra 0,5 e 4 metri in funzione del dettaglio e della profondità dell’indagine. Le dimensioni degli elettrodi dovranno variare in funzione delle distanze interelettrodiche in maniera tale da ricadere sempre nella condizione di sorgente puntiforme in relazione all’estensione dello stendimento. In

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

particolare la profondità di indagine prevista sarà calcolata considerando un rapporto di circa 5 a 1 tra lunghezza stendimento e profondità.

Il ricoprimento tra due basi contigue verrà acquisito secondo la modalità del “roll along”, ripetuta secondo passo regolare con spostamenti successivi di una porzione (1/3 o 1/4) dello stendimento iniziale.

Ove non sia disponibile adeguata cartografia di base (scala 1:1.000 o 1:2.000), la posizione degli elettrodi dovrà essere oggetto di adeguato rilievo plano-altimetrico.

2.2.2.3 *Presentazione dei risultati*

Per ogni profilo elettrico dovranno essere forniti i tabulati delle misure, i parametri geometrici e le quote dei picchetti.

Dovrà essere effettuato un filtraggio dei dati che presentano un basso rapporto segnale/rumore, elevata deviazione standard.

Dovrà essere presentata una restituzione grafica della distribuzione bidimensionale (pseudosezione) dei dati di resistività apparente (R_o) con evidenziati i singoli punti di misura, della resistività (o caricabilità) calcolata (modello di resistività dopo l'inversione dei dati) con illustrazione dei parametri di inversione adoperati.

Dovrà essere fornita indicazione del software utilizzato sia per l'analisi che per l'inversione dati.

Dovrà essere fornita indicazione dei valori di resistività (o di caricabilità) attribuiti alle formazioni geologiche incassanti ed ai volumi contaminati nell'interpretazione dei risultati.

2.2.3 **Indagini G.P.R. (Georadar)**

La metodologia geofisica G.P.R. (Ground Penetrating Radar) permette di investigare sulla struttura e sulla composizione del sottosuolo attraverso l'analisi delle riflessioni di onde elettromagnetiche ad alta frequenza trasmesse nel terreno.

Il sistema G.P.R. trasmette nel terreno impulsi elettromagnetici di una determinata frequenza tramite un trasduttore (antenna). L'impulso si propaga verticalmente nel terreno con una certa velocità; quando incontra un'interfaccia (superficie di contatto tra due materiali diversi) parte dell'impulso viene riflessa verso la superficie e ricevuta in superficie dall'antenna. In base al tempo di arrivo degli impulsi riflessi ed al valore stimato di alcune proprietà fisiche del substrato, il sistema elabora una stima delle profondità delle interfaccia rilevate.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

Le proprietà fisiche dei materiali che governano la propagazione delle onde elettromagnetiche sono la *costante dielettrica* e l'*attenuazione*.

La costante dielettrica relativa è un parametro adimensionale che esprime il rapporto tra la velocità degli impulsi elettromagnetici nel vuoto e nel materiale in oggetto. La conoscenza della costante dielettrica relativa è essenziale ai fini interpretativi in quanto permette di calcolare la profondità di una superficie riflettente.

L'attenuazione esprime invece la diminuzione dell'intensità del segnale per unità di lunghezza percorsa all'interno del materiale. Essa può essere considerata una funzione complessa della *conducibilità elettrica*, un'altra caratteristica fisica dei materiali, ed è espressa in dB/m. In generale è possibile affermare che la profondità di indagine massima ottenibile in un determinato materiale dipende dal suo valore di attenuazione. Valori elevati si hanno per i materiali caratterizzati da elevati valori di conducibilità elettrica, quali limi, argille, materiali cristallini solubili, metalli e acque saline; valori bassi sono invece caratteristici di rocce cristalline, ghiaie, sabbie e acque demineralizzate.

I materiali caratterizzati da elevati valori di attenuazione limitano in modo determinante la profondità di indagine; nelle argille plastiche, ad esempio, essa è ridotta a pochi centimetri e nei metalli è praticamente nulla. Per contro, i materiali ad elevato valore di attenuazione sono ottimi bersagli, in quanto riflettono buona parte della radiazione incidente. Risoluzione e profondità di indagine dipendono anche dalla frequenza delle onde elettromagnetiche utilizzate. In linea di massima, al crescere della frequenza si ha un aumento della risoluzione ed una diminuzione della profondità investigabile. Le frequenze normalmente utilizzate sono comprese tra 100MHz e 2GHz. Generalmente si adottano frequenze standard di 250 MHz, 500 MHz e 1GHz, in ordine crescente di risoluzione e decrescente di profondità di indagine ottenibili.

2.2.3.1 Ubicazione delle indagini

Le indagini Georadar dovranno estendersi sull'area da investigare seguendo profili paralleli e ortogonali tra loro. Il numero dei profili dovrà essere congruo all'estensione dell'area da investigare e programmato in funzione della distribuzione delle altre indagini geofisiche.

Le raccomandazioni da eseguire per le prospezioni georadar sono quelle previste dalla ASTM D6432-99 (REV 2005) *“L'ambito areale delle indagini Georadar deve essere più esteso dell'area di stretto interesse in modo tale che le misure vengano acquisite in entrambi i lati del*

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

contorno e al di sopra dell'area stessa. Le linee d'indagine (strisciate radar) devono essere effettuate sul sito di interesse. È importante definire la perpendicolarità e il parallelismo delle strisciate. Queste devono essere orientate perpendicolarmente a qualsiasi oggetto lineare (serbatoi interrati, condutture, faglie e fratture del terreno, canali sepolti, trincee di scavo) che si vuole intercettare lungo lo sviluppo delle indagini. La spaziatura tra le strisciate deve essere regolata in funzione delle dimensioni dell'oggetto ricercato”.

2.2.3.2 Modalità esecutive

Una sezione G.P.R. si effettua ripetendo il ciclo di trasmissione e ricezione innumerevoli volte spostando progressivamente l'antenna lungo una direzione prefissata; il programma di elaborazione provvede ad accostare opportunamente le tracce dei segnali ricevuti. Il risultato è un profilo (o sezione) in cui i segnali appaiono in varie tonalità di colore (o di grigio), in funzione della loro intensità. Per effettuare un profilo esistono due differenti tecniche operative: la metodologia in dominio di tempo e quella in dominio di spazio. Esse differiscono tra loro per le modalità con cui viene effettuata la ripetizione del ciclo trasmissione/ricezione dell'impulso radar.

Nei profili in dominio di tempo gli impulsi radar vengono emessi ad intervalli di tempo costanti (da 1 a 100 ms). L'operatore deve in questo caso muovere l'antenna sulla superficie da investigare, lungo una determinata direzione, mantenendo una velocità costante. Soltanto così sarà possibile, in fase di interpretazione, associare la posizione di un riflettore individuato sulla sezione G.P.R. alla reale posizione sul terreno.

Nelle sezioni G.P.R. in dominio di spazio l'intervallo tra gli impulsi è regolato in funzione della posizione. I georadar in grado di operare in dominio di spazio si avvalgono di un trasduttore di posizione, mediante il quale il sistema tiene conto dello spazio percorso dall'antenna. L'emissione degli impulsi radar viene effettuata ogniqualvolta il sistema rileva che l'antenna (spinta dall'operatore) ha percorso una determinata lunghezza (da 10 mm a 1 m). In questo modo l'operatore può spostare l'antenna più o meno velocemente, fermarsi e ripartire senza che ciò si ripercuota sull'accuratezza della sezione. Le sezioni G.P.R. in dominio di spazio offrono, ovviamente, una precisione molto più elevata nella localizzazione dei riflettori in senso longitudinale.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

Una sezione G.P.R. esprime l'intensità degli impulsi riflessi dal substrato in funzione del tempo di arrivo e della posizione sulla superficie. Come si è detto, la sezione è di fatto il risultato della giustapposizione di molteplici cicli di trasmissione e ricezione degli impulsi radar; le diverse tonalità di colore (o di grigio) sono funzione dell'intensità della radiazione riflessa. L'interpretazione delle forme risultanti dalle diverse colorazioni delle sezioni G.P.R. è una operazione piuttosto complessa, che deve tenere conto sia delle diverse velocità di propagazione dei materiali attraversati, sia della geometria del lobo di emissione delle onde elettromagnetiche inviate nel terreno. Le antenne utilizzate da molti G.P.R. sono direzionali, ovvero emettono secondo una direzione preferenziale. La geometria del lobo di emissione è assimilabile ad un tronco di cono, più o meno serrato, che si apre verso il basso. Di conseguenza, le radiazioni possono intercettare bersagli che non sono posti esattamente lungo la verticale; i loro riflessi giungeranno con maggiore ritardo (a fronte di un tragitto più lungo) e appariranno più profondi. Un esempio tipico di tale effetto è la forma ad iperbole mostrata in corrispondenza di piccoli riflettori (ad esempio tubi tagliati trasversalmente, armature metalliche, ciottoli), i cui rami ascendente e discendente sono i riflessi registrati prima e dopo il passaggio dell'antenna sulla verticale del bersaglio. I corpi estesi lateralmente (oggetti di grandi dimensioni, stratificazioni, fratture, ecc.) risentono in maniera minore dell'effetto del cono di trasmissione e mostrano nei profili una forma più prossima a quella reale.

E' dunque possibile, con una certa esperienza, fornire un'interpretazione sufficientemente precisa delle anomalie radar individuate dalla sola osservazione delle sezioni. L'interpretazione di anomalie di forma complessa o la determinazione esatta delle profondità degli obiettivi richiedono un approccio diverso. In questi casi è utile ricorrere alla migrazione delle sezioni, un metodo di analisi normalmente utilizzato nella sismica a riflessione che, tenendo conto della velocità di propagazione delle onde nei diversi materiali incontrati e della geometria del lobo di emissione dell'antenna, permette di ricondurre le riflessioni alla loro effettiva posizione sulla sezione.

2.2.3.3 *Presentazione dei risultati*

Per ogni traccia eseguita dovrà essere restituito il risultato dell'indagine tramite radargramma. Dovrà essere indicato il software utilizzato. Tutti i profili dovranno essere riportati su planimetria di dettaglio con numero identificativo e verso di acquisizione.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

Sulla stessa saranno inoltre indicate le anomalie riscontrate distinte per presunta tipologia e profondità.

2.3 Indagini di gas nel suolo

Il campionamento dei gas del suolo è necessario per la mappatura preliminare della contaminazione nel terreno e nelle acque sotterranee e per il monitoraggio della tenuta dei serbatoi sotterranei.

Nell'area di indagine sarà eseguita una campagna di Soil Gas Survey per effettuare uno screening preliminare dello stato di eventuale contaminazione da gas, ed in particolare da biogas (CH_4 , CO_2 , O_2), idrocarburi in fase vapore e VOC.

La concentrazione dei gas quali O_2 e CO_2 , se confrontata con quella dei gas atmosferici o dei gas in aree non contaminate, fornisce indicazioni sia sul grado ed estensione della contaminazione, sia sull'eventuale biodegradazione naturale in atto.

Il campionamento consiste nell'inserimento di un campionatore nel suolo, generalmente tubi fessurati, fino alla profondità desiderata e comunque sopra il livello della falda in modo da rimanere entro il terreno insaturo. I tubi possono essere direttamente infissi nel terreno o inseriti all'interno di aste cave che vengono successivamente rimosse. L'infissione avviene in entrambi i casi a secco.

Le indagini potranno essere effettuate attraverso strumentazione portatile di facile utilizzo come per esempio fotoionizzatore portatile da campo PID con range di misura 0-2000 ppm_v o 0-4000 ppm_v (VOC), rilevatore multi gas dotato di sensori all'infrarosso e catalitico (CH_4 , CO_2 , O_2), pompe di rilevamento gas dotate di fiale colorimetriche per la determinazione di idrocarburi volatili (es. sistema Drager).

I punti di indagine dei gas dovranno essere disposti secondo una griglia centrata nell'area che si suppone contaminata. Le sonde vengono quindi posizionate ai nodi della griglia. E' possibile effettuare più misure per ogni punto, a diverse profondità, per determinare la distribuzione verticale dei contaminanti e la disponibilità di ossigeno.

Le indagini saranno effettuate rispettando i seguenti criteri:

- tutte le indagini condotte sui gas del sito devono eseguire identiche procedure;

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

- il campionamento deve essere completato nel minor tempo possibile (ore, giorni) per minimizzare l'influenza delle variazioni climatiche (temperatura, umidità, pressione atmosferica, pioggia) sulla concentrazione dei gas nel suolo;
- si devono attuare procedure di decontaminazione del materiale di campionamento;
- la tubazione entro cui fluisce il gas dal terreno al contenitore, o allo strumento di misura, deve essere priva di umidità e di aria mediante spurgo prima del campionamento;
- se si campiona direttamente dalle aste cave di perforazione assicurarsi della tenuta dei giunti;
- lo spazio anulare tra il foro e l'equipaggiamento di perforazione deve essere sigillato in superficie con bentonite o materiali simili;
- è necessario il prelievo di campione di bianco per valutare la bontà delle procedure di decontaminazione e di campioni in doppio per la riproducibilità del dato.

Al termine delle indagini tutti i fori eseguiti saranno opportunamente ritombati.

2.3.1 Presentazione dei risultati

I dati ottenuti dalla campagna d'indagine dovranno essere riportati su cartografie, di idonea scala, in grado di rappresentare la distribuzione areale della contaminazione tramite linee di isoconcentrazione che evidenzino le aree di maggiore presenza di contaminante.

2.4 Esecuzione di scavi superficiali

Gli scavi superficiali verranno eseguiti con lo scopo di accertare lo stato dei terreni, individuando qualitativamente e quantitativamente le eventuali contaminazioni residue presenti nelle porzioni superficiali. Consentiranno, inoltre, di verificare la presenza di sottoservizi e di corpi interrati, preliminarmente all'esecuzione dei sondaggi.

La realizzazione avverrà con escavatore munito di benna a cucchiaio rovescio e lo scavo potrà essere spinto fino ad una profondità di $4 \div 4,5$ m dal piano campagna.

Durante l'esecuzione dello scavo verrà effettuato il riconoscimento della litologia dei terreni scavati rivolgendo particolare attenzione alla diagnosi della contaminazione da VOC. A tal fine verranno prelevati più campioni di terreno, sui quali sarà eseguita l'analisi dello spazio di testa (HSA) per la determinazione dei composti organici volatili mediante fotoionizzatore PID.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

Il materiale estratto sarà accumulato sopra un telone impermeabile, ad una distanza dalle pareti dello scavo sufficiente a permettere il proseguimento dello stesso ed il prelievo di campioni in condizioni di sicurezza.

I campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio saranno prelevati dalle pareti e dal fondo dello scavo qualora siano state garantite le condizioni di sicurezza e la stabilizzazione delle pareti altrimenti saranno prelevati dal materiale scavato.

E' necessario predisporre un'area delimitata per la decontaminazione delle attrezzature. Tutto il macchinario venuto in contatto con il materiale potenzialmente contaminato sarà lavato e pulito (con acqua in pressione e getti di vapore acqueo) prima di essere utilizzato per lo scavo successivo.

Le acque di lavaggio saranno raccolte, analizzate ed avviate a smaltimento, ai sensi della normativa vigente.

Al termine delle operazioni ogni scavo sarà documentato da fotografie e ritombato con materiale di cui deve essere certificata la provenienza.

2.5 Perforazione di sondaggi

L'ubicazione dei sondaggi e la profondità di campionamento deve essere pianificata attraverso lo studio di aspetti quali: morfologia, geologia, idrogeologia, indizi sulla presenza di contaminazione, presenza di percorsi favorevoli alla migrazione del contaminante, presenza di eventuali bersagli.

In linea generale è opportuno che i sondaggi siano limitati alla zona insatura se finalizzati esclusivamente al prelievo di campioni di terreno per la caratterizzazione della contaminazione. Se finalizzati anche all'installazione di piezometri saranno estesi fino alla base dell'acquifero. Qualora lo spessore del sottosuolo insaturo non sia noto o stimabile in partenza, è possibile effettuare tale valutazione direttamente in fase di indagine. In ogni caso la perforazione non dovrà essere spinta oltre 1 metro all'interno della litologia impermeabile di base in modo da garantire la protezione delle matrici ambientali più profonde e scongiurare la possibilità di commistione tra le acque di corpi idrici sotterranei sovrapposti.

Il numero e l'ubicazione dei punti di indagine dipende in generale dall'estensione delle potenziali sorgenti valutata nel modello preliminare, dall'individuazione di zone di criticità, dai risultati della campagna di indagini indirette (prelievo di gas interstiziale del suolo, indagini

 <p>ARPA LAZIO AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</p>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

geofisiche, ecc.) e dalle prescrizioni degli Enti di controllo. In funzione delle dimensioni totali del sito da caratterizzare devono essere previsti un numero adeguato di punti di indagine per una caratterizzazione ottimale delle matrici ambientali.

In riferimento ai criteri per l’ubicazione dei sondaggi, qualora si abbiano informazioni storiche o impiantistiche esaustive del sito, tali da consentire l’individuazione delle più probabili fonti di contaminazione e delle aree più vulnerabili, si potranno utilizzare metodi di carattere ragionato. Viceversa, si potrà applicare il criterio sistematico (casuale o statistico) nei siti le cui dimensioni o la scarsità di informazioni storiche e impiantistiche non permettano di ottenere una adeguata caratterizzazione preliminare.

I criteri su citati possono essere utilizzati in modo complementare in funzione della complessità del sito.

I sondaggi saranno eseguiti mediante carotaggio continuo a rotazione con carotiere $\varnothing=101$ mm di lunghezza 1 metro.

Le operazioni dovranno essere effettuate avendo cura di:

- verificare, prima dell’inizio delle attività, che la macchina perforatrice non presenti perdite di olio idraulico, in particolare dal dispositivo delle morse, e che le filettature del carotiere e delle aste vengano lubrificate solo ed esclusivamente con oli e grassi di natura animale o vegetale;
- l’avanzamento del carotiere avvenga “a secco”, cioè senza l’ausilio di fluidi di perforazione che andrebbero ad alterare la natura del campione dilavando eventuali contaminanti, con basse velocità di rotazione del campionatore per evitare fenomeni di surriscaldamento del terreno e di volatilizzazione dei composti organici limitando al minimo l’attrito tra suolo e attrezzo campionatore;
- procedere nella perforazione sostenendo sempre le pareti del perforo mediante una tubazione di rivestimento provvisoria (camicia di acciaio), approfondendo il rivestimento man mano che avanza la perforazione, in modo da mitigare l’eventuale migrazione del contaminante a livelli inferiori;
- utilizzare il carotiere sezionabile o “*a libro*” comunemente chiamato *T1* (diametro di 101 mm - lunghezza 1m);

 <p>ARPALAZIO AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</p>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
--	--	--

- segnalare e registrare sul giornale di campo ogni venuta d’acqua del foro, specificando la profondità e quantificando l’entità del flusso;
- eseguire misure del livello piezometrico in corrispondenza delle più significative variazioni litologiche al fine di rilevare eventuali variazioni di livelli idrici;
- nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne; registrare il livello piezometrico anche il giorno successivo alla ripresa delle operazioni di perforazione;
- sigillare con miscela di cemento e bentonite tutte le perforazioni che non saranno completate con tubi piezometrici.

Tutta l’attrezzatura di perforazione sarà lavata con idropulitrice a vapore prima dell’inizio delle indagini, tra un sondaggio e l’altro per evitare contaminazioni indotte, e prima di lasciare il sito. In tutte le operazioni di decontaminazione sarà utilizzata acqua in pressione e getti di vapore acqueo.

Per la decontaminazione delle attrezzature deve essere predisposta un’area delimitata e impermeabilizzata con teli.

Le acque di lavaggio saranno raccolte, analizzate ed avviate a smaltimento, ai sensi della normativa vigente.

Laddove il sondaggio intercetti due livelli acquiferi sovrapposti, sarà posta la massima cura nel sigillare con miscela bentonitica il tratto di foro che interessa il livello impermeabile posto fra i due acquiferi.

L’estrazione della carota deve avvenire con la massima accortezza: svitando i blocchi, il carotiere T1 si apre in due e la carota può essere estratta e depositata direttamente nella cassetta catalogatrice; in questo modo le alterazioni sono ridotte al minimo, soprattutto nel caso di terreni sciolti o scarsamente addensati, i quali pur sgretolandosi mantengono la loro correlazione verticale.

Se su esplicito consenso dell’Ente di controllo presente in campo, per motivi del tutto eccezionali venisse utilizzato il carotiere semplice, l’estrusione delle carote dovrà avvenire senza l’ausilio di fluidi, utilizzando una delle seguenti tecniche:

 <p>ARPALAZIO AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</p>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
--	---	--

- *percussione*: il carotiere viene colpito ripetutamente con un martello. Questa tecnica riduce sensibilmente la rappresentatività del campione, in quanto nel caso di terreni sciolti o non addensati (sabbie, sabbie limose, ecc.) il campione che fuoriesce si sgretola e si mescola non rappresentando in maniera corretta lo stato puntuale della contaminazione;
- *spinta meccanica*: la carota viene estrusa utilizzando una pressione meccanica a partire dalla “testa” del carotiere tramite un pistone. E’ più efficace della precedente poiché la fuoriuscita del campione è più omogenea e le caratteristiche fisiche della carota non subiscono particolari variazioni;
- *spinta ad aria*: la carota viene spinta all’esterno utilizzando l’aria del compressore della sonda, immessa attraverso una valvola collegata al raccordo che unisce il carotiere alle aste. E’ una tecnica poco efficace, in quanto la spinta dell’aria non sempre è sufficiente per estrarre il campione.

La qualità e la rappresentatività della carota di terreno, dalla quale verrà prelevato il campione, dipende, oltre che dal tipo di carotiere utilizzato, anche dalle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni attraversati. Terreni scarsamente addensati e poco coesivi tendono infatti a disgregarsi durante la fase di estrazione.

Qualora nel corso della perforazione fosse previsto il prelievo di campioni da inviare a laboratorio geotecnico per le determinazioni fisiche, l’operazione di avanzamento del carotiere dovrà essere interrotta alla profondità desiderata per consentire il prelievo di campioni indisturbati tramite campionatori a pareti sottili infissi a pressione/percussione in modo da ottenere campioni con classe di qualità non inferiore a Q4 (AGI, 1977).

Le carote estratte nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo saranno riposte in apposite cassette catalogatrici contrassegnate con la sigla del sondaggio; all’interno delle cassette catalogatrici dovrà anche essere segnalata la mancanza degli spessori di carota relativi ai campionamenti effettuati con fustella.

Si procederà quindi al campionamento e alla descrizione della stratigrafia. Infine le cassette catalogatrici saranno fotografate, sigillate e conservate all’interno del sito, a disposizione per eventuali futuri rilievi.

Tutte le operazioni di perforazione saranno coordinate da un geologo, che redigerà la stratigrafia intercettata segnalando la presenza di livelli contaminati.

 <p>ARPA LAZIO AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</p>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

In caso di pioggia le operazioni di prelievo possono essere eseguite solo nel caso si assicuri una adeguata protezione delle attrezzature e delle aree su cui sono disposti i campioni. È necessario, infatti, garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche.

2.6 Test HSA (*Head Space Analysis*)

I test mediante tecnica HSA sono finalizzati alla quantificazione dei composti organici volatili contenuti in un campione di terreno o di acqua. Vengono eseguiti ponendo la porzione di terreno in un contenitore di capacità 500 ml in cui viene quindi lasciato un volume d'aria pari a circa il 50% del volume totale. Chiuso il contenitore, si lascia riposare il campione per portarlo a temperatura ambiente, quindi si agita per favorire l'evaporazione dei VOC presenti. I gas liberati nello spazio di testa vengono misurati forando il contenitore e inserendo lo strumento di misura costituito da fotoionizzatore portatile da campo PID con range di misura 0-2000 ppm_v o 0-4000 ppm_v; nell'eventualità in cui sia necessario misurare concentrazioni superiori al fondo scala dell'analizzatore si potrà ricorrere a strumenti che permettono la diluizione controllata del gas estratto.

2.7 Realizzazione di piezometri

L'ubicazione dei piezometri di monitoraggio e le loro caratteristiche costruttive devono tenere conto sia del modello idrogeologico, sia delle caratteristiche della contaminazione.

Almeno un piezometro per ciascun acquifero considerato dovrà essere installato immediatamente a monte idrogeologico del sito, definito sulla base dei dati bibliografici o di indagini pregresse, in modo da costituire il valore di riferimento delle acque sotterranee "in ingresso" nell'area oggetto di indagine ed almeno uno per ciascun acquifero considerato dovrà essere localizzato immediatamente a valle idrogeologica, in modo da verificare le caratteristiche delle acque di falda "in uscita" dal sito.

Allo scopo di definire la geometria dell'acquifero e la direzione prevalente del flusso idrico sotterraneo delle singole falde sarà necessario realizzare almeno un terzo piezometro in aggiunta ai precedenti.

Il numero e l'ubicazione dei piezometri deve comunque permettere una ottimale definizione del modello idrodinamico dell'acquifero e la caratterizzazione dello stato ambientale delle acque sotterranee.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

La profondità dei piezometri dovrà essere tale da raggiungere il substrato impermeabile del primo acquifero intercettato, attestandosi al suo interno non oltre un metro.

In caso di falde sospese i piezometri dovranno essere realizzati secondo modalità da concordarsi con gli Enti di controllo.

Al termine della perforazione, raggiunta la profondità di progetto, si procederà all'alesaggio del foro il cui diametro sarà deciso in corso d'opera sulla base della granulometria dell'acquifero attraversato e comunque non dovrà essere inferiore a 168 mm.

Il foro sarà completato con una tubazione in HDPE o PVC pesante del diametro nominale di 4". La tubazione sarà microfessurata, con aperture definite in funzione della granulometria effettiva dell'acquifero da filtrare.

La quota di posizionamento del tubo cieco e della porzione filtrante sarà stabilita in funzione dei risultati della perforazione. La porzione filtrante deve permettere di filtrare tutta la zona satura, estendendosi comunque, in considerazione dell'entità delle fluttuazioni del livello piezometrico nella zona insatura per almeno un metro. Applicare nel tratto fessurato una calza di tessuto non tessuto. La parte basale del piezometro sarà realizzato con tubo cieco da attestare all'interno della litologia impermeabile di base e sarà chiusa con un tappo filettato.

Nello spazio anulare tra la tubazione e il foro sarà realizzato un dreno costituito da ghiaietto siliceo lavato e calibrato fino a 100 cm al di sopra del tratto fessurato, il diametro del dreno sarà stabilito in corso d'opera sulla base della granulometria effettiva dell'acquifero da filtrare.

Al fine di evitare l'infiltrazione delle acque superficiali, al di sopra del dreno, dovrà essere messo in opera un tappo impermeabile di bentonite per lo spessore di 0,5 m e successivamente si procederà al riempimento dell'intercapedine fino alla superficie con miscela di cemento e bentonite.

Si procederà alla sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente. E' necessario marcare in modo indelebile sulla tubazione, sul coperchio del chiusino e su un segnale fissato in vicinanza il numero identificativo del piezometro e la quota della testa tubo espressa in m s.l.m. con precisione centimetrica.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

Tutti i pozzetti di monitoraggio delle acque sotterranee dovranno essere georeferenziati e, per ogni piezometro, dovrà essere esplicitamente indicato l'intervallo di profondità della porzione filtrante.

Al termine della posa in opera e dell'esecuzione delle cementazioni sarà necessario effettuare il cosiddetto sviluppo del piezometro per assicurare una corretta connessione idraulica con l'acquifero. Ogni piezometro sarà sviluppato con “air lift”, avendo cura di interessare l'intero tratto finestrato per favorire l'assestamento del filtro.

L'acqua prodotta durante le operazioni di sviluppo del piezometro deve essere raccolta e smaltita in accordo con la normativa vigente in materia di rifiuti.

Tutte le perforazioni che non saranno completate a piezometro dovranno riempirsi con miscela di cemento e bentonite fino al raggiungimento del piano campagna per evitare l'infiltrazione nel sottosuolo di eventuali acque di scorrimento superficiale.

E' necessario compilare una scheda monografica che descriva le caratteristiche dei piezometri.

2.8 Prove di permeabilità in sito

Durante l'esecuzione dei sondaggi si dovrà valutare la permeabilità degli orizzonti di terreno attraversati. Il tipo e le modalità esecutiva della prova sono da determinare sia in funzione del tipo di terreno, per cui è necessaria una preliminare conoscenza stratigrafica, sia della precisione desiderata e della pressione di prova che si intende raggiungere. Le più usuali prove eseguite in fori di sondaggio sono:

- prove tipo **LEFRANC**, che permettono di determinare la permeabilità di terreni al fondo di fori di sondaggio al di sopra o al di sotto del livello della falda;
- prove **LUGEON** che consentono di valutare la permeabilità o la fratturazione di formazioni rocciose.

Le prove Lefranc dovranno essere eseguite a diverse profondità, interrompendo periodicamente la perforazione per l'esecuzione della prova e realizzando ogni volta una sezione filtrante al fondo del foro, sollevando per una lunghezza prestabilita la colonna di rivestimento o eseguendo un tratto di perforazione sotto la scarpa della colonna stessa. Tutto il tratto di foro non interessato dalla prova dovrà essere rivestito con una tubazione e particolare cura sarà posta ad evitare la risalita di acqua all'esterno del tubo di rivestimento, ad esempio mediante la posa in

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

opera di un otturatore (*packer*) pneumatico atto ad isolare la cavità di prova immediatamente sotto la scarpa del rivestimento.

Le prove potranno essere condotte:

- a) a carico idraulico costante, mantenendo fisso il livello dell'acqua immessa nel tubo di rivestimento e misurando la portata di regime;
- b) a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un temporaneo innalzamento (o anche abbassamento, per prove eseguite al di sotto della falda acquifera) riempiendo il foro d'acqua (o emungendo acqua dalla falda).

Nel caso che il terreno interessato dalla cavità filtrante tenda a franare o a rifluire, sarà necessario adottare particolari provvedimenti per la creazione della cavità di prova, procedendo ad esempio come segue:

- 1) rivestendo il foro fino al fondo con tubazione provvisoria;
- 2) immettendo a fondo foro della ghiaia pulita (o comunque materiale granulare a permeabilità decisamente superiore a quella del terreno da provare);
- 3) sollevando di qualche decimetro la colonna di rivestimento, curando che la base di questa non risalga mai al di sopra dello strato di ghiaia immessa.

Le prove Lugeon sostituiranno le precedenti qualora le litologie attraversate presentino caratteristiche di roccia litoide con vario grado di fratturazione. Tali prove verranno effettuate immettendo acqua in pressione su tratti prestabiliti di sondaggio per valutare la permeabilità di ammassi rocciosi in termini di assorbimento di acqua nell'unità di tempo, in funzione della pressione di prova e della lunghezza del tratto di foro interessato.

La permeabilità della roccia così misurata viene espressa in unità Lugeon, pari alla permeabilità di un ammasso roccioso che assorbe 1 litro di acqua al minuto per ogni metro di foro, con una pressione di prova di 10 atm. In generale se ne ricava un indice del grado di fratturazione; solo nel caso di mezzo omogeneo ed uniforme (roccia porosa, diffusamente microfessurata o con fratture molto ravvicinate) i risultati della prova possono essere tradotti nel coefficiente di permeabilità, se si realizza un flusso laminare a regime intorno al tratto di foro in esame.

Le prove potranno essere realizzate durante l'avanzamento della perforazione del sondaggio, isolando successivamente le sezioni da provare (di lunghezza massima pari a 5 m) con due

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

otturatori, uno alla sommità ed uno alla base della sezione stessa. Particolare cura sarà posta nella scelta e nella posa in opera degli otturatori, onde evitare perdite di acqua che potrebbero alterare anche sensibilmente i risultati, e che non sempre possono essere evidenziate.

In ogni sezione la prova sarà eseguita con diversi valori della pressione (in progressione crescente e poi decrescente) ogni volta mantenuti costanti per 10-20 minuti dopo il raggiungimento della condizione di regime (portata costante).

2.8.1 Presentazione dei risultati

Per ciascuna prova dovranno essere restituite le tabelle contenenti tutti i dati misurati ed i tempi delle letture, comprese quelle iniziali per il tempo necessario ad arrivare a condizioni di regime, le note su eventuali anomalie riscontrate, nonché gli elaborati grafici e i metodi analitici utilizzati per la stima della permeabilità.

2.9 Prove di Portata

Per determinare le caratteristiche idrodinamiche dell’acquifero e per la definizione del modello idrogeologico concettuale definitivo dovranno realizzarsi delle prove di emungimento suddivise in prove a gradini e prove di emungimento a portata costante.

Tali prove dovranno eseguirsi mediante l’utilizzo di adeguate elettropompe sommerse.

Ogni prova sarà effettuata in condizioni di falda indisturbata da almeno 24 ore, cioè in assenza di emungimenti, spurghi o apporti di acqua in falda che modifichino il livello statico nell’intorno del piezometro di prova e/o dei piezometri di osservazione.

La prova a gradini (*stepped-drawdown test*), eseguita su pozzo singolo, permetterà di valutare la curva caratteristica del pozzo, le perdite di carico, l’efficienza del pozzo e la portata sostenibile per l’esecuzione delle prove di lunga durata.

Sono consigliati tra i tre e cinque gradini di portata, ognuno con portata circa doppia del precedente. L’ultimo gradino di portata non dovrà abbattere il livello dinamico della falda al di sotto del posizionamento della pompa sommersa. In tal caso la prova dovrà ritenersi nulla e si dovranno aspettare le nuove condizioni di staticità.

L’interpretazione delle prove permetterà di determinare la portata critica di emungimento dell’opera e quindi la portata ottimale con cui eseguire la prova a portata costante.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

La prova di emungimento a portata costante consente di determinare i parametri idrodinamici dell’acquifero (trasmissività idraulica, coefficiente di immagazzinamento, fattore di fuga, anisotropia della conducibilità idraulica) compresa l’eventuale individuazione di condizioni ai limiti presenti nell’area di influenza della prova.

Tale prova dovrà essere eseguita con portata di esercizio scelta in base ai risultati delle prove a gradini.

La durata ottimale delle prove è compresa tra le 6 e le 72 ore. Sarà comunque cura del professionista incaricato di eseguire l’analisi in tempo reale delle prove, attraverso la realizzazione di grafici abbassamenti/tempo in scala semilogaritmica, stabilire con maggiore accortezza la durata dei tempi di emungimento necessari all’acquisizione dei parametri ricercati onde evitare inutili prolungamenti del pompaggio o eventuali premature interruzioni.

L’esecuzione della prova dovrà comportare il rilievo del livello statico nel piezometro da mettere in emungimento e nei piezometri ad esso prossimi prima dell’inizio del pompaggio, dei livelli dinamici negli stessi durante l’esecuzione del pompaggio e il controllo della portata mediamente ogni ora.

Le misure della portata emunta durante le prove dovranno essere eseguite mediante installazione di contatore volumetrico sulla condotta o, per portate non superiori ai 3-5 l/sec mediante recipienti graduati. Le misure piezometriche saranno eseguite tramite freatimetro o con un sistemi di acquisizione automatica con compensazione della pressione atmosferica (sensore di pressione + *data logger*).

Tutte le misure del livello piezometrico eseguite nei pozzi in pompaggio e sui piezometri dovranno, inoltre, essere riferite ad un punto stabilito (es. quota boccapozzo) chiaramente riportato nella scheda della prova di pompaggio.

L’interpretazione dei dati misurati, abbassamenti (Δ) in funzione del tempo (t), dovrà essere eseguita in maniera tale da permettere di interpretare le prove di pompaggio di lunga durata sia in regime transitorio che permanente, per acquiferi liberi o confinati utilizzando i differenti metodi (grafici ed analitici) comunemente utilizzati per tali scopi (ad es. Hantush, Theis, Walton, Neuman, Jacob e relative modifiche). Il tipo di interpretazione da utilizzare verrà deciso di volta in volta in base alle condizioni che si verificano nel corso della prova ed in base alle caratteristiche degli acquiferi sottoposti a pompaggio.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

L'acqua emunta durante le differenti prove di portata dovrà essere raccolta e, previa caratterizzazione analitica, smaltita in accordo con la normativa vigente in materia di rifiuti.

Ad integrazione delle prove di portata potranno realizzarsi test più speditivi come gli *Slug Test*. Tali prove consistono nel provocare una variazione istantanea del livello dell'acqua all'interno del piezometro, misurando poi, ad intervalli prestabiliti, il tempo necessario al ripristino delle condizioni iniziali. La variazione del livello statico si potrà ottenere per aggiunta o sottrazione istantanea di un volume noto di acqua: a parità di volume, la velocità di ripristino del livello iniziale sarà correlata alla conducibilità idraulica dell'acquifero in prova. I dati delle prove saranno elaborati secondo opportuni modelli numerici a seconda che ci si trovi in presenza di acquiferi confinati o di acquiferi liberi.

Gli *Slug Test* potranno integrare, ma non sostituire, le prove di portata descritte.

2.9.1 Presentazione dei risultati

Per ciascuna prova dovranno essere restituite le tabelle contenenti tutti i dati misurati ed i tempi delle letture, note su eventuali anomalie riscontrate, nonché gli elaborati grafici e i metodi analitici utilizzati per la determinazione della curva caratteristica del pozzo, delle perdite di carico, dell'efficienza del pozzo e della portata sostenibile per l'esecuzione delle prove di lunga durata e per la stima dei parametri idrodinamici.

2.10 Prelievo, conservazione e gestione dei campioni

Un campionamento è rappresentativo se garantisce un'accurata fotografia dello stato di contaminazione della porzione di terreno indagata, fermo restando il fine e la necessità di ricostruire la distribuzione della contaminazione del sito in esame in un determinato momento.

Tutte le operazioni che saranno svolte per il campionamento delle matrici ambientali e dei rifiuti (prelievo, formazione, trasporto e conservazione del campione) e per le analisi di laboratorio dovranno essere documentate con verbali quotidiani. Dovrà inoltre essere riportato l'elenco e la descrizione dei materiali e delle principali attrezzature utilizzate.

L'attrezzatura di prelievo dovrà essere sottoposta ad adeguata decontaminazione tra un campionamento ed il successivo per evitare fenomeni di cross-contamination.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

La composizione chimica del materiale prelevato non deve essere alterata a causa di surriscaldamento, di dilavamento o di contaminazione da parte di sostanze e/o attrezzature durante il campionamento.

In particolare, i campioni contenenti sostanze degradabili o volatili devono essere posti immediatamente in contenitori in vetro o in polietilene, tenuti chiusi, al buio ed in frigorifero; essi devono essere avviati all'analisi nel più breve tempo possibile.

I campioni di terreno, acqua e rifiuti prelevati per l'invio al laboratorio dovranno essere univocamente riconoscibili, pertanto verranno così identificati:

- sito di indagine;
- sigla identificativa del punto di indagine;
- numero progressivo del campione;
- intervallo di profondità di campionamento;
- data e ora di prelievo.

Ciascun campione prelevato sarà suddiviso in almeno due aliquote, una per l'analisi da condurre ad opera del soggetto obbligato, una per archivio a disposizione dell'Ente di controllo, sigillato a cura del responsabile del campionamento. Questa aliquota dovrà essere conservata in sito in cella frigorifera alla temperatura di circa 4° C ed adibita unicamente alla conservazione dei campioni, sino all'esecuzione delle analisi di laboratorio. L'eventuale terza aliquota, quando richiesta, sarà confezionata in contraddittorio solo alla presenza dell'Ente di controllo, sigillando il campione che verrà firmato dagli addetti incaricati, verbalizzando il relativo prelievo.

I campioni prelevati, adeguatamente etichettati, dovranno essere conservati a bassa temperatura (4° C) e al buio, quindi inviati al laboratorio entro 24 ore dal campionamento in contenitori refrigerati e insieme alla documentazione di trasmissione.

Durante le attività di perforazione e prelievo dei campioni possono verificarsi situazioni impreviste e inaspettate che determinano la necessità di aumentarne il numero, o di spostare i punti o le profondità di prelievo, scostandosi da quanto stabilito nella conferenza dei servizi, quali ad esempio:

- presenza inaspettata di sottoservizi;
- presenza di livelli di particolare interesse al passaggio tra due litologie differenti;

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

- presenza di un blocco litoide di dimensioni rilevanti che impedisce l'avanzamento del carotiere;
- presenza di livelli detritici o ghiaiosi, che non consentano il campionamento della frazione fine;
- presenza di livelli di colore o consistenza anomali.

Nel corso degli interventi di prelievo dei campioni, tutto il materiale estratto deve essere esaminato e la descrizione della stratigrafia deve essere effettuata a cura di un geologo.

Il calendario delle operazioni di carotaggio dovrà essere concordato con l'Autorità di controllo (ARPA - Provincia), al fine di consentire alla stessa, nell'ambito della programmazione delle proprie attività e delle risorse disponibili, di effettuare le operazioni di campionamento in contraddittorio funzionali alla validazione. Rimane ferma in ogni caso la possibilità da parte delle Autorità di controllo di effettuare ogni tipo di ispezione e/o accertamento necessario a verificare che le operazioni di prelievo, formazione e conservazione del campione si svolgano conformemente alla normativa vigente, ai principi delineati nel presente documento ed a quelli riconducibili alle buone pratiche operative.

2.10.1 Prelievo di campioni di suolo e sottosuolo

2.10.1.1 Campioni per laboratorio chimico

Nella formazione del campione da inviare alle analisi occorre tenere presente alcuni accorgimenti:

- maneggiare il campione con guanti puliti monouso;
- identificare e scartare materiali estranei che possono alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.);
- omogeneizzare il campione per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti (tale azione è da evitare per le analisi dei composti organici volatili);
- suddividere il campione in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura;
- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo appropriato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico-fisiche;

 <p>ARPALAZIO AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</p>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
--	--	--

- le operazioni di formazione del campione devono essere effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

I criteri adottati per il prelievo di campioni lungo il sondaggio sono volti ad ottenere la determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti in ogni strato omogeneo dal punto di vista litologico o dal punto di vista della distribuzione della possibile contaminazione.

Per il prelievo dei campioni che si succedono lungo la colonna di materiali prelevati, i criteri da adottare devono garantire:

- la determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti in ogni strato omogeneo di materiale solido;
- la separazione dei materiali che si distinguono per evidenze di inquinamento o per caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche e litologico-stratigrafiche.

Secondo quanto disposto dal D.Lgs 152/06 e s.m.i., per la determinazione della concentrazione dei contaminanti nel sottosuolo, i campioni di terreno devono essere formati in modo da risultare rappresentativi di 1 metro di sondaggio. In particolare devono essere formati tutti i campioni di terreno per l'individuazione di valori di concentrazione dei contaminanti rappresentativi in corrispondenza delle due potenziali sorgenti, suolo superficiale e profondo, per cui, in linea di massima, per ogni sondaggio saranno prelevati almeno 3 campioni rappresentativi degli intervalli:

- da 0 a –1 m dal piano campagna;
- 1 m alla base dello strato insaturo (frangia capillare);
- 1 m nella zona intermedia fra i due campioni precedenti.

Appena estratte le carote di terreno dovrà essere effettuata per ogni metro di sondaggio l'analisi in campo dello spazio di testa per la determinazione del contenuto di VOC mediante fotoionizzatore, oppure del contenuto di idrocarburi o altri composti specifici mediante fiala colorimetrica. I valori ottenuti dovranno essere riportati nella colonna stratigrafica. I risultati dovranno essere registrati e utilizzati per la scelta della formazione dei campioni più rappresentativi.

È previsto, quindi, il prelievo di ulteriori campioni in funzione di risultati dello screening effettuato con il PID, in corrispondenza di evidenze organolettiche (colore/odore) tali da far

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

supporre una contaminazione e in corrispondenza di cambi litologici con passaggi a strati a più bassa permeabilità.

In caso sia richiesta l'analisi dei componenti volatili una corretta procedura operativa consiste nell'utilizzo di un sub-campionatore (*sub-corer*) costituito da una mezza siringa in plastica priva della guarnizione in gomma, attraverso la quale viene prelevata una piccola aliquota di terreno dalla carota.

La porzione di terreno così ottenuta deve essere immediatamente trasferita all'interno di una *vial* appositamente preparata con metanolo (estrazione con metanolo) o con acqua (ripartizione in fase vapore) e chiusa con un tappo con setto in teflon. E' importante che il trasferimento nel contenitore sia rapido, al fine di esporre il campione all'aria il minor tempo possibile, riducendo il più possibile la volatilizzazione dei composti.

In relazione alla ricerca di analiti particolari (es. diossine e amianto) sarà previsto il prelievo di campioni di top soil (0-10 cm).

I campioni da inviare al laboratorio per le analisi dovranno essere privi della frazione maggiore di 2 cm da scartare in campo.

I campioni di terreno possono essere prelevati anche da trincee realizzate mediante escavatore. Le modalità di prelievo devono essere del tutto analoghe a quelle previste per i carotaggi e tali da evitare contaminazioni indotte. Particolare cura deve essere posta al rilievo fotografico dello scavo ed alla ricostruzione stratigrafica che deve essere comunque garantita. Il campionamento da trincea deve inoltre rispettare quanto previsto dalla normativa riguardante la sicurezza dei lavoratori.

Nell'esecuzione dei campionamenti di terreno e di materiali interrati occorre adottare cautele al fine di non provocare la diffusione di inquinanti, anche a seguito di eventi accidentali quali la rottura di fusti interrati o di diaframmi impermeabili.

2.10.1.2 Campioni per laboratorio geotecnico

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo, devono essere prelevati almeno 3 campioni dallo stesso sondaggio per ogni tipologia di terreno ritenuta rappresentativa di ciascuna sorgente secondaria potenzialmente coinvolta nei percorsi di esposizione (insaturo superficiale, insaturo profondo, saturo).

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

Si rimanda al successivo capitolo 5 per l'elenco dei parametri da determinare nell'applicazione dell'Analisi di Rischio.

2.10.2 Prelievo di campioni di acqua

Il prelievo dei campioni d'acqua sarà preceduto dalla misura del livello statico della falda e dal rilevamento, mediante apposita sonda d'interfaccia, dell'eventuale presenza e spessore di sostanze non miscibili con l'acqua (surnatante).

Il campionamento dovrà essere eseguito non prima di due settimane dall'avvenuto sviluppo del pozzo.

Prima del prelievo d'acqua sotterranea si dovrà procedere allo spurgo dell'acqua presente nel pozzo di monitoraggio, che non costituisce una matrice rappresentativa della qualità delle acque sotterranee per la quale si procede al campionamento stesso. I piezometri dovranno essere adeguatamente spurgati (con bailers o con pompe a bassa portata) per un tempo non inferiore al ricambio dei 3-5 volumi di acqua contenuta all'interno del punto di presa. In alternativa, si può effettuare l'emungimento fino all'ottenimento della stabilizzazione dei parametri chimico-fisici (ossigeno disciolto, conducibilità elettrica, pH, temperatura, potenziale redox). Lo spurgo, a differenza dello sviluppo, deve farsi a basso flusso (alcuni l/min), in modo da non condizionare lo stato dell'acquifero nell'intorno del punto di presa. Inoltre, è necessario l'utilizzo della cella di flusso e di una sonda multiparametrica.

Per il prelievo dei campioni saranno utilizzate pompe a bassa portata (elettropompe sommerse o pompe peristaltiche). Il prelievo verrà effettuato monitorando in continuo i principali parametri chimico-fisici (pH, potenziale redox, temperatura, ossigeno disciolto e conducibilità) e il campione sarà prelevato alla stabilizzazione di tali parametri. Qualora si sia in presenza di acquiferi poco produttivi o di fase separata si potrà effettuare il campionamento statico con prelievo tramite appositi campionatori monouso in polietilene (bailers), ed evitare di spurgare fino al prosciugamento del pozzo. Il campionamento statico è utile per verificare la presenza in fase separata di sostanze non miscibili e/o per prelevare campioni a diverse profondità nel tratto filtrato.

Prima di iniziare il riempimento dei recipienti destinati a ciascun campione, compreso il tappo, questi devono essere “avvinati”, ossia sciacquati alcune volte (almeno tre) con il fluido proveniente dal piezometro.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

La quantità di acqua da campionare è dipendente dal numero e dal tipo di parametri da analizzare, e comunque è sempre opportuno prelevare non meno di 2 litri di acqua in due contenitori diversi da 1 litro di capacità cadauno.

All'atto del prelievo del campione va posta molta cura nell'eliminare le eventuali bolle d'aria presenti, a tal fine si deve riempire il contenitore fino ad ottenere sul bordo dello stesso il menisco del fluido da campionare.

Nel caso sia necessario valutare la presenza di composti volatili si deve far uso di opportune fiale da 20 cc con setto siliconico (vials).

Qualora sia rinvenuto nei piezometri del prodotto surnatante in fase libera, si dovrà procedere alla misurazione dello spessore di tale fase mediante sonda ad interfaccia ed il campionamento selettivo del prodotto dovrà essere condotto attraverso l'utilizzo di strumentazione che eviti il trascinarsi dell'inquinante in profondità. Sui campioni prelevati saranno condotti i necessari accertamenti di laboratorio finalizzati alla loro caratterizzazione per determinarne se possibile l'origine.

La scelta del contenitore in cui riporre il campione va effettuata in funzione delle caratteristiche dell'inquinante. Nei casi di inquinanti organici sono da utilizzarsi contenitori in vetro scuro a chiusura ermetica; per i campioni destinati alla ricerca di metalli sono più indicati contenitori in polietilene.

Le acque emunte non utilizzate per la formazione del campione saranno analizzate ed avviate a smaltimento ai sensi della normativa vigente.

2.10.3 Prelievo di campioni di rifiuto/materiali di riporto

In relazione alla presenza su vaste aree di tali materiali la fase di caratterizzazione dovrà permettere di acquisire sia un quadro conoscitivo rappresentativo del reale stato di contaminazione dei materiali di riporto superficiali, sia informazioni che potranno essere utilizzate per la predisposizione dei successivi interventi di bonifica/messa in sicurezza, smaltimento o recupero.

Dovranno essere pertanto condotti dei campionamenti rappresentativi di orizzonti o porzioni di materiali che per natura, granulometria, evidenze organolettiche, risultino omogenei (ad esempio: ceneri, scorie grossolane, scorie fini, fanghi, macerie di demolizione, materiale terroso, resti ferrosi), fino a comprendere l'intero spessore dei rifiuti e/o dello strato di riporto.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

Su ogni singola porzione/orizzonte omogeneo, dovranno essere condotti dei campionamenti (e successive analisi sia come tal quale che come eluato) rappresentativi delle frazioni fini e grossolane.

I campioni di rifiuto saranno prelevati e caratterizzati secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia. Le metodiche per la preparazione del campione e l'analisi degli eluati saranno quelle previste dalla norma UNI 10802 del 2004 “Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati”.

2.10.4 Prelievo di campioni di percolato

Qualora sia presente percolato, questo sarà prelevato, se possibile, in due aliquote per ciascun campione. I campioni da analizzare dovranno essere conservati a bassa temperatura (4° C) e al buio, fino alla consegna al laboratorio che dovrà avvenire entro 24 ore dal campionamento.

3 ANALISI DI LABORATORIO

L'elenco delle determinazioni analitiche da effettuare sui campioni delle diverse matrici (suolo, sottosuolo, materiali di riporto e acque sotterranee) deve essere definito in base alle informazioni raccolte nel modello concettuale preliminare e alle prescrizioni degli Enti di controllo.

I parametri da ricercare saranno quindi stabiliti facendo un'analisi delle attività attuali e passate condotte sul sito, attraverso una ricostruzione della cronologia e della tipologia di attività anche per eventuali porzioni annesse alla proprietà in tempi successivi.

E' opportuno concordare con l'Autorità competente l'elenco completo dei metodi analitici di riferimento e delle metodiche di prelievo, identificazione, conservazione, trasporto e analisi dei campioni.

Nell'esecuzione delle analisi dovranno essere comunque rispettate le seguenti norme:

- le analisi di laboratorio devono essere eseguite nel più breve tempo possibile dal momento del prelievo;
- deve essere redatta una relazione indicando, per ogni parametro analizzato, i metodi usati e i relativi limiti di rilevabilità (i limiti di rilevabilità dovranno essere almeno 1 ordine di grandezza inferiori ai limiti tabellari previsti dalla normativa);
- i metodi di analisi dovranno essere metodi ufficiali riconosciuti a livello internazionale;

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

- devono essere effettuate sempre analisi di controllo di campioni a concentrazione nota (campioni di riferimento standard) individuando le percentuali di recupero;
- i laboratori di analisi devono essere accreditati o avere la pratica di accreditamento in corso ai sensi delle norme UNI CEI 45001, per tutte le matrici da analizzare e per tutta la catena analitica (dal prelievo alla restituzione del dato);
- un numero di campioni pari ad almeno il 10% dei campioni analizzati dovrà essere validato in laboratori di riferimento.

Per le analisi dei terreni le determinazioni in laboratorio saranno condotte sull'aliquota di granulometria passante al vaglio 2 mm e la concentrazione del campione sarà riferita alla totalità dei materiali secchi comprensiva anche dello scheletro.

3.1 Elaborazione e interpretazione dei dati analitici

I risultati delle determinazioni analitiche di laboratorio devono essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi, distinte per ciascun campione utilizzato, in cui oltre alla lista dei parametri ricercati ed ai relativi valori, vanno riportati:

- codice identificativo del campione;
- data di prelievo del campione;
- data di esecuzione delle analisi di laboratorio;
- unità di misura;
- valori normativi di riferimento per ciascuna sostanza analizzata;
- metodo di prelievo e conservazione del campione;
- metodi di trattamento e analitici utilizzati;
- limite di rilevabilità analitica strumentale.

I risultati analitici dovranno essere trasmessi agli Enti preposti, oltre che in forma di rapporto di prova analitico ufficiale del laboratorio incaricato, anche in forma tabellare su supporto cartaceo e informatico.

Tali dati dovranno essere riportati su cartografie, di idonea scala, in grado di rappresentare la distribuzione areale della contaminazione tramite linee di isoconcentrazione, che evidenzino le aree di maggiore presenza di contaminante.

 ARPALAZIO <small>AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</small>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

4 CONTROLLO DI QUALITÀ

Tutte le attività previste nel presente protocollo operativo dovranno essere predisposte secondo le procedure di qualità definite dalle norme UNI EN ISO 9001/2000.

Per verificare il grado di attendibilità dei risultati in riferimento alla qualità dei processi di perforazione, campionamento e analisi, dovranno essere adottati opportuni controlli di qualità da applicare sia in campo che in laboratorio (campioni QA/QC).

Tali procedure di controllo consentono di verificare il grado di attendibilità di ciascuna fase operativa attraverso la realizzazione di una serie di campioni di controllo, quali ad esempio:

- *"blind duplicate"*: due campioni di acqua o terreno identici saranno contrassegnati con due identificativi differenti ed inviati al laboratorio. Ha lo scopo di verificare la precisione dei risultati delle analisi e verificare eventuali incongruenze;
- *"field blank"*: campione costituito da acqua distillata con la quale sarà sciacquata l'attrezzatura di campionamento (guanti monouso, bottiglie, bailers). Ha lo scopo di verificare l'efficacia delle operazioni di decontaminazione della strumentazione di campionamento e la possibile contaminazione dei campioni durante la fase di prelievo;
- *"trip blank"*: campione costituito da acqua ad elevata purezza che, inviato dal laboratorio chimico insieme ai contenitori per i campionamenti, rimane sigillato per tutta la durata del campionamento e poi viene rispedito al laboratorio insieme agli altri campioni. Questo bianco viene utilizzato con lo scopo di verificare la possibile contaminazione dei campioni da composti volatili durante il trasporto.

Per la verifica della affidabilità dei risultati analitici, il laboratorio incaricato dovrà attuare le procedure di controllo (bianchi, duplicati, ecc.) per la calibrazione della strumentazione utilizzata e l'identificazione di potenziali interferenze.

I dati relativi ai controlli di qualità saranno utilizzati per la verifica dell'affidabilità dei risultati e come indicatori di potenziali sorgenti di cross-contamination, ma non potranno essere utilizzati per alterare o correggere i risultati analitici.

Tutti i risultati delle attività di controllo effettuate dovranno essere riportati nei certificati analitici.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	---	--

5 PARAMETRI PER L'APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA

L'applicazione dell'analisi di rischio sito-specifica prevista dal D.Lgs 152/2006 e s.m.i. richiede la determinazione su base sito-specifica di alcuni parametri che costituiscono input a medio/alta sensibilità così come indicato nel manuale APAT “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”, rev.2 Marzo 2008 a cui si rimanda per ulteriori chiarimenti e/o approfondimenti.

Risulta, quindi, necessaria una caratterizzazione del sito più dettagliata, attraverso l'esecuzione di determinazioni analitiche più specifiche. Tali analisi dovranno essere eseguite su campioni prelevati in ciascuno dei comparti ambientali, ovvero:

- suolo superficiale: tra 0 e 1 m di profondità dal piano campagna;
- suolo profondo: tra 1 m ed il piano di falda;
- zona satura o acqua sotterranea;

e saranno volte alla determinazione di:

- pH
- densità
- f_{oc} (frazione di carbonio organico)
- granulometria
- speciazione idrocarburi su campioni maggiormente contaminati.

Nella tabella successiva si riportata l'elenco dei parametri caratteristici del sito da determinarsi esclusivamente mediante verifiche e/o indagini dirette (documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs.152/06 - *Gruppo di Lavoro “Analisi di rischio” APAT-ARPA-ISS-ISPEL* Giugno 2008). Ovviamente, tra i parametri proposti, andranno determinati solo i parametri effettivamente utilizzati nel calcolo del rischio in base al modello concettuale *sorgenti-vie di esposizione-bersagli* elaborato per il sito in esame.

SIMBOLO	UNITÀ' DI MISURA	PARAMETRO
Suolo insaturo		
L_{GW}	cm	Profondità del piano di falda
h_v	cm	Spessore della zona insatura

 <p>ARPA LAZIO AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO</p>	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

W '	cm	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento
Sw '	cm	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento
A '	cm ²	Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)
L _s (SS)	cm	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.
L _s (SP)	cm	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.
L _f	cm	Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.
d _s	cm	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)
d	cm	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)
L _F	cm	Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente
ρ _s	g/cm ³	Densità del suolo
I _{ef}	cm/anno	Infiltrazione efficace
f _{oc}	g-C/g-suolo	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo
pH		pH del suolo insaturo
Suolo saturo		
d _a	cm	Spessore della falda
W	cm	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda
Sw	cm	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda
A	cm ²	Area della sorgente (rispetto alla direzione del flusso di falda)
W '	cm	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento
Sw '	cm	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento
A '	cm ²	Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)
v _{gw}	cm/anno	Velocità di Darcy
K _{sat}	cm/anno	Conducibilità idraulica del terreno saturo
i	adim	Gradiente idraulico
f _{oc}	g-C/g-suolo	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo
pH		pH del suolo saturo
Ambiente aperti/confinati		
U _{air}	cm/s	Velocità del vento
A _b	cm ²	Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione
L _{crack}	cm	Spessore delle fondazioni/muri
L _b	cm	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (RES. o IND.)
L _T	cm	Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (in falda) e la base delle fondazioni
Z _{crack}	cm	Profondità delle fondazioni

Per quanto riguarda il software da adoperare, si potrà scegliere tra i seguenti:

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

- RISC (Risk-Integrated Software for Cleanups) ver. 4.0 o succ., British Petroleum Oil International (2011, UK);
- RBCA (Risk Based Corrective Action) Tool Kit for Chemical Releases ver. 2.5 o succ., Groundwater Service, Inc. Houston (2009, USA);
- GIUDITTA (Gestione Informatizzata Di Tollerabilità Ambientale) ver. 3.2, Provincia di Milano e URS Dames & Moore (2008, Italia);
- Rachel (Risk Analysis Calculation Handbook for Environmental and Living-beings) ver. 1.1.4 o succ., Politecnico di Torino e Dream S.r.l. (2011, Italia);
- RISK-NET ver. 1.0 o succ., Università degli Studi di Roma Tor Vergata (2012, Italia).

I suddetti programmi sono stati riconosciuti a livello nazionale e internazionale.

La scelta definitiva avverrà a valle di una valutazione delle peculiarità dei software in relazione alle caratteristiche sito-specifiche, adottando i riferimenti tecnici attualmente disponibili (manuale APAT “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”, rev.2 Marzo 2008, “Studio comparativo di software di analisi di rischio sanitario-ambientale (D.Lgs.152/06 e s.m.i.) - Gruppo di lavoro RECONnet - Settembre 2012 (Rev. 0)”).

Tutti i dati di input e output dell’elaborazione dell’Analisi di Rischio saranno presentati in forma tabellare e/o grafica al fine di una migliore leggibilità degli stessi. In particolare si riporteranno tabelle distinte, suddivise per comparto ambientale, con i risultati delle analisi chimico-fisiche svolte, evidenziando le concentrazioni non conformi, tabelle dei dati sito-specifici disponibili e tabelle riassuntive dei parametri di input effettivamente scelti; in dettaglio, sarà riportata una tabella riepilogativa degli inquinanti indicatori individuati e delle CRS adottate. La scelta del valore dei parametri di input avverrà secondo il principio di sito-specificità e conservatività e, nel caso di popolazione di dati superiore a 10, attraverso elaborazioni statistiche da eseguirsi tramite il software ProUCL; in ogni tabella, accanto ad ogni dato, sarà quindi riportata la motivazione della scelta del valore (parametro di default, valore massimo, valore minimo, UCL95%, LCL95%, ecc.). A seguito dell’elaborazione, saranno riportate tabelle distinte con indicazione dei rischi individuali e cumulati e tabelle di confronto delle CRS con le CSR individuali e cumulate calcolate; anche in questo caso le tabelle saranno specifiche per ogni sorgente individuata.

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

In allegato saranno riportate le planimetrie con indicazione dei punti di campionamento e della geometria delle sorgenti di contaminazione individuate, una per ogni comparto ambientale, ricavata con una delle metodologie previste dal manuale APAT (es. poligoni di Thiessen) e tutta la documentazione inerente le prove sito-specifiche effettuate (certificati delle analisi chimiche, prove geotecniche, prove di permeabilità, ecc.). Saranno allegate altresì le schermate del software ProUCL, nel caso di analisi statistiche e quelle relative al programma utilizzato per l'Analisi di Rischio, incluse le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti indice individuati, e le planimetrie con indicazione delle aree oggetto di bonifica che saranno dedotte dal confronto delle CRS con le CSR calcolate.

6 CONTROLLO E VALIDAZIONE DEI DATI

Il cronoprogramma delle attività di caratterizzazione dovrà essere concordato con l'Autorità di controllo (ARPA - Provincia), al fine di consentire alla stessa, nell'ambito della programmazione delle proprie attività e delle risorse disponibili, di effettuare le operazioni di campionamento in contraddittorio.

Le attività di controllo da parte degli Enti preposti saranno effettuate durante lo svolgimento delle attività di campo, attraverso la verifica dell'applicazione di quanto previsto nel Piano della Caratterizzazione approvato. In relazione alla validazione, almeno il 10% del totale dei campioni prelevati dal soggetto obbligato saranno sottoposti a controanalisi da parte dell'Ente di controllo.

Lo stesso sceglierà i campioni da sottoporre ad analisi, sulla base di un criterio casuale o sulla base delle evidenze organolettiche riscontrate nel corso dei sopralluoghi effettuati in situ.

L'inizio delle attività analitiche sarà comunicato al responsabile della contaminazione e/o alla ditta esecutrice dell'intervento di caratterizzazione/risanamento chiedendo conferma dell'avvenuta ricezione.

Le attività di controllo e di validazione dei dati da parte dell'Ente di controllo dovranno essere effettuate anche sui parametri aggiuntivi necessari per l'applicazione dell'analisi di rischio.

Le spese di prelievo dei controcampioni e delle analisi da parte del laboratorio pubblico sono a carico del Privato.

La validazione richiesta in fase di caratterizzazione potrà consistere in una certificazione della corretta o non corretta esecuzione delle attività effettuate dalla ditta, verificate dal personale

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

tecnico preposto; la stessa potrà consistere in una “Relazione Tecnica” in cui si darà atto dei controlli effettuati e alla quale potranno essere allegati i verbali di sopralluogo e acquisizione dei campioni.

La validazione dei risultati analitici della caratterizzazione si esplicherà attraverso il confronto tra i dati proposti dal responsabile della contaminazione e quelli derivanti dai laboratori dell’Ente di controllo, allo scopo di verificare l’affidabilità e la veridicità di quanto dichiarato dal laboratorio di parte.

Previa calibrazione dei laboratori coinvolti nell’esecuzione delle analisi, secondo quanto indicato nelle “Linee guida per la validazione dei dati analitici da parte degli Enti di controllo” (Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio prot. 13000/QDV/DI del 21/07/2004), il confronto tra tali dati dovrà essere fatto tenendo conto della riproducibilità del dato e del naturale margine di errore delle prove analitiche.

Tale modalità ovviamente non può essere utilizzata in quei casi “border-line” in cui lo scostamento può determinare il superamento delle CSC/CSR.

In questo caso risulta evidente che il riferimento sarà il valore che offre sviluppi di maggior cautela.

7 ELABORAZIONE E RESTITUZIONE DEI DATI

A conclusione delle attività di caratterizzazione deve essere redatto un documento che, attraverso l’adeguata elaborazione dei risultati delle indagini effettuate, fornisca il modello concettuale definitivo del sito comprendente la ricostruzione dell’assetto geologico e idrogeologico locale e la fotografia dello stato di qualità delle matrici ambientali in termini di tipo, grado e distribuzione dell’inquinamento.

I risultati delle attività di campo e di laboratorio devono essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi e di rappresentazioni cartografiche, con realizzazione, come minimo:

- carta/e con ubicazione di tutte le indagini dirette/indirette eseguite nel sito;
- tabella/e di sintesi di tutti i risultati di caratterizzazione del suolo, comprensivo dei dati riferiti al top-soil, indicando, per ogni campione, data di campionamento e data di analisi, profondità di campionamento, identificativo del punto di indagine di riferimento (e relative coordinate nel sistema di riferimento ED50 UTM 33N), valori di concentrazione per ciascun parametro ricercato;

	<p>Convenzione MATTM - REGIONE LAZIO - ARPA Lazio</p> <p>“Sub-Perimetrazione Sito di Interesse Nazionale Territorio del Bacino del Fiume Sacco”</p>	<p>Metodiche Operative</p> <p>Rev. 0</p> <p>Aprile 2013</p>
---	--	--

- tabella/e di sintesi di tutti i risultati di caratterizzazione delle acque di falda indicando, per ogni campione, data di campionamento e data di analisi, profondità di campionamento, identificativo del punto di indagine di riferimento (e relative coordinate nel sistema di riferimento ED50 UTM 33N), valori di concentrazione per ciascun parametro ricercato;
- carta/e di ubicazione dei sondaggi realizzati ed indicazione dei punti ove si sono ritrovati campioni di top soil con concentrazioni superiori alle CSC per la destinazione d’uso prevista, evidenziando gli analiti presenti;
- carta/e di ubicazione dei sondaggi realizzati ed indicazione dei punti ove si sono ritrovati campioni del primo metro di suolo con concentrazioni superiori alle CSC per la destinazione d’uso prevista, evidenziando gli analiti presenti;
- carta/e di ubicazione dei sondaggi realizzati ed indicazione dei punti ove si sono ritrovati campioni relativi alla base dell’insaturo (1 m che comprenda la zona di frangia capillare) con concentrazioni superiori alle CSC per la destinazione d’uso prevista, evidenziando gli analiti presenti;
- carta/e di ubicazione dei sondaggi realizzati ed indicazione dei punti ove si sono ritrovati campioni nella zona intermedia tra le due precedenti con concentrazioni superiori alle CSC per la destinazione d’uso prevista, evidenziando gli analiti presenti;
- carta/e con ubicazione dei piezometri/pozzi e ricostruzione del campo piezometrico con direttrici di flusso degli acquiferi investigati;
- sezioni geologiche e idrogeologiche rappresentative del quadro litostratigrafico del sottosuolo;
- carta/e di idonea scala, in grado di rappresentare la distribuzione in senso areale e verticale della contaminazione tramite linee di isoconcentrazione, che evidenzino le aree di maggiore presenza di contaminante.

I risultati delle analisi di diossine e furani dovranno essere forniti esplicitando le concentrazioni dei singoli congeneri.

Tutti i dati determinati nel corso della caratterizzazione dovranno essere restituiti in formato cartaceo e su idoneo supporto informatico; gli elaborati richiesti (tabelle e rappresentazioni cartografiche) andranno forniti anche in formato editabile (es. xls, dbf, shp, dwg).