

**PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE
E IL MONITORAGGIO DEI SITI CONTAMINATI
AI SENSI DEL D.M. 471/99**

**PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE
DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99**

INDICE

1. PRINCIPI GENERALI

2. CAMPIONAMENTO E ANALISI SUOLI

2.1 Modalità con cui condurre le operazioni di perforazione

2.2 Decontaminazione delle attrezzature per il prelievo

2.3 Modalità di campionamento

2.4 Formazione dei campioni da avviare ad analisi – Criteri generali

2.4.1 Formazione del campione nel caso in cui sia richiesta l'analisi dei componenti volatili.

2.4.2 Formazione del campione per le analisi di laboratorio dei composti non volatili.

3. CAMPIONI DI BIANCO DI RIFERIMENTO

4. CAMPIONAMENTO E ANALISI DELLE ACQUE SOTTERRANEE

4.1 Criteri generali

4.2 Procedure di campionamento

4.2.1 Definizioni

4.2.2 Operazioni preliminari

4.2.3 Procedure di campionamento

4.3 Operazioni di spurgo del pozzo di monitoraggio

4.4 Identificazione e conservazione dei campioni

5. REQUISITI DEI LABORATORI DI ANALISI E VALIDAZIONE DEI DATI

5.1 Requisiti dei laboratori

5.2 Validazione delle analisi

6. SOSTANZE DA ANALIZZARE

6.1 Analisi suoli

6.2 Analisi acque

7. ELABORAZIONE E PRESENTAZIONE DEI DATI

8. CAMPIONAMENTO IN CUMULI

9. CAMPIONAMENTO DA PARETE E DA FONDO SCAVO

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

1. PRINCIPI GENERALI

Questo documento descrive le modalità con cui devono essere condotte, nelle aree oggetto di indagine, le operazioni di:

- prelievo di suolo, sottosuolo, materiali di riporto e rifiuti
- formazione e preparazione del campione dai materiali solidi
- perforazione e messa in opera di piezometri e pozzetti
- prelievo delle acque sotterranee
- conservazione, trasporto e preparazione per l'analisi dei campioni solidi e liquidi

Il riferimento normativo per le operazioni di prelievo e analisi dei campioni è costituito dall'Allegato 2 del D.M. 471/99. Le indicazioni fornite in questo documento sono prescrizioni a dettaglio di quanto indicato nel testo dell'Allegato e rispondono alla necessità di fornire indicazioni specifiche per il sito in esame.

Tutte le operazioni realmente svolte per il campionamento delle matrici ambientali, il prelievo, la formazione, il trasporto e la conservazione del campione e per le analisi di laboratorio devono essere documentate nel dettaglio, con verbali quotidiani per ogni campionamento.

Per ogni attività prevista dal presente protocollo dovrà essere espressamente individuato il responsabile della stessa, che dovrà garantire le corrette modalità esecutive.

2. CAMPIONAMENTO E ANALISI SUOLI

L'attività di campionamento deve porsi l'obiettivo di assicurare che i campioni prelevati consentano una adeguata caratterizzazione del sito, in particolare nelle aree dove si svolgeranno le successive operazioni di costruzione, demolizione, movimento terra, ecc.

Premesso che, al fine di avere una corretta rappresentazione della contaminazione del sito, l'ubicazione dei punti di campionamento deve essere determinata per ciascuna delle aree in esame sulla planimetria a maggior dettaglio disponibile, possibilmente su supporti digitalizzati GIS compatibili (Formato DXF, DWG, MIF, TAB), la scelta del metodo di campionamento da applicare dovrà principalmente tener conto della geologia del sito e del fatto che, in genere, i contaminanti presenti in un sito non sono distribuiti secondo criteri di tipo casuale, essendo il più delle volte localizzati in determinate aree.

Sulla base delle specifiche situazioni, si valuterà l'opportunità di prelevare campioni adottando:

- criteri di tipo soggettivo, dettati cioè da scelte ragionate;
- criteri di tipo casuale o statistico, basati su metodi probabilistici.

Il numero di campionamenti da effettuare dipenderà dall'estensione dell'area di intervento (D.M. 471 All. II, Punto 2) e comunque dovrà garantire la caratterizzazione del sito ai fini dell'individuazione della potenziale contaminazione; mentre la caratterizzazione del suolo ai fini di un eventuale smaltimento non dovrà costituire l'obiettivo primario dell'indagine, bensì una valutazione successiva.

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

In linea di principio, la profondità a cui ogni punto di indagine dovrà spingersi è determinata dalle caratteristiche litologiche e idrogeologiche del sito in esame al fine di individuare l'esatta definizione dell'area contaminata sia in termini planimetrici che volumetrici.

2.1 Modalità con cui condurre le operazioni di perforazione

Durante la perforazione, in particolare quando devono essere ricercati contaminanti volatili o termodegradabili, il terreno non deve subire surriscaldamento; pertanto, la velocità di rotazione deve essere sempre moderata, in modo da limitare l'attrito tra suolo e attrezzo campionario, ovvero ricorrere a sistemi di percussione, nel caso non si operi in ambienti contraddistinti da apprezzabili valori di esplosività. Prima di ogni prelievo il mezzo di carotaggio deve essere lavato con acqua o con vapore acqueo, per evitare contaminazioni indotte.

I campioni di terreno possono essere prelevati anche da trincee realizzate mediante escavatore adottando le previste cautele per evitare contaminazioni indotte.

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, di diaframmi o livelli impermeabili.

In particolare:

- georeferenziare e quotare ogni punto indagato, con la precisione di un metro per le coordinate x e y e di un decimetro per la quota, la quale dovrà essere espressa come quota sul livello medio del mare.
- in presenza di strati superficiali contaminati è consigliabile procedere nella perforazione sostenendo le pareti del perforo mediante una tubazione di rivestimento provvisoria (camicia di acciaio); approfondire il rivestimento man mano che avanza la perforazione;
- nel corso della perforazione segnalare e registrare 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 dei 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
- tutte le perforazioni che non saranno attrezzate con tubi piezometrici dovranno essere riempite con miscela di cemento-bentonite.

2.2 Decontaminazione delle attrezzature per il prelievo

Particolare attenzione e cura andrà posta nelle operazioni di decontaminazione delle attrezzature utilizzate per il prelievo dei suoli contaminati, e precisamente:

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

- gli strumenti e le attrezzature impiegati nelle diverse operazioni devono essere costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichi le caratteristiche delle matrici ambientali e del materiale di riporto e la concentrazione delle sostanze contaminanti;
- le operazioni di prelievo dei campioni devono essere compiute evitando la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross contamination);
- controllare l'assenza di perdite di oli lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento; nel caso di perdite verificare che queste non producano contaminazione del terreno prelevato; riportare comunque le informazioni nel verbale di giornata;
- alla fine di ogni perforazione decontaminare tutti gli attrezzi e gli utensili che operano in superficie, mentre gli attrezzi e gli utensili che operano in profondità nel perforo devono essere decontaminati ad ogni "battuta";
- prima di operare il prelievo garantire la pulizia di strumenti, attrezzi e utensili di perforazione rimuovendo completamente, sia internamente che esternamente, i materiali potenzialmente inquinanti che potrebbero aderire alle pareti degli strumenti; tali operazioni sono compiute con acqua in pressione e getti di vapore acqueo;
- in caso di pioggia durante le operazioni di estrazione è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche; le operazioni di prelievo possono essere eseguite solo nel caso si garantisca una adeguata protezione delle attrezzature e delle aree su cui sono disposti i campioni;
- nel maneggiare le attrezzature utilizzare guanti puliti per prevenire il diretto contatto con il materiale estratto, (per es. guanti monouso);
- per la decontaminazione delle attrezzature deve essere predisposta un'area delimitata, posta ad una distanza dall'area di campionamento sufficiente ad evitare la diffusione dell'inquinamento delle matrici campionate; in alternativa potranno essere previsti degli apprestamenti tecnici mobili atti al contenimento ed alla raccolta delle acque di lavaggio;

2.3 Modalità di campionamento

Un campionamento è rappresentativo se garantisce un'accurata fotografia dello stato di contaminazione del sito in esame in un determinato momento.

Le attività di campionamento devono rispettare alcune condizioni di base per potere ottenere campioni che rappresentino correttamente la situazione esistente nel sito.

In particolare:

- 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;
- la profondità del prelievo nel suolo deve essere determinata con la massima accuratezza possibile;

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

- il campione prelevato deve essere conservato con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subisca alterazioni;
- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico –fisiche.

Per ogni posizione di prelievo è utile esaminare previamente un rilievo stratigrafico di massima, allo scopo di evidenziare le variazioni fra gli strati della sezione da campionare. 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 responsabile delle operazioni di campionamento deve anche descrivere eventuali evidenze visive e olfattive di inquinamento e particolarità stratigrafiche e litologiche rilevabili nella carota.

Fotografare la carota estrusa e depositata nel recipiente prima che il materiale raccolto venga riposto per la conservazione o utilizzato per la formazione del campione; la carota verrà fotografata dal basso verso l'alto, con una scala di riferimento e un numero di catalogazione con data e n. sondaggio.

Al fine di valutare l'estensione verticale del sondaggio potranno essere utilizzati anche strumenti da campo i quali possono dare delle indicazioni di massima sulla concentrazione degli inquinanti nei vari livelli (es. "VOC DETECTOR" per composti organici volatili).

2.4 Formazione dei campioni da avviare ad analisi – Criteri generali

L'estrusione della carota dovrà avvenire senza utilizzo di fluidi. Dal materiale estratto da ogni posizione di sondaggio devono essere prelevati campioni relativi a profondità prestabilite. In ogni caso, i campionamenti dovrebbero riguardare tutti i singoli strati omogenei, non trascurando quelli con evidenze organolettiche anomale .

In linea generale si può affermare che verrà esaminato ogni strato di terreno litologicamente omogeneo. Per strati omogenei, di potenza superiore al metro, si ritiene di prelevare almeno un campione medio per ogni metro lineare (eventuali variazioni devono essere preventivamente concordate con l'Autorità di controllo).

In particolare:

- a partire dal piano campagna un campione medio almeno ogni metro; nel caso in cui siano presenti livelli stratigrafici significativi dal punto di vista dell'inquinamento, si richiede, inoltre, per ognuno di essi, un campione puntuale (cioè non mediato);
- nel caso siano presenti strati impermeabili, potenzialmente in grado di costituire una barriera alla diffusione verticale degli inquinanti, il campionamento dovrà limitarsi allo spessore superiore degli strati stessi, evitandone in ogni modo l'attraversamento.

Devono essere prelevati e adeguatamente conservati, per tutta la durata della bonifica, due controcampioni per ogni campione prelevato:

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

- uno a disposizione dell'autorità competente per le verifiche richieste;
- uno per eventuali contestazioni e controanalisi, sigillato a cura del responsabile del campionamento.

Il calendario delle operazioni di carotaggio dovrà essere concordato con l'Autorità di Controllo (ARPAV, Provincia), al fine di consentire la validazione da parte delle stesse delle operazioni di prelievo, formazione e registrazione del campione.

In ogni caso, si ritiene indispensabile la presenza del responsabile della caratterizzazione al fine di certificare le corrette modalità di prelievo, di formazione e di registrazione del campione.

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

- identificare e scartare materiali estranei che possono alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- omogeneizzare il campione per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti (tale azione va evitata per le analisi dei composti organici volatili, si veda successivi paragrafi);
- suddividere il campione in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura riportati nella normativa (IRSA-CNR, Quaderno 64 del gennaio 1985);
- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico-fisiche;
- il riempimento del contenitore dovrà essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante, onde evitare fenomeni di alterazione del campione stesso, quali volatilizzazioni o aderenze con il contenitore; una volta formato, il campione andrà debitamente sigillato, etichettato ed inoltrato subito al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento. Nel caso siano da determinare inquinanti facilmente degradabili o volatili e la consegna dei campioni ai laboratori di analisi non possa avvenire in tempi brevi, si dovrà procedere alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato (4 °C);
- 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.

2.4.1 Formazione del campione nel caso in cui sia richiesta l'analisi dei componenti volatili.

Formazione

Per limitare la volatilizzazione, nella formazione del campione da predisporre per l'analisi dei composti volatili devono essere ridotti i tempi di esposizione all'aria dei materiali.

Le operazioni di formazione del campione devono essere condotte immediatamente dopo la deposizione della carota nell'apposito contenitore, prima della deposizione in cassetta catalogatrice e prima di procedere alle operazioni di descrizione.

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

Con una paletta/spatola in acciaio inox opportunamente decontaminata devono essere prelevate porzioni di materiali solidi, selezionando casualmente alcune aliquote su tutta la lunghezza della colonna da campionare.

Il materiale prelevato con la spatola deve essere immediatamente inserito in un contenitore idoneo e con tappo a tenuta, da riempire completamente e sigillare immediatamente. È importante che il trasferimento nel contenitore sia rapido, al fine di esporre il campione il minor tempo possibile, all'aria.

Dopo la formazione del campione lo stesso va immediatamente trasferito in un contenitore mantenuto a 4° C e inviato, entro le 24 h, al laboratorio.

Nel caso vengano impiegate tecniche di *Purg & Trap* o *Spazio Testa* per l'analisi, è raccomandabile l'uso di minicarotatori monouso, da impiegare ortogonalmente alla carota, con scarico della minicarota così subcampionata in *vials* prelevate e certificate, con tappo e setto teflonato, contenenti idonei estraenti/preservanti (metanolo, HCL, etc.). Tali *vials* vanno così all'analisi senza manipolazioni ulteriori del campione, praticamente senza venire più aperte. Viene fatta salva la possibilità, su richiesta delle Autorità di controllo, di effettuare metodi di campionamento più adeguati al tipo di inquinante volatile ricercato.

Preparazione

L'analisi deve essere eseguita immediatamente sul tal quale, senza eseguire la vagliatura dei materiali procedendo comunque all'allontanamento manuale dei corpi estranei e della frazione grossolana eventualmente presenti.

Su un'aliquota a parte dello stesso campione dovrà essere determinato il contenuto d'acqua, al fine di poter riferire la concentrazione dell'inquinante alla sostanza secca.

2.4.2 Formazione del campione per le analisi di laboratorio dei composti non volatili.

Formazione

Le carote prelevate e disposte nel recipiente (cassetta catalogatrice in legno) vengono utilizzate per la formazione dei campioni. La formazione del campione dovrà avvenire su sezioni di spessore inferiore al metro, qualora nell'intervallo delle battute, al momento dell'estrazione del materiale o all'atto della perforazione, si rilevino evidenze che richiedono analisi specifiche quali particolarità litologiche, strati di rifiuti o episodi di inquinamento. La formazione del campione deve avvenire su telo impermeabile (es. polietilene), in condizioni adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

Il materiale utilizzato nella formazione del campione deve essere omogeneizzato sul telo e prelevato sulla base delle tecniche di quartatura per ottenere un campione rappresentativo dell'intero strato individuato. Le operazioni di formazione del campione devono essere effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione.

Conservazione

I campioni sono conservati in vasetti di vetro opportunamente decontaminati per la rimozione dei composti organici e inorganici, meglio se su vetri sigillati individualmente e contrassegnati esternamente con un codice identificativo del punto di prelievo, l'intervallo di profondità, data e ora del sondaggio, ora del confezionamento e firma dell'addetto. Dopo

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

la formazione del campione lo stesso va immediatamente trasferito in un contenitore mantenuto a 4° C e inviato, entro 24 h, al laboratorio.

Essiccazione

Per garantire la completa essiccazione, il campione deve essere disposto su appositi contenitori e conservato in locali a temperatura ambiente e adeguata ventilazione per almeno una settimana, garantendo l'assenza di contaminazione dovuta all'ambiente e tra i campioni stessi. Previo accordo con le Autorità di controllo è possibile eseguire l'essiccazione in stufa ventilata a temperatura maggiore (max. 40° C).

Vagliatura

Successivamente il campione deve essere macinato con rullo di gomma al fine di frantumare gli aggregati di dimensioni maggiori, evitando di macinare o frantumare le frazioni a granulometria superiore ai 2 mm (vedi norma UNI 10802). Il campione deve essere setacciato al fine di ottenere la frazione passante al vaglio dei 2 mm, pulendo adeguatamente tutti gli strumenti impiegati nelle varie operazioni. Conservare la frazione granulometrica superiori ai 2 mm in adeguati contenitori, per permettere lo svolgimento di eventuali analisi di approfondimento, salvo diverse indicazioni da concordarsi con le Autorità di controllo.

Preparazione campione e analisi

La frazione sulla quale condurre le analisi di laboratorio per tutte le sostanze indicate è quella passante al vaglio dei 2 mm. I risultati per questa frazione sono rappresentativi di tutta la matrice solida e sono quelli da utilizzare (senza alcuna ulteriore operazione di calcolo e, quindi, indipendentemente dalla percentuale con cui la frazione inferiore ai 2mm è presente nel materiale solido) nel confronto con i valori di concentrazione limite previsti dalla norma.

Pertanto, i valori di concentrazione determinati andranno riferiti esclusivamente al peso del suolo secco passante al vaglio dei 2 mm.

Qualora il terreno indagato presenti una presenza di scheletro superiore al 50% questo viene considerato ghiaioso, in tal caso deve essere prestata particolare attenzione nell'interpretazione dei dati .

Laddove si sospetti che la contaminazione sia presente, anche nella frazione granulometrica di suolo avente particelle con diametro > 2 mm, si dovrà sottoporre ad un test di eluizione tale frazione granulometrica di suolo. Il test di eluizione da adottare è quello che utilizza come soluzione eluente acqua deionizzata satura di CO₂ (si veda "Premessa" Tabella 1 dell'Allegato 1 del D.M. 471/99). Le concentrazioni limite di riferimento in questo caso sono quelle riportate nella Tabella 2 dell'Allegato 1 del D.M. 471/99.

3. CAMPIONI DI BIANCO DI RIFERIMENTO

I campioni utilizzati per definire il livello di fondo naturale sono quelli prelevati in prossimità, ma al di fuori, dell'area contaminata e servono per verificare se la concentrazione di un contaminante differisce rispetto a quelle naturalmente presenti nel sito. Nel caso di campionamento di suoli, la profondità ed il tipo di terreno da campionare

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

dovrebbe corrispondere a quelli degli altri campioni raccolti. Al fine di determinare il valore del livello di fondo naturale il numero di campioni prelevati dovrebbe essere tale da permettere una, seppure minima, trattazione statistica dei dati ottenuti.

4. CAMPIONAMENTO E ANALISI DELLE ACQUE SOTTERRANEE

4.1 Criteri generali

Nel corso della perforazione verrà rilevata la stratigrafia dei terreni attraversati a cura di un Geologo. Il campionamento delle acque sotterranee deve fornire informazioni sullo stato di contaminazione delle falde acquifere in relazione alla qualità delle stesse immediatamente a monte, all'interno ed a valle del sito in esame. Ove necessario, in sede di approvazione del piano di caratterizzazione, si valuterà se procedere anche ad un campionamento delle acque profonde. I piezometri dovranno essere realizzati in materiali compatibili con gli inquinanti presenti nel sito e dovranno essere installati in numero sufficiente a caratterizzare gli acquiferi indagati, anche in relazione ai flussi delle acque sotterranee in ingresso e in uscita dal sito.

- La georeferenziazione dei pozzetti di monitoraggio delle acque sotterranee deve essere effettuata con la precisione di un metro per le coordinate x e y e di un centimetro per la quota, la quale dovrà essere espressa come quota sul livello medio del mare; per ogni piezometro dovrà essere esplicitamente indicato l'intervallo di profondità della porzione filtrante;
- si raccomanda che la sigla di identificazione del piezometro venga concordata preventivamente con le autorità preposte ai controlli anche al fine della realizzazione dell'anagrafe dei siti inquinati;
- l'installazione del piezometro, 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 parzialmente, comunque, nella zona insatura in considerazione dell'entità delle fluttuazioni del livello freaticometrico;
- il tubo cieco sarà costituito in materiale compatibile con i composti da campionare con diametro nominale pari ad almeno 70 millimetri (diametro interno);
- il tubo-filtro sarà costituito in materiale compatibile con i composti da campionare con diametro nominale pari ad almeno 70 millimetri (diametro interno) e aperture definite in funzione della granulometria effettiva dell'acquifero da filtrare;
- eseguire la chiusura del fondo del tubo piezometrico mediante fondello cieco impermeabile e applicare, qualora si rendesse necessario, sulla parte fessurata, una fascia di tessuto non tessuto, specificando la tipologia di materiale utilizzato;
- la giunzione dei tubi di assemblaggio del piezometro deve essere realizzata evitando di forzare l'avvitamento dei manicotti filettati e di storcere le estremità dei tubi, per garantire il passaggio degli strumenti di campionamento delle acque e degli strumenti di lettura dei livelli piezometrici;

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

- a seguito dell'installazione, verificare l'assenza di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro gli strumenti stessi o strumenti testimone di dimensioni comparabili;
- riempire l'intercapedine perforo-tubazione in corrispondenza dei tratti filtrati con un dreno costituito da ghiaietto siliceo uniforme; il diametro del dreno sarà stabilito in corso d'opera sulla base della granulometria effettiva dell'acquifero da filtrare;
- continuare la costruzione dell'intercapedine immettendo sabbia, per uno spessore di 0,2 metri al di sopra del dreno, seguita dal tappo impermeabile di bentonite per lo spessore di 0,5 metri e procedere successivamente al riempimento dell'intercapedine fino alla superficie con miscela di cemento e bentonite;
- chiudere con un tappo il tubo di rivestimento che fuoriesce dal piano campagna;
- realizzare per i piezometri opportune protezioni di superficie subito dopo la posa in opera;
- realizzare una testa pozzo di protezione fornita di coperchio carrabile e munita di chiusura a chiave messa a disposizione dell'autorità di controllo(lucchetto). La testa del pozzo non deve essere lubrificata;
- apporre sul coperchio del chiusino una targhetta riportante la quota della testa del tubo piezometrico espressa in m.s.l.m. con precisione centimetrica;
- marcare in modo indelebile le tubazioni, il pozzetto e apporre 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 ;
- procedere allo spurgo del piezometro come da Par.4.3;
- l'installazione di ciascun tubo piezometrico sarà documentata riportando tutte le informazioni tecniche in un apposito modulo (scheda stratigrafica);
- compilazione scheda monografica che descriva le caratteristiche dei piezometri

4.2 Procedure di campionamento

4.2.1 Definizioni

- **campionamento statico**: campione prelevato con pozzo non in emungimento, mediante metodo manuale (bailer), previo e spurgo e ripristino delle condizioni originali; il campionamento statico sarà utilizzato in corrispondenza di pozzi di monitoraggio poco produttivi, per verificare la presenza in fase separata di sostanze non miscibili e/o per prelevare campioni a diverse profondità del tratto filtrato;
- **campionamento dinamico**: campione prelevato per mezzo di pompa sommersa, in seguito all'effettuazione dello spurgo; il campionamento dinamico sarà utilizzato per ottenere un campione composito con acque provenienti da differenti profondità e, quindi, approssimativamente rappresentativo della composizione media dell'acquifero indagato.

4.2.2 Operazioni preliminari

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

- misurare il livello statico della falda tramite freatometro (secondo procedure standardizzate, citando lo standard utilizzato);
- se ignota, misurare la profondità del pozzo tramite rotella metrica con piombo sul fondo;
- definire la quantità di acqua da prelevare in funzione del numero e della tipologia delle determinazioni analitiche da eseguire;
- verificare l'integrità e la corretta identificazione del pozzetto di campionamento;
- verificare la funzionalità e la pulizia di tutte le apparecchiature utilizzate durante il campionamento;
- procedere alla decontaminazione delle apparecchiature utilizzate;
- se possibile, identificare i pozzetti secondo un ordine di contaminazione e procedere al campionamento seguendo un ordine crescente di contaminazione;
- rilevare la presenza di sostanze non miscibili con l'acqua e le relative superfici di interfaccia.

4.2.3 Procedure di campionamento

- Nel caso si sospetti la presenza di una fase surnatante, si dovrà procedere alla misurazione dello spessore di tale fase mediante sonda ad interfaccia ed il campionamento dovrà essere condotto attraverso l'utilizzo di strumentazione che eviti il trascinarsi dell'inquinante in profondità;
- il campionamento statico può essere utilizzato per campionare sostanze a densità diversa dall'acqua: nel caso si intenda determinare sostanze o liquidi a densità minore eseguire il prelievo all'interfaccia acqua/aria e nelle porzioni superficiali dell'acquifero; per sostanze o liquidi a densità maggiore eseguire il prelievo con strumentazione adatta a prelevare solo acqua sotterranea corrispondente alla parte inferiore del tratto filtrante;
- procedere al campionamento statico quando la presenza di contaminanti o le condizioni del pozzetto non rendano praticabile il campionamento dinamico;
- il campionamento può essere eseguito mediante campionatori manuali (bailer) monouso e corde di manovra pulite;
- a seconda della presenza di liquidi di densità maggiore dell'acqua o minore dell'acqua saranno utilizzati rispettivamente campionatori di profondità o di superficie;
- In tutte le altre occasioni si farà ricorso a campionatori per il prelievo a profondità definite. In questo caso dovrà essere registrata la profondità di campionamento;
- nel caso di utilizzo di bailers occorrerà evitare fenomeni di turbolenza e di aerazione sia durante la discesa del campionatore, sia durante il travaso del campione d'acqua nel contenitore specifico;
- nel caso di utilizzo di campionatori muniti di pompe, (campionamento dinamico) il prelievo deve avvenire con portate ridotte, mai superiori a 1 litro/minuto, al fine di ridurre i fenomeni di modificazione chimico-fisica delle acque sotterranee, quali trascinarsi dei colloidi presenti nell'acquifero o reazioni di ossidoriduzione.
- In casi particolari, al fine di conservare la rappresentatività del campione, potrà essere utilizzata la procedura "Low Flow Purcing"(campionamento a bassa portata – EPA/540/S-95/504, Aprile 1996)
-

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

4.3 Operazioni di spurgo del pozzo di monitoraggio

- Procedere prima del campionamento 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;
- per lo spurgo è possibile utilizzare bailers, pompe peristaltiche, , pompe sommerse;
- nel caso di utilizzo di pompa sommersa, posizionata ad una profondità intermedia tra il livello della falda ed il fondo del pozzo di monitoraggio, la portata di spurgo deve essere inferiore a quella utilizzata per lo sviluppo del pozzo di monitoraggio al fine di evitare, da un lato, il trascinarsi di materiale fine con rischio di intorbidimento dell'acqua, dall'altro, la possibile volatilizzazione dei gas disciolti, nonché di taluni composti organici;
- continuare nelle operazioni di spurgo fino al conseguimento almeno una delle seguenti condizioni:
 - eliminazione di 4-6 volumi di acqua contenuta nel pozzo (calcolare preventivamente il volume di acqua contenuta nel pozzo di monitoraggio);
 - venuta d'acqua chiarificata e stabilizzazione dei valori relativi a pH, temperatura, conducibilità elettrica, misurati in continuo durante lo spurgo ($\pm 10\%$);
 - sia trascorso il tempo di emungimento determinato preventivamente in funzione delle caratteristiche idrauliche dell'acquifero.

Nel caso di pozzi poco produttivi utilizzare portate ridotte ed evitare di spurgare fino al prosciugamento del pozzo. Riportare negli appunti di campagna la procedura utilizzata per il campionamento.

4.3 Identificazione e conservazione dei campioni

- Si deve prevedere il trasporto in giornata dei campioni al laboratorio di analisi;
- procedere all'etichettatura del campione raccolto nell'idoneo contenitore (secondo i metodi IRSA - CNR, Volume 64/85) riportando il pozzo di monitoraggio, data e ora del prelievo;
- stabilizzare il campione per le analisi secondo quanto previsto dal metodo analitico prescelto;
- a seguito del prelievo, durante il trasporto e in attesa dello svolgimento delle analisi, conservare il campione al buio alla temperatura di 4 °C;
- il riempimento del contenitore dovrà essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante, onde evitare fenomeni di alterazione del campione stesso, quali volatilizzazioni o aderenze con il contenitore;

5. REQUISITI DEI LABORATORI DI ANALISI E VALIDAZIONE DEI DATI

5.1 Requisiti dei laboratori

È opportuno che anche i laboratori che eseguono le analisi sia dei suoli che delle acque, ai fini di fattispecie non contemplate nell'art. 54 della L.R. 33/85 – come modificato dall'art.

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

9, della L.R. 15/95 e come specificato nella D.G.R. n. 1621 del 11.05.1999 - siano certificati da un organismo di controllo che agisca secondo lo standard UNI EN 45.000. Se possibile sarebbe quindi opportuno avvalersi di laboratori accreditati dal SINAL.

5.2 Validazione delle analisi

Le controanalisi necessarie alla validazione dei dati analitici, anche eseguite in strutture pubbliche (ARPA) sono a carico del proponente dell'intervento di caratterizzazione e bonifica.

Le controanalisi riguarderanno una quota variabile dei campioni totali che dovrà essere definita nell'approvazione del piano di caratterizzazione e del progetto definitivo (indicativamente il 10%).

L'esecuzione delle analisi deve essere sempre preceduta da un incontro tecnico fra il laboratorio di analisi, il laboratorio di riferimento che procederà alle controanalisi (ARPA) e le autorità di controllo, ciò al fine di concordare le metodiche analitiche, l'utilizzo di campioni standard di riferimento a composizione nota e, più in generale, per una intercalibrazione che consenta il successivo confronto e validazione dei dati.

Le aliquote di controllo dovranno essere opportunamente conservate fino al rilascio della certificazione (comma 8, art. 17, D.Lgs. 22/97) da parte delle autorità preposte.

Devono essere definite, in sede di approvazione del piano di caratterizzazione, le modalità di valutazione dei risultati ottenuti: cioè i limiti entro i quali viene definita accettabile la differenza fra i dati desunti dalle analisi per il progetto e le analisi di validazione .

5. SOSTANZE DA ANALIZZARE

In via preliminare, in mancanza di più precisi elementi desumibili dal modello concettuale, si indica un set minimo di parametri analitici da determinare.

6.1 Analisi suoli

Per qualsiasi tipologia di suolo indagato i seguenti parametri vanno intesi come "analisi preliminari":

- Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo tot, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Cianuri (liberi), Floruri (solubili);
- Idrocarburi leggeri (C<12) e idrocarburi pesanti (C>12);
- IPA (parametri da 25 a 34 della Tabella 1 Allegato 1 D.M. 471/99);
- Alifatici clorurati cancerogeni, non cancerogeni e Alifatici alogenati cancerogeni;
- PCB.

In aggiunta a tali determinazioni, andranno eseguite specifiche analisi relative agli inquinanti connessi con le attività antropiche effettuate sull'area/sito.

Per le metodiche analitiche sull'analisi dei suoli si forniscono i seguenti riferimenti:

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

- Manuale UNICHIM n. 145;
- Metodi elaborati dall'Environmental Protection Agency statunitense
- "Raccolta metodi di analisi del suolo 2000" ANPA, si veda il sito <http://www.sinanet.anpa.it/aree/Geosfera/CDROM/start.htm>.

6.2 Analisi acque

Acque:

- Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Cianuri (liberi), Fluoruri;
- Idrocarburi totali;
- BTEX (Benzene, Toluene, Etil-benzene, Xileni);
- Per la ricerca di particolari contaminanti, potranno essere ricercate anche sostanze che, seppur non contemplate nell'All.1, sono considerate traccianti significativi (es. MTBE per la benzina verde SP);
- Alifatici clorurati cancerogeni, non cancerogeni e Alifatici alogenati cancerogeni (parametri da 39 a 57 della "Tabella Acque sotterranee" dell'Allegato 1 D.M. 471/99);
- IPA (parametri da 29 a 37 della "Tabella Acque sotterranee" dell'Allegato 1 del D.M. 471/99).

Per le metodiche analitiche sull'analisi delle acque si possono utilizzare i seguenti riferimenti:

- Metodi IRSA;
- Metodi riportati nel DPR 236/88 relativo alle acque destinate al consumo umano;
- Metodi elaborati dall'Environmental Protection Agency statunitense.

6. ELABORAZIONE E PRESENTAZIONE DEI DATI

Al termine delle attività di indagine di campo e di laboratorio, deve essere redatto un rapporto di caratterizzazione ambientale del sito, in cui siano illustrati:

- i caratteri antropici, litologici ed idrogeologici dell'area e del suo immediato intorno;
- lo stato di qualità del sito, in termini di presenza e distribuzione spaziale delle sostanze inquinanti presenti nei diversi comparti ambientali, in confronto ai valori di riferimento.

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

- documentazione fotografica dei sondaggi (trivelle, trincee);
- carta/e di ubicazione delle indagini svolte e dei punti di campionamento e/o misura, con distinzione tipologica;

PROTOCOLLO OPERATIVO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 471/99

- carta/e di distribuzione degli inquinanti, sia in senso areale, che verticale.

7. CAMPIONAMENTO IN CUMULI

Al fine di garantire una adeguata certificazione dei materiali scavati e da avviare allo smaltimento/recupero, la caratterizzazione dei cumuli deve avvenire per lotti, seguendo quanto previsto della norma UNI 10802.

Laddove si valuti che problemi di costi e di tempi non rendano praticabile l'applicazione della norma UNI, andranno, comunque, seguiti alcuni criteri di base.

Le dimensioni massime dei lotti da caratterizzare non devono superare i 1000 m³. e, in ogni caso, ciascun lotto dovrà essere caratterizzato da un unico campione ottenuto dall'unione di un certo numero di incrementi. In particolare, per lotti di 1000 m³, si deve procedere al prelievo di almeno 20 incrementi costituiti da 10 prelievi profondi e 10 superficiali (es. per cumuli di altezza fino a 2 m, 10 incrementi fra 0-1 m di profondità e 10 incrementi fra 1-2 m di profondità).

Questi incrementi verranno miscelati fra loro al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, darà il campione da analizzare.

Il criterio individuato segue un principio di proporzionalità per cui lotti di dimensioni minori richiederanno un numero proporzionale di incrementi (ad es. lotti di 800 m³ almeno 16 incrementi (8 sup. e 8 prof.), lotti di 600 m³ 12 incrementi ecc.).

In ogni caso il numero minimo di incrementi con i quali ottenere il campione finale non può essere inferiore a 6.

Il prelievo degli incrementi può avvenire attraverso un campionamento sistematico (si veda punto 4.2 norma UNI 10802).

9. CAMPIONAMENTO DA PARETE E FONDO SCAVO

In seguito all'asporto del materiale contaminato/rifiuto si rende necessario verificare che gli strati di terreno in posto non siano stati interessati dall'inquinamento. Si dovrà quindi procedere ad un campionamento del fondo scavo e delle pareti.

In via indicativa, salvi diversi accordi da concordare con le Autorità di Controllo:

- per il fondo scavo si ritiene di realizzare un campione rappresentativo di un'area non superiore ai 100 m² (in tale caso il campione sarà ottenuto dalla miscelazione di 10 aliquote prelevate sulla base di una griglia regolare sull'area); è fatta salva la possibilità di prelevare campioni puntuali, laddove evidenze stratigrafiche lo consiglino, o di definire delle sottoaree;
- per le pareti di scavo si ritiene di eseguire un campione composito (parete/settori di parete) ottenuto dalla miscelazione di più aliquote prelevate su superfici non superiori ai 50 m² (in tale caso il campione sarà ottenuto dalla miscelazione di 5 aliquote prelevate sulla base di una griglia regolare sull'area);); è fatta salva la possibilità di prelevare campioni puntuali, laddove evidenze stratigrafiche lo consiglino, o di definire delle sottoaree.