

METODOLOGIE DI INDAGINE E BONIFICA DI SUOLI CONTAMINATI DA IDROCARBURI SEMIVOLATILI

Carminè M., Cantarella P., Colla M., Rogate P. - BETA S.r.l. - Tecnologie di Bonifica e Monitoraggio

1. PREMESSA

L'esperienza descritta nel presente articolo illustra un intervento di bonifica, tramite Bioventing, di un'area contaminata da gasolio a seguito di una rottura di un serbatoio interrato.

L'intervento di bonifica è stato preceduto da uno studio in cui è stata analizzata la caratterizzazione idrogeologica dell'area, il grado di contaminazione del terreno e della falda, le modalità di propagazione e le caratteristiche della sostanza inquinante; nell'ambito di questa fase di indagine è stato impiegato un sistema di soil gas survey passivo in grado di individuare anche basse concentrazioni di sostanze volatili, non determinabili con le più conosciute metodologie di tipo attivo.

2. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO

L'area in esame è ubicata in posizione apicale di un conoide torrentizio, che costituisce una unità morfologica ad andamento subpianeggiante con una lieve pendenza verso il lago, in cui sfocia il corso d'acqua.

l'assetto stratigrafico dell'area è caratterizzato da una successione di depositi alluvionali, all'interno della quale si possono riconoscere due istinti orizzonti:

I orizzonte: costituito da ghiaie e sabbie, con spessore medio di 14 m, localmente intercalato da livelli con una maggiore frazione limoso-argillosa nella matrice, a limitato sviluppo laterale.

II orizzonte: rappresentato da un livello di limo grigio a scarsa permeabilità, evidentemente connesso ad una fase di deposizione a bassa energia, presumibilmente riconducibile a depositi lacustri correlabili a periodi di alti livelli delle acque del lago. I carotaggi eseguiti non hanno mai attraversato questo orizzonte per fini cautelativi, in modo tale da non diffondere in profondità eventuali contaminazioni presenti nei livelli più superficiali.

I sedimenti alluvionali del primo orizzonte sono sede di un acquifero freatico la cui superficie piezometrica si trova ad una quota media di 293 m s.l.m., con una soggiacenza dal piano campagna variabile tra 8.5 e 11.2 m.

Il quadro idrogeologico della zona in esame può essere ricondotto ad un sistema falda/fiume ove il torrente esercita una azione di ricarica della falda in seguito alle perdite di subalveo nel tratto in cui scorre sui sedimenti permeabili del conoide; pertanto le quote del livello piezometrico della falda sono condizionate prevalentemente dall'apporto di acqua dal torrente, con conseguenti significative variazioni stagionali.

L'area del P.V. era interamente pavimentata con binder bituminoso in ottimo stato di conservazione e pertanto determinava un buon livello di impermeabilizzazione superficiale, impedendo l'infiltrazione di acque piovane nel sottosuolo.

3. ANALISI DELLA CONTAMINAZIONE DEL TERRENO

Trattandosi di un inquinamento da gasolio, quindi di un prodotto a bassa volatilità, la determinazione della contaminazione del terreno è stata effettuata attraverso una campagna di soil gas survey passivo, sulla base della quale sono stati ubicati tre sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni per le analisi di laboratorio.

Nel caso di composti semivolatili l'impiego della più diffusa tecnica del soil gas survey attivo, per la ricerca di eventuali focolai di inquinamento, risulta pressoché inapplicabile, soprattutto se vengono utilizzate esclusivamente fiale colorimetriche; in questo caso quindi è stata scelta la tecnologia passiva mediante l'installazione di 16 moduli Gore-Sorber, distribuiti secondo una maglia regolare nell'ambito del Punto Vendita ed in un intorno significativo.

I moduli Gore-Sorber, installati in fori di circa 2 cm di diametro ad una profondità di circa 1.5 m, sono costituiti da un tubicino inerte, idrofobo e microporoso di Goretex contenente speciali capsule in grado di assorbire e fissare anche piccole concentrazioni di sostanze inquinanti.

I sorber sono stati prelevati dopo 17 giorni, richiusi in appositi contenitori ermetici per evitare possibili contaminazioni, ed inviati ai laboratori Gore di Elkton (MD, USA) dove sono stati sottoposti ad analisi chimica secondo metodiche standard ISO, basate su tecnologie analitiche che utilizzano desorbimento termico, spettrometria di massa e gascromatografia.

Le analisi di laboratorio sono state finalizzate sia all'individuazione dei gasoli sia degli idrocarburi aromatici tipici delle benzine; i composti determinati sui singoli moduli installati sono stati i seguenti:

Benzene; Toluene; Etilbenzene; m,p-Xilene; o-Xilene

Undecano; Tridecano; Pentadecano;

MTBE; Ottano; 2-Metilnaftalene

Obiettivo delle analisi è stato anche quello di discriminare ed individuare l'eventuale presenza di contaminazioni dovute a benzina, distinguendole da quelle connesse alla perdita di gasolio.

Le metodologie analitiche impiegate in laboratorio sono certificate da un programma GLP (Good Laboratory Practices) e ISO Guide 25, General Requirements for the Competence of Calibration and Testing Laboratories; inoltre i laboratori di analisi del sistema Gore-Sorber sono stati anche sottoposti ad audit da consulenti ambientali del programma CERCLA/SARA (Superfund) e RCRA, condotti sotto la direzione dell'USEPA.

Le concentrazioni degli alcani appartenenti al range dei gasoli (undecano, tridecano, pentadecano) riscontrati sui moduli installati non hanno evidenziato concentrazioni elevate, raggiungendo un valore di picco pari a 0.11 µg, in corrispondenza del modulo installato in adiacenza al serbatoio interessato dalla perdita; mentre nei restanti moduli le concentrazioni erano inferiori di un ordine di grandezza, da ciò è già stato possibile dedurre che la diffusione areale dell'inquinamento era piuttosto limitata e ristretta nell'ambito del Punto Vendita (Fig. 1).

Le concentrazioni di composti aromatici (BTEX) rilevate sono risultate anch'esse estremamente basse, tali da non indicare la presenza di contaminazioni specifiche da benzina.

Le analisi di laboratorio condotte sui campioni di terreno prelevati nel corso dei carotaggi hanno evidenziato, in corrispondenza del sondaggio ubicato ove era stata riscontrata la maggior concentrazione di alcani nei moduli installati, una concentrazione di idrocarburi di 1120 mg/kg a 11.4 m e di 230 mg/kg a 11.8 m di profondità, pressoché in corrispondenza del livello piezometrico della falda; inferiormente a tali quote la contaminazione era praticamente assente con concentrazioni nel terreno di 10 mg/kg.

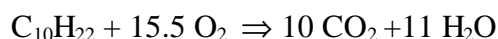
Sulla base dei risultati del soil gas surveys e dei sondaggi eseguiti è stata individuata la zona da sottoporre ad un intervento di bonifica che è risultata di circa di 600 m² di superficie.

4. BONIFICA DEL TERRENO

La bonifica di siti contaminati da composti semivolatili può essere affrontata on site mediante tecnologie di ventilazione del suolo; tali interventi rappresentano una metodologia efficace ed al contempo economicamente vantaggiosa, ampiamente sperimentata nel caso di composti volatili e meglio nota come soil venting, mentre nel caso di composti semivolatili, che hanno una bassa pressione di vapore, è possibile utilizzare una variante a tale metodo denominata BIOVENTING.

Tale metodologia sfrutta la presenza di batteri indigeni, già naturalmente presenti nel sottosuolo, stimolandoli con un continuo apporto di O₂, inducendo quindi nel sottosuolo condizioni aerobiche che provocano l'innescò della bonifica dei suolo ad opera dei batteri già naturalmente presenti.

Il processo di ventilazione, apportando ossigeno nella zona contaminata, innesca dei processi microbiologici di mineralizzazione dei composti idrocarburi che, nel caso dei gasoli (n-decano), possono essere descritti dalla seguente espressione:



l'espressione indica che attraverso l'impiego di circa 3.5 g di ossigeno i batteri sono in grado di mineralizzare 1 g di gasolio in biossido di carbonio.

4.1 MODALITA'ESECUTIVE INTERVENTO

Sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e granulometriche della porzione di terreno da sottoporre a bioventing sono stati realizzati 3 pozzi di ventilazione, opportunamente distribuiti nella zona contaminata con una distanza media di circa 15 m e raccordati in un unico impianto di ventilazione; sia i pozzetti di aspirazione che le tubazioni di collegamento sono state realizzate completamente interrato in modo tale da ridurre al minimo l'impatto delle azioni di bonifica sull'attività del Punto Vendita (Fig. 2).

Nella fase iniziale dell'intervento è stato eseguito un test pilota al fine di verificare i raggi di influenza dei singoli pozzetti, ottimizzare il sistema di aspirazione in relazione al rapporto portata/depressioni, verificare l'attività batterica e le concentrazioni di idrocarburi nel flusso d'aria emesso in atmosfera.

Nel corso del test pilota sono stati quindi monitorati, a vari gradini di portata/depressione, sia le concentrazioni di CO₂ e di O₂, di idrocarburi sui singoli pozzi di aspirazione, sia le depressioni indotte sugli altri pozzi al fine di verificare i raggi di influenza di ciascuno; nel corso della prova pilota gli stessi parametri sono stati monitorati anche in un analogo pozzo di controllo e taratura realizzato all'esterno della zona contaminata.

I risultati della prova pilota hanno confermato l'elevata permeabilità della zona in quanto le concentrazioni di O₂ si sono stabilizzate su valori prossimi a quelli atmosferici, mentre la concentrazione di CO₂ è stata compresa tra 800 e 1500 ppm per singolo pozzetto, con un flusso di aria pari a circa 450 m³/h; inoltre si è rilevata la presenza di una significativa concentrazione di idrocarburi nel flusso di aria estratta.

Pertanto sulla base dei risultati del test pilota è stato installato un impianto integrato ad ossidazione catalitica in grado di indurre la necessaria ventilazione nel sottosuolo ed al contempo di trattare i vapori estratti.

Questo impianto, che ha un ingombro di circa 4 m² è costituito da un bruciatore che riscalda l'aria sino alla temperatura di circa 300° C, il flusso d'aria viene quindi condotto su di un catalizzatore, che permette l'abbattimento degli idrocarburi attraverso una trasformazione delle catene di carbonio in CO₂ e H₂O; tale reazione è di tipo esotermico ed il calore sviluppato è direttamente proporzionale alla quantità di idrocarburi trattati dall'impianto, quindi il monitoraggio in continuo della temperatura in ingresso ed in uscita dalla piastra catalitica ha permesso di determinare le concentrazioni di idrocarburi trattati dall'impianto.

La scelta di impiego di un impianto ad ossidazione catalitica è stata effettuata sia per diminuire l'area di cantiere, sia per ragioni economiche in quanto ha permesso un significativo risparmio rispetto all'installazione di un sistema di trattamento con carboni attivi.

Dopo due mesi di funzionamento, nel corso dei quali si è pressoché annullata la presenza dei composti volatili nell'aria estratta, l'impianto ad ossidazione catalitica è stato sostituito da un impianto di ventilazione che non prevede alcun trattamento dell'aria estratta.

Nel corso dell'intervento di bioventing sono stati costantemente monitorati i seguenti parametri:

- concentrazione di O₂ e di CO₂ sia attraverso l'esecuzione di un "in situ respiration test", ovvero mediante la sospensione temporanea della ventilazione ed il monitoraggio della variazione del rapporto tra O₂ e CO₂, sia attraverso l'analisi delle concentrazioni nel flusso d'aria estratto;
- concentrazione degli idrocarburi volatili presenti nel flusso d'aria;
- portata aria estratta dai singoli pozzi di ventilazione e depressioni indotte.

Attualmente l'intervento di bonifica è ancora in corso ma i dati ottenuti nei primi 60 giorni di funzionamento dell'impianto delineano già chiaramente la resa del sistema di bonifica; infatti il monitoraggio della CO₂ ha indicato che con un flusso costante di 450 m³/h ed una concentrazione di O₂ pari a quella atmosferica (20-21 %) si è riscontrata una costante presenza di CO₂ con concentrazioni medie di 2000/2500 ppm.

Un simile valore indica pertanto, sulla base della reazione indicata al capitolo precedente, che la capacità di mineralizzazione dei batteri presenti nel sottosuolo è in grado di mineralizzare complessivamente circa 500-600 l/mese di gasolio.

BIBLIOGRAFIA

DONG X. LI., 1995 – "Bioventing Feasibility assesment and system design using subsurface oxygen sensors". *Journal of the air e waste management association, Ottobre 1995, volume 45.*

DOWNEY D.C., GUEST P.R., CULLEY C.A., 1992 "Combined physical and biological treatment of diesel contaminated soil". In: "*Contaminated Soil Diesel fuel contamination*". 1992 a cura di Kosteck P.T., Calabrese E.J. Lewis Publisheres.

DOWNEY D.C. AWOSIKA O.A., STAETS E., 1994 "Initial results from a bioventing system with vapor recirculation". In: "*Hydrocarbon Bioremediation*" 1994 a cura di Hinchee R. E., Alleman B. C., Hoepfel R.E., Miller R.N. Lewis Publisheres.

DOWNEY D.C., PLUHAR C.J., DUDUS L.A. , BLYSTONE P.G. , MILLER R.N. , LANE G.L., TAFFINDER S., 1994 "Remediation of gasoline-contaminated soil using regenerative resin vapor treatment and in situ bioventing". In: "*Petroleum hydrocarbons and organic chemicals in Ground Water: prevention, detection and remediation*" Conference November 2-4, 1994 - Houston, Texas.

KENT B., GRAVES D., 1992 "Enhanced Biodegradation of contaminated soil using vent wells". In: "*Contaminated Soil. Diesel fuel contamination.*" 1992 a cura di Kosteck P.T, Calabrese E.J.. Lewis Publisheres.

RATZ J.W., DOWNEY D.C., 1994. – "In situ bioventing: preliminary results of three pilot tests performed at Hickam Air Force Base, Hawaii". In: "*Proceedings of The Eighth national Outdoor Action Conference and Exposition*" May 23-25, 1994 Minneapolis Convention Centre - Minnesota.

VAN EYK J., 1994 "Venting and bioventing for the in situ removal of petroleum from soil" in: "Hydrocarbon Bioremediation" 1994 a cura di Hinchee R.E., Alleman B.C., Hoepfel R.E., Miller R.N. Lewis Publisheres.

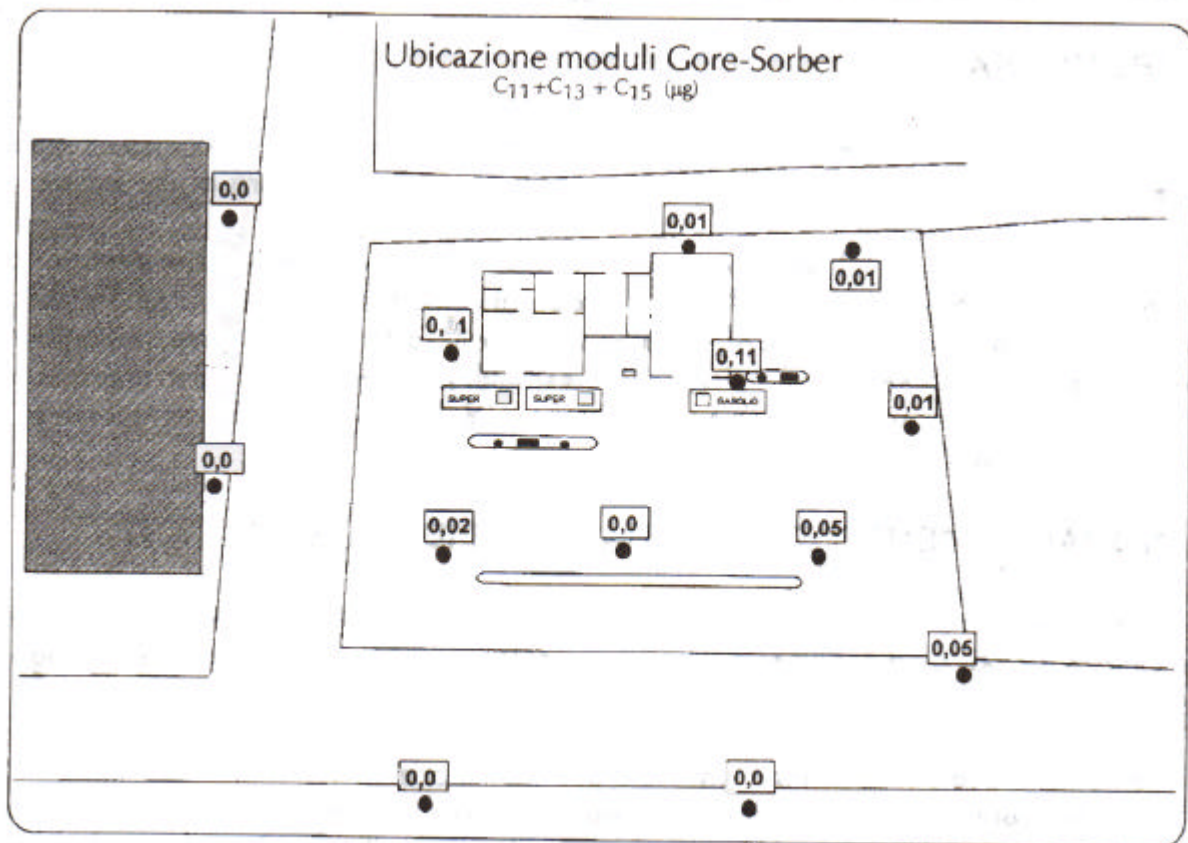


Fig. 1 - Ubicazione dei moduli Gore-Sorber

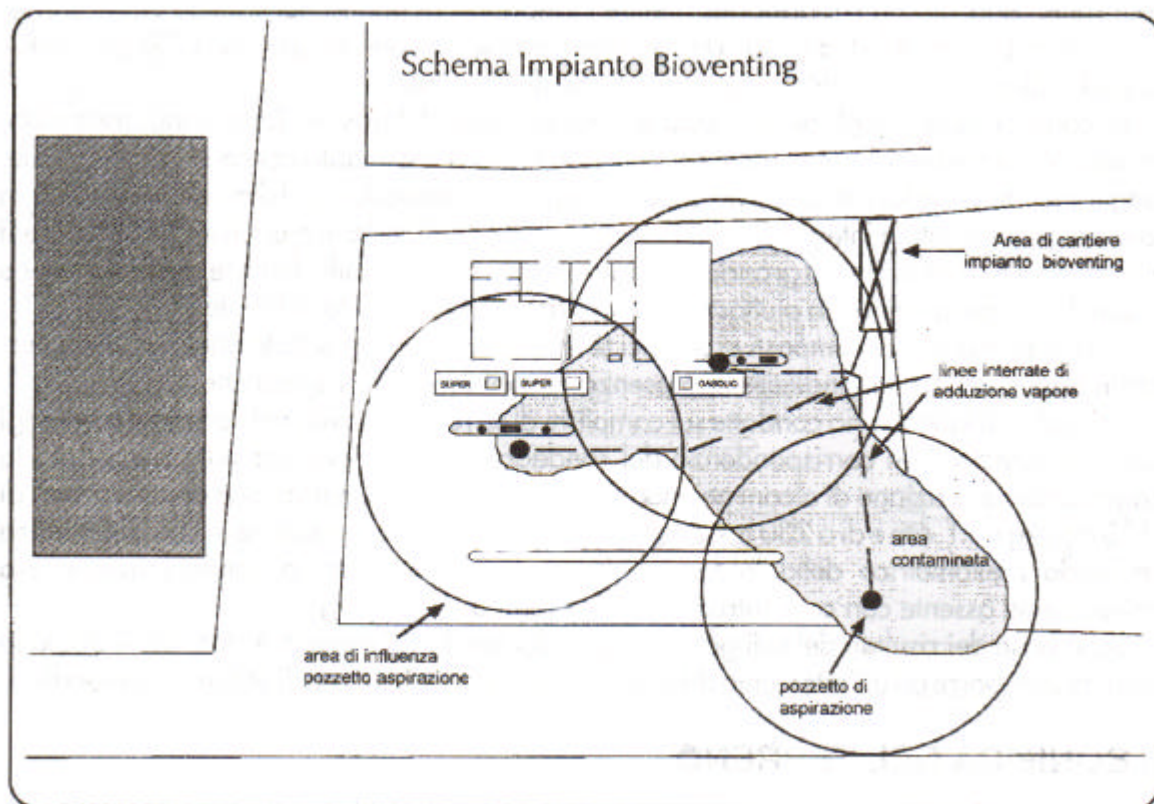


Fig. 2 - Schema impianto bioventing