

ASSOGEOLOGI FERRARA REMTECH 2007

**Tecnologie in-situ:
un'opportunità del D.Lgs. 152/2006 per
incentivare il recupero di aree
contaminate attraverso tecnologie
sostenibili**

Dott. Ing. Jacopo Jaffei

Analisi di Rischio: supporto all'applicazione di tecnologie in situ

- **L'AdR, cardine della procedura, necessaria per la determinazione delle Concentrazioni soglia di rischio**
- **Determinazione delle Csr attraverso la valutazione delle vie di esposizione più sensibili**
- **Selezione delle tecnologie in situ applicabili, per il raggiungimento delle Csr e stima della loro efficacia ed efficienza**
- **Interventi preliminari per l'applicazione della tecnologia (asportazione di contaminazioni puntuali ad alta concentrazione, ecc...)**

Applicazione di tecnologie in situ: alternativa alla discarica

- **La soluzione più comune per la bonifica di terreni è il conferimento in discarica**
- **L'inquinamento da idrocarburi di terreni e falde può essere affrontato tramite le tecnologie in situ**
- **Il rischio determinato dagli idrocarburi è essenzialmente dato dalle vie di esposizione legate alla volatilità ed alla solubilità**
- **Le tecnologie in situ permettono di eliminare entrambi i rischi**

Il test pilota: cardine della procedura decisionale

- **Il test pilota è indispensabile per verificare l'applicabilità della tecnologia al sito e per acquisire i parametri di progetto**
- **Al contrario l'uso di modelli di simulazione per la verifica dell'applicabilità della tecnologia, può determinare due rischi opposti:**
 - **Esclusione a priori la tecnologia potenzialmente applicabile**
 - **La stima non corretta della potenzialità della tecnologia con il sovradimensionamento o sottodimensionamento degli impianti**

Test pilota: due casi applicativi - (1)

CASO 1: Air Sparging + Soil Vapor Extraction

- **Contaminazione da gasolio**
- **Sottosuolo ghiaioso e sabbioso**
- **Contaminazione da 8 a 12 metri da p.c.**
- **Livello della falda posto circa 9 mt e 2-3 metri di spessore**
- **Test pilota mediante tomografia a resistività elettrica, per la determinazione del raggio di influenza in falda**

Test pilota: due casi applicativi - (2)

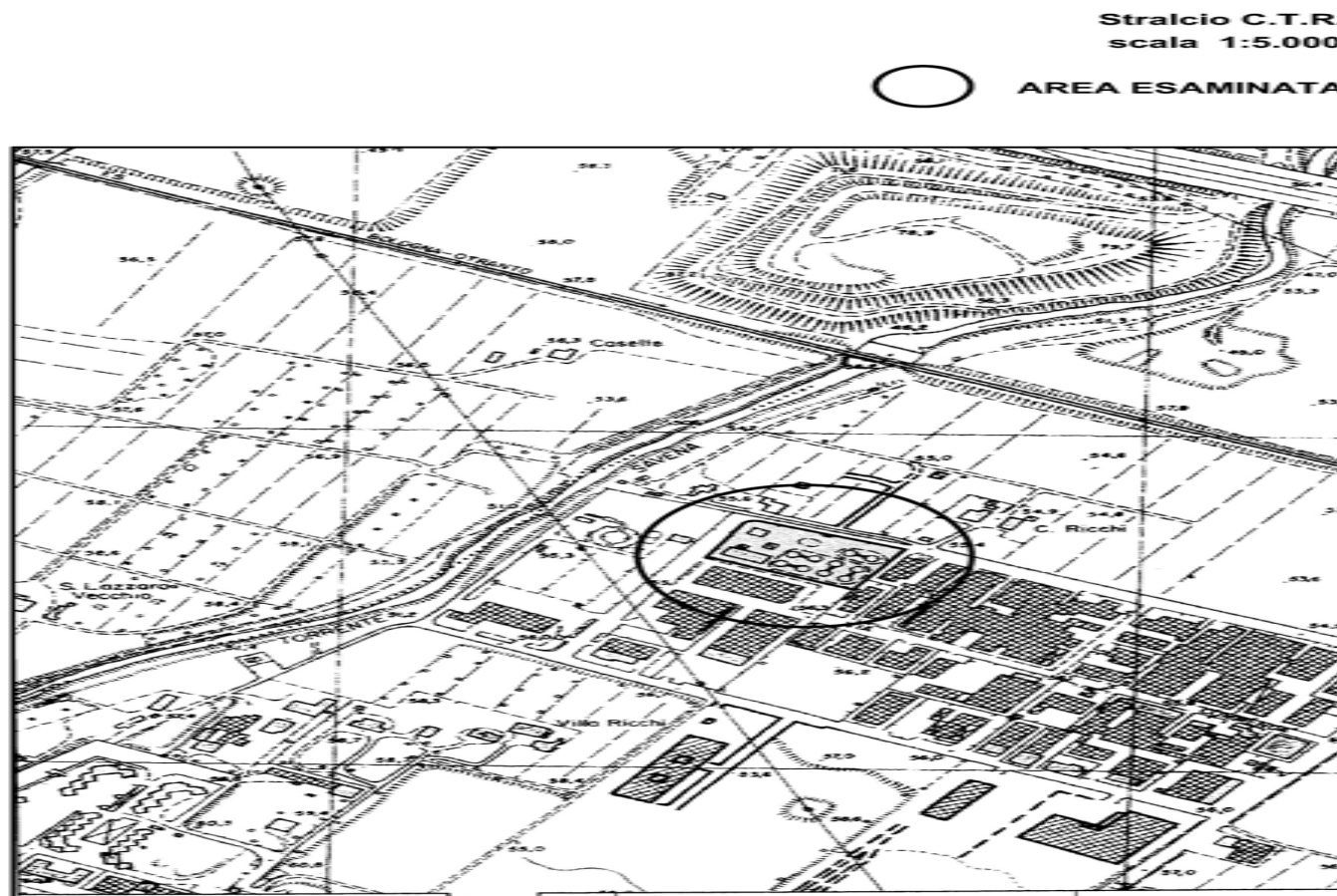
CASO 2: Bioventing

- **Contaminazione da gasolio e olio pesante**
- **Sottosuolo limoso e sabbioso**
- **Contaminazione da 4 a 7 metri da p.c.**
- **Test Pilota mediante prova respirometrica, per verificare la trattabilità del sottosuolo**

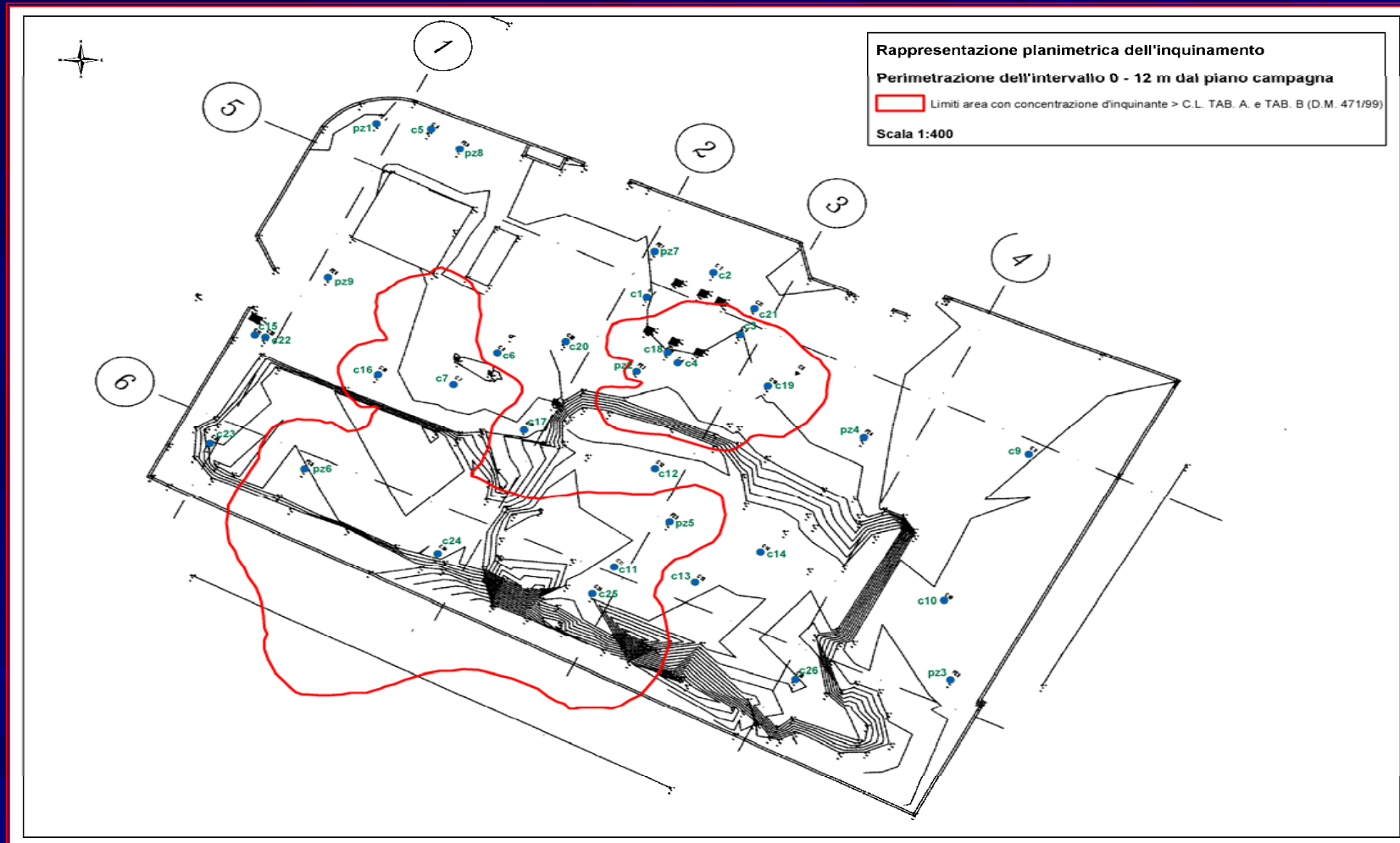
CASO 1: deposito di combustibili

- **Rilascio di gasolio da serbatoi interrati**
- **Inquinamento del sottosuolo**
- **Migrazione del combustibile dal sottosuolo alla falda**
- **Inquinamento del terreno in zona insatura e zona satura**
- **Applicazione della tecnologia di Air Sparging abbinata al Soil Vapor Extraction**

Area di intervento



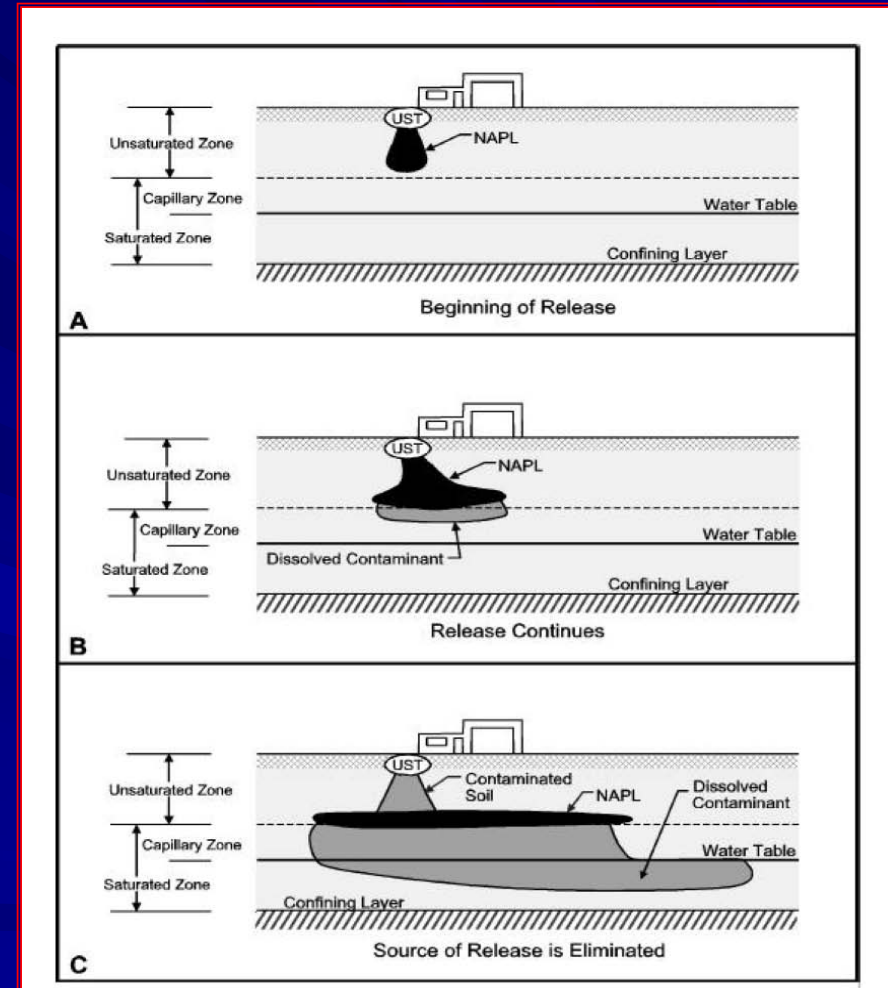
Perimetrazione dell'inquinamento



ASSOGEOLGI FERRARA - REMTECH 2007
Dott. Ing. Jacopo Jaffei

Il rilascio da serbatoi interrati

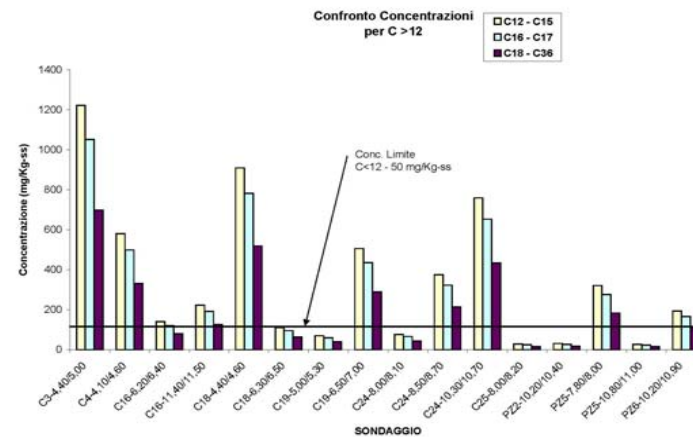
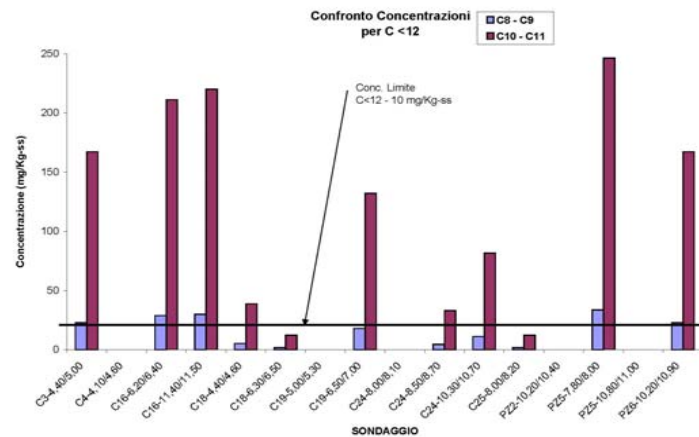
- Rilascio di gasolio da 3 serbatoi interrati
- In un'area del sito, il prodotto ha trovato uno strato meno permeabile ed è stato fermato
- In un'altra area invece non era presente tale orizzonte ed il prodotto ha raggiunto la falda
- L'argilla a 12 metri ha fermato la migrazione



ASSOGEOLOGI FERRARA - REMTECH 2007

Dott. Ing. Jacopo Jaffei

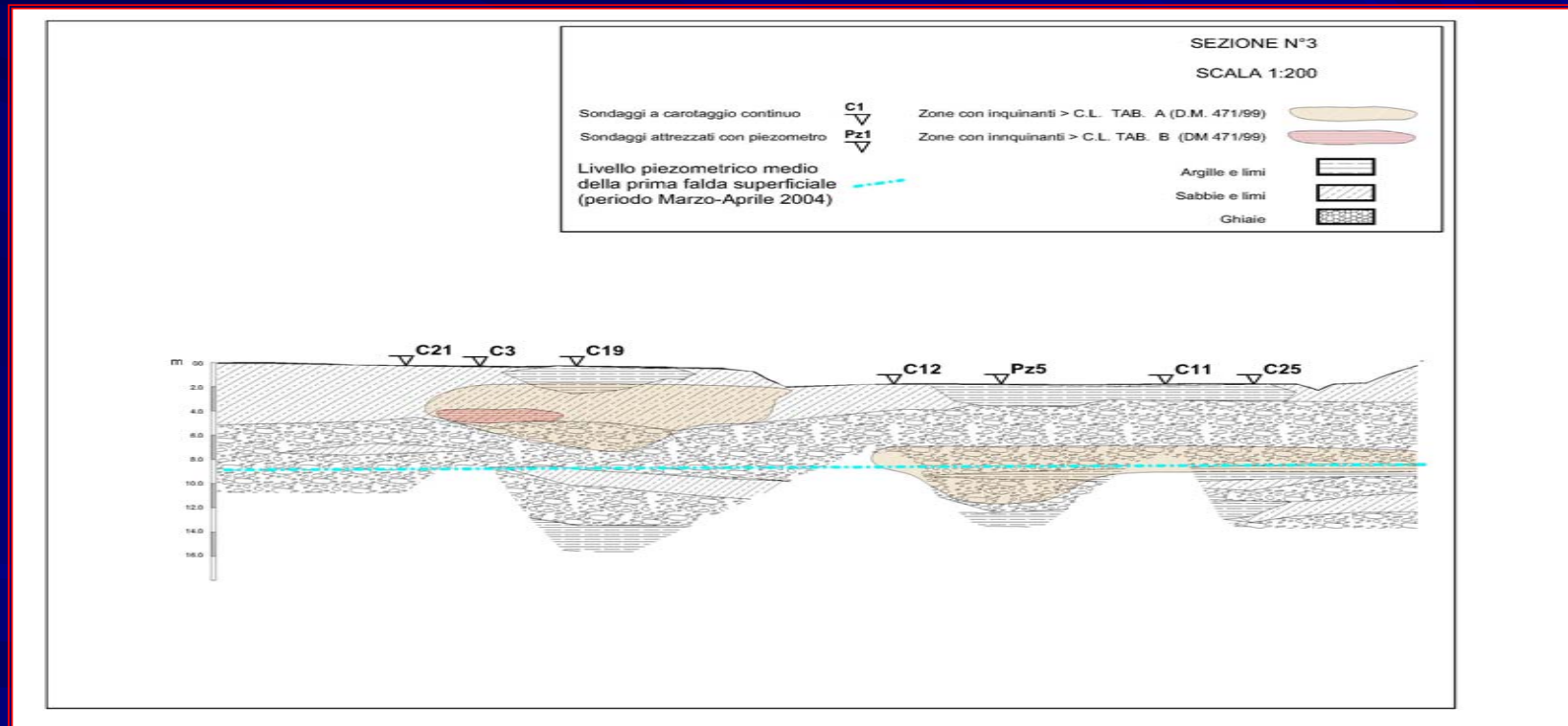
Suddivisione delle concentrazioni per atomi di carbonio



- Il finger printing è stato derivato attraverso dati di letteratura
- Il rischio nell'AdR è determinato dalle frazioni leggere che sono le più volatili e solubili

Stratigrafia tipo del sito (1)

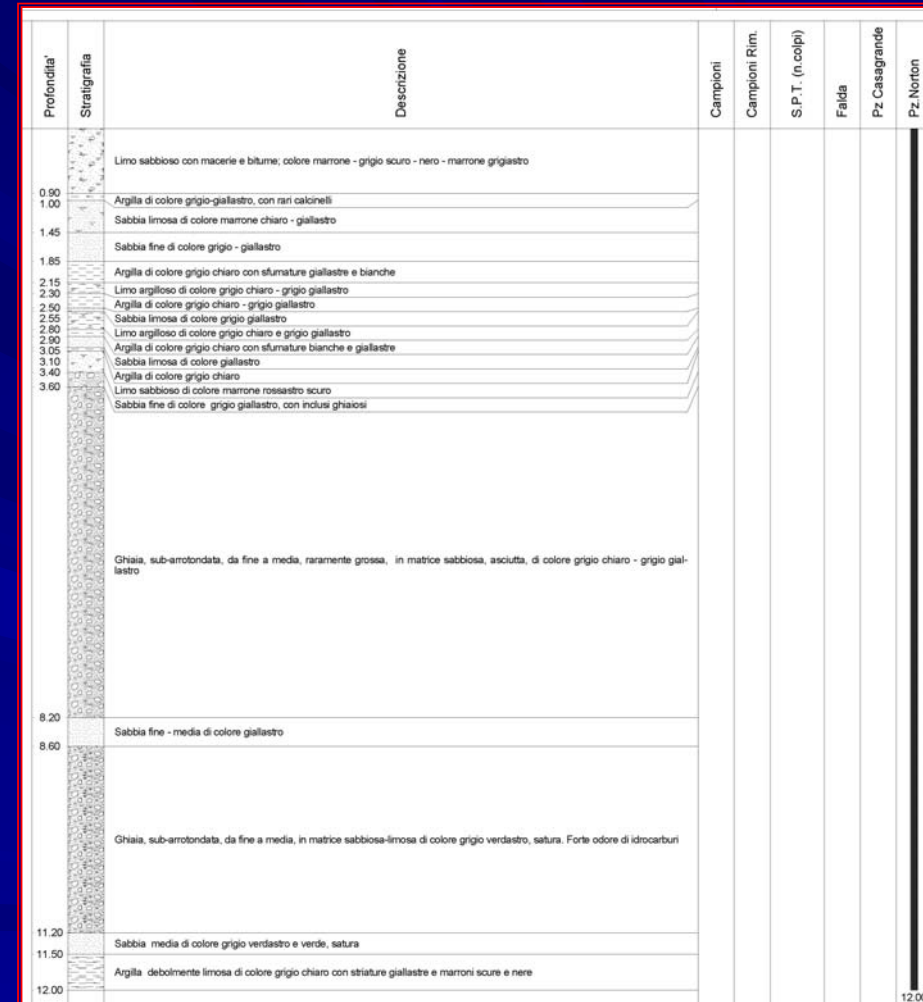
Caratteristiche del sito: ampio orizzonte ghiaioso da mt 4 a mt 12 da p.c.



Stratigrafia tipica del sito (2)

Caratteristiche del sottosuolo:

- Primi 4 metri di terreno a bassa permeabilità
- Da 4 a 12 metri, ghiaia ed un setto di sabbia esteso a tutto il lotto
- Falda a mt 9 di profondità
- Strato impermeabile di argilla a mt 12

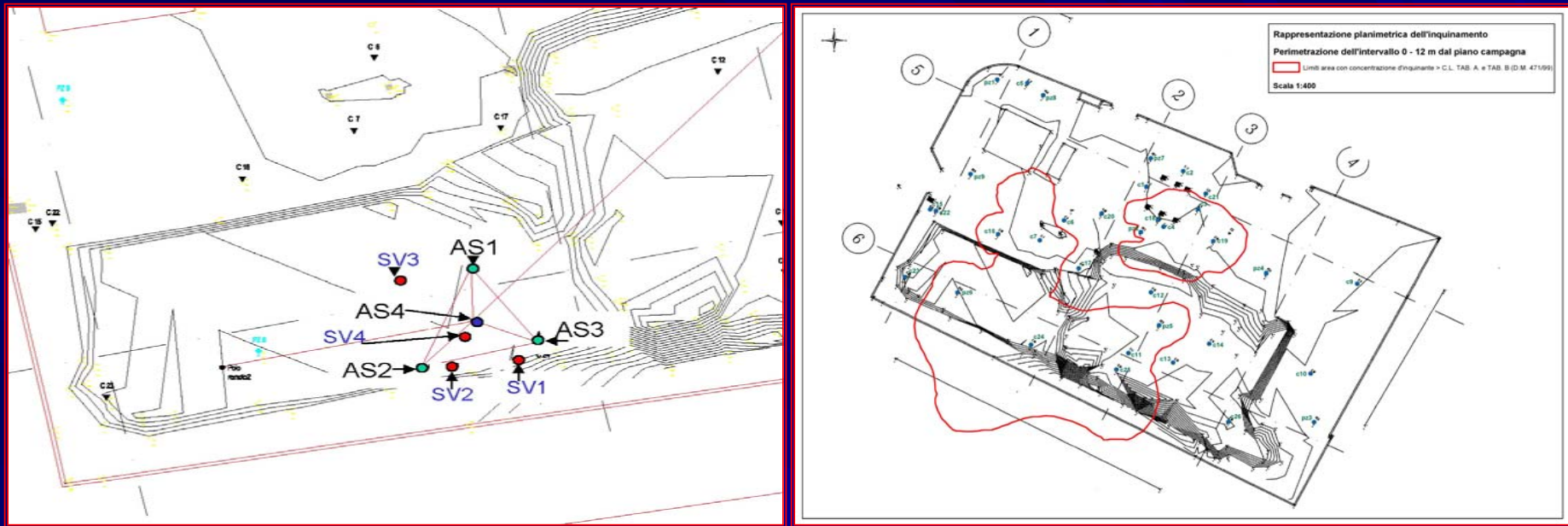


Esecuzione del test pilota

Determinazione in campo dei parametri di progetto:

- **Pressione e vuoto applicati**
- **Stima del raggio di influenza nel saturo determinato attraverso la tomografia a resistività elettrica**
- **Raggio di influenza nell'insaturo attraverso la misura delle depressioni indotte**
- **Misura delle concentrazioni estratte**
- **Misura dell'ossigeno disciolto**

Stima del raggio di influenza



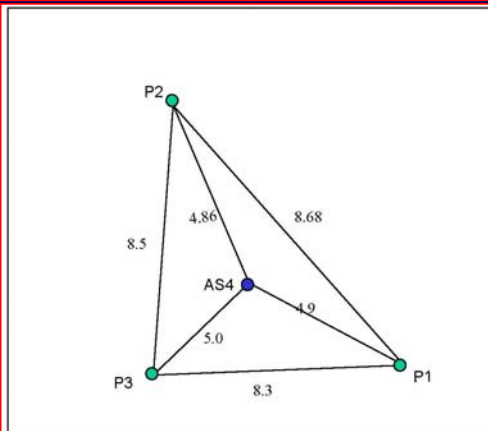
Quattro pozzi per la stima del ROI nel saturo
Quattro pozzi per la stima del ROI nell'insaturo

Distribuzione dei pozzi di Air Sparging

- **Quattro pozzi attrezzati per la tomografia elettrica, tre posti ai vertici di un triangolo ed uno centrale baricentrico**
- **Stima del ROI mediante la misura della variazione di resistività all'interno del volume delimitato dal prisma**



Condizioni prima della prova

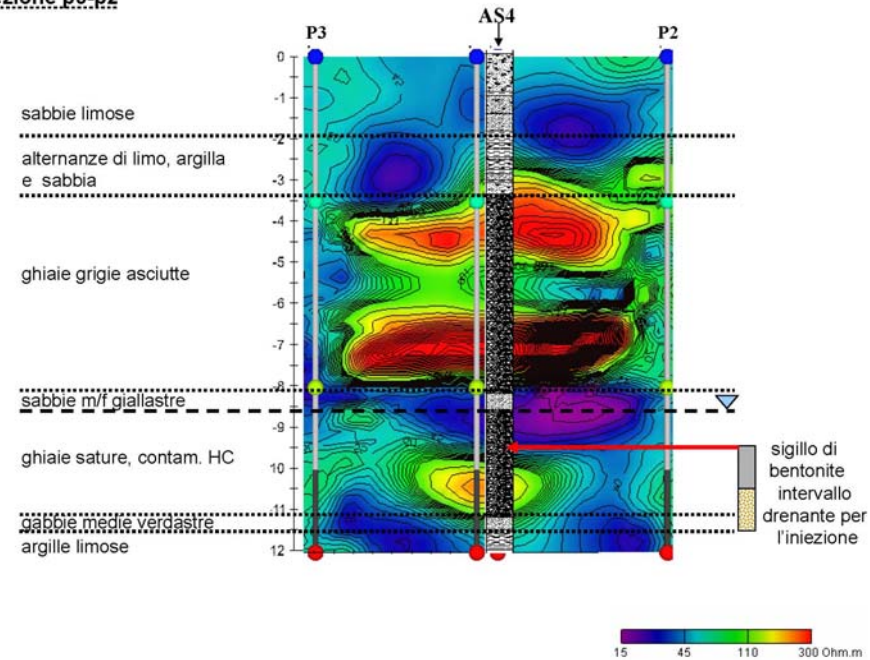


Schema di posizione dei fori di AS

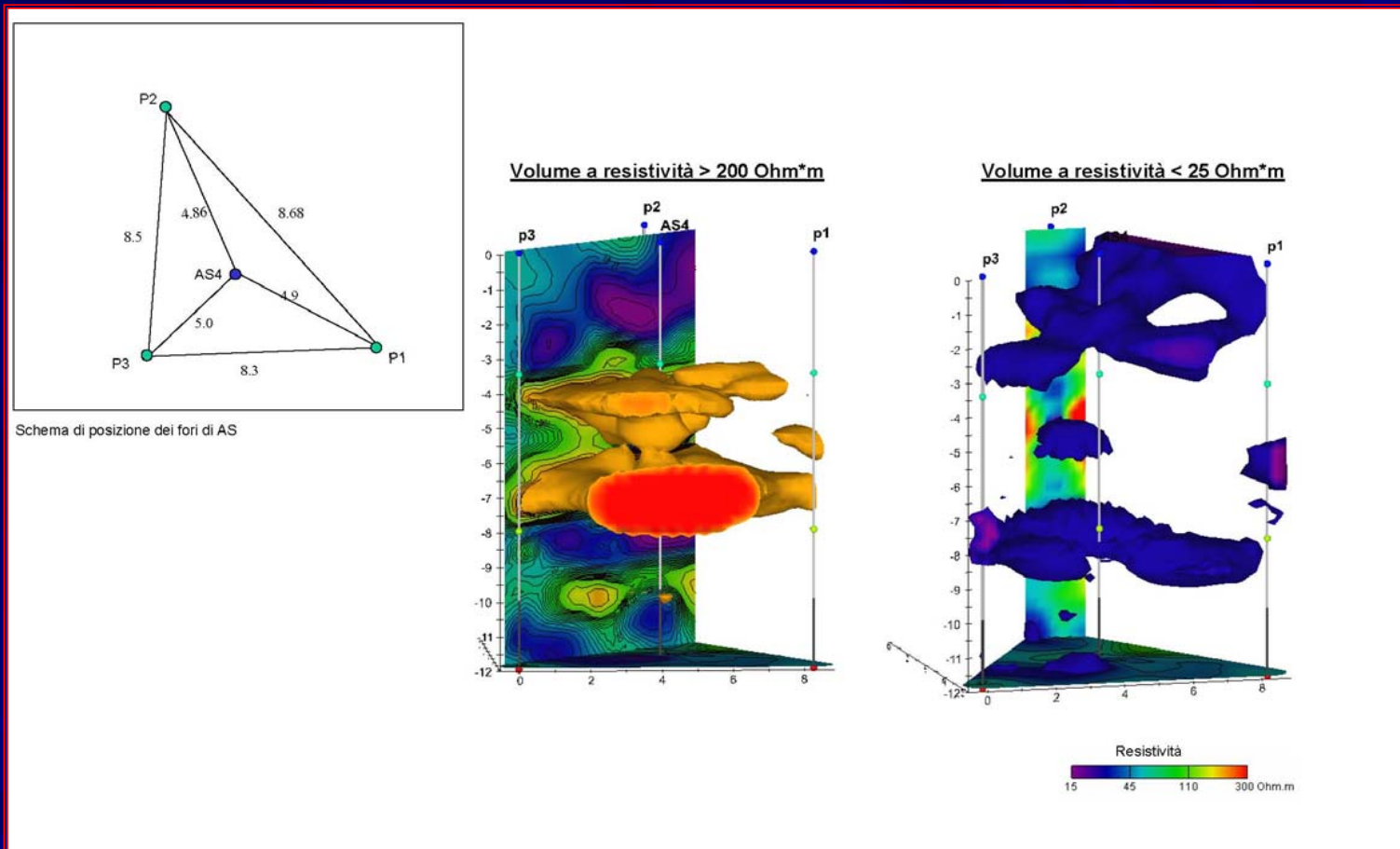


Ripresa fotografica al momento della prova di Air Sparging

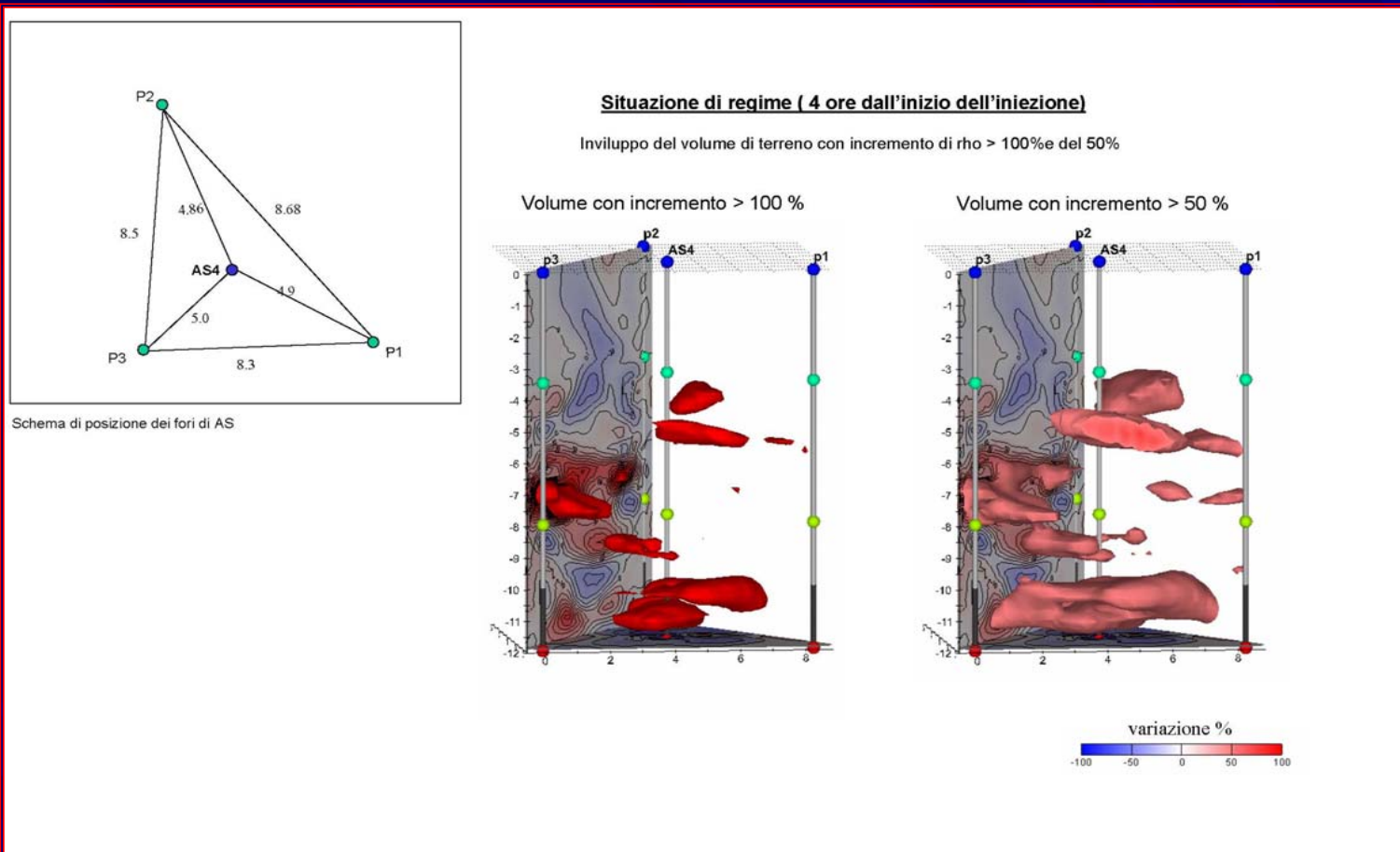
Sezione p3-p2



Resistività nel saturo e nell'insaturo



Resistività durante la prova di Air Sparging

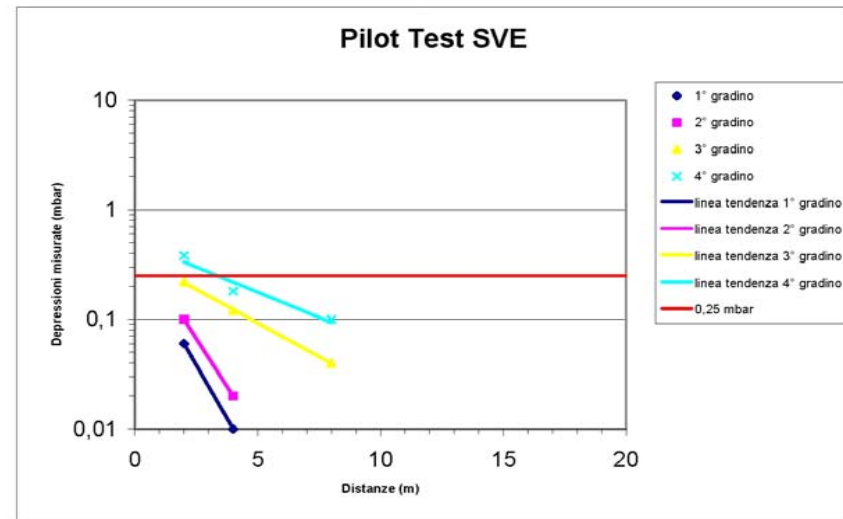
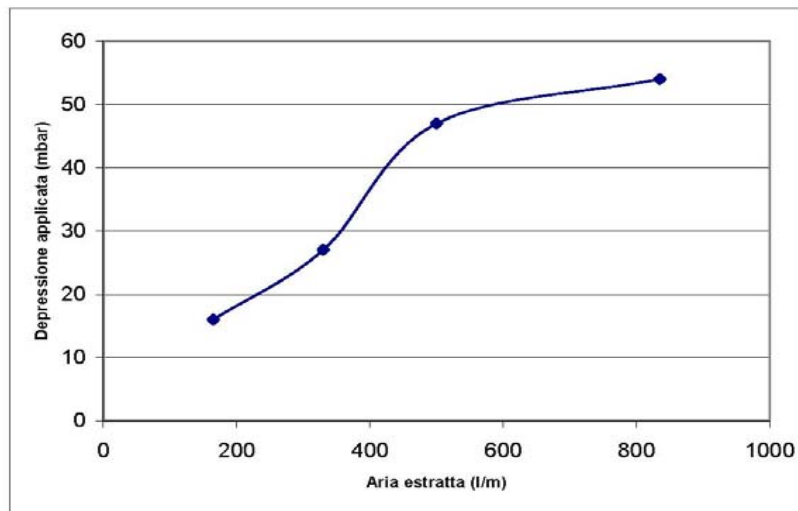


Distribuzione dei pozzi di Soil Vapor Extraction

- **Quattro pozzi spinti fino al tetto della falda, dei quali tre posti a circa 120° tra loro a distanze progressive ed uno centrale di aspirazione**
- **Stima del ROI mediante la misura della depressione indotta**



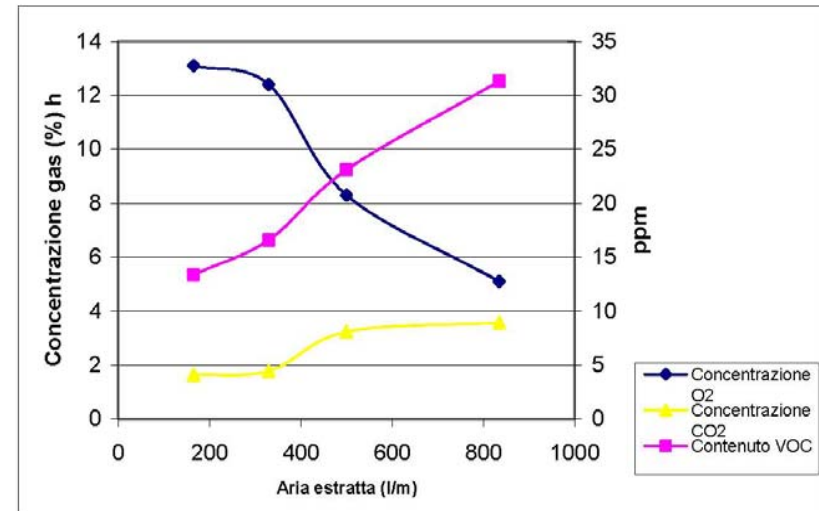
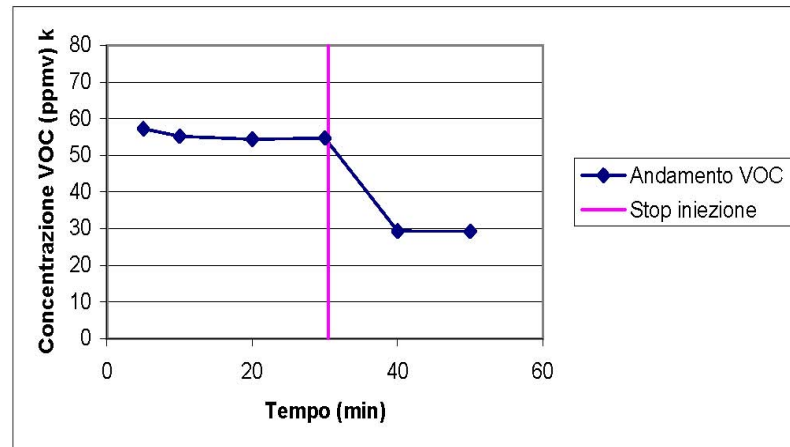
Stima del ROI nell'insaturo



Stima del ROI mediante la misura della depressione indotta

Misura delle portate e delle concentrazioni estratte

Estrazione dei vapori



Conduzione nello schema AS + SVE:

- Misura delle portate applicate
- Stima dell'efficienza sui vapori estratti

ASSOGEOLOGI FERRARA - REMTECH 2007

Dott. Ing. Jacopo Jaffei

Prova respirometrica

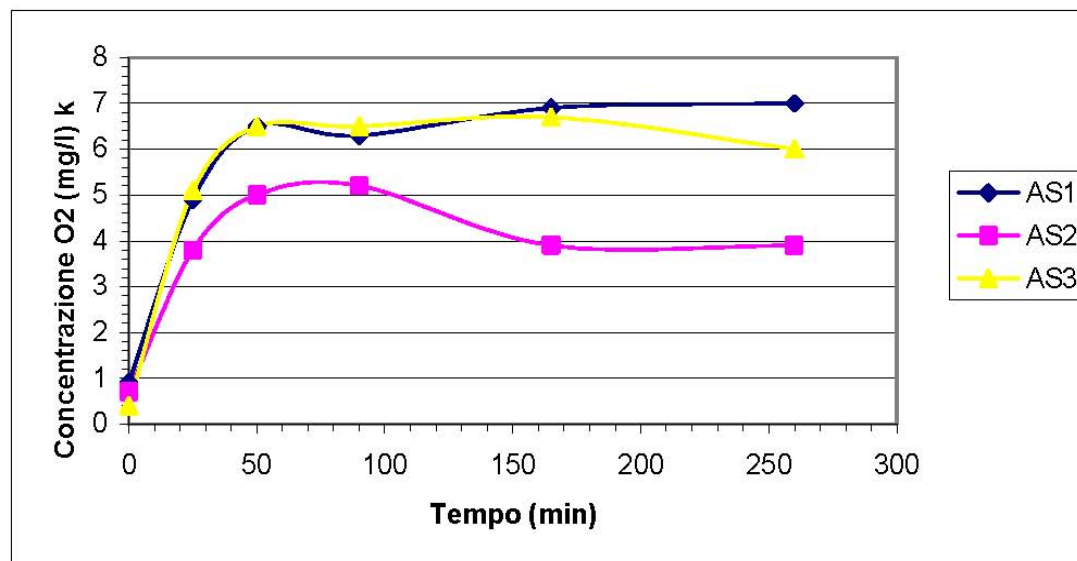
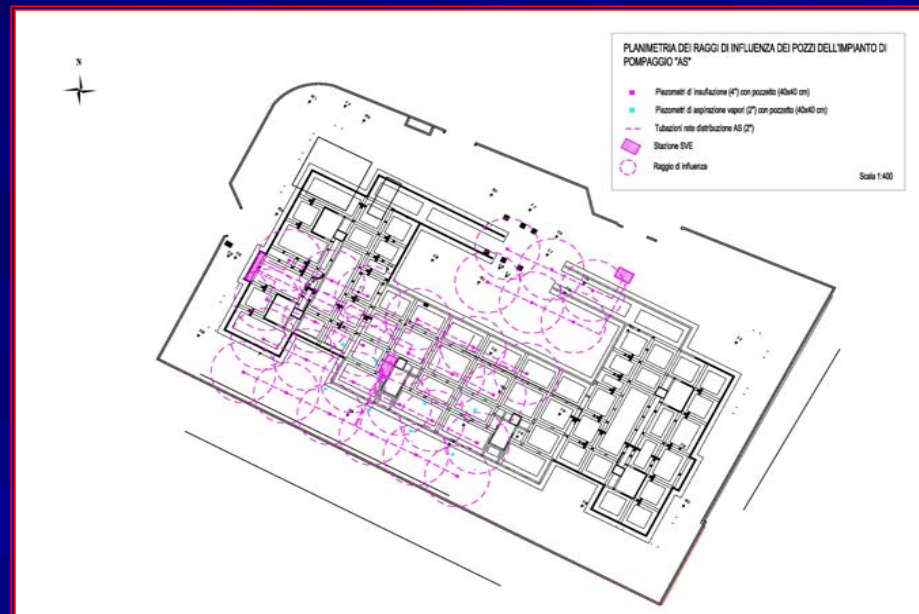


Grafico 5 - Andamento concentrazione ossigeno disciolto

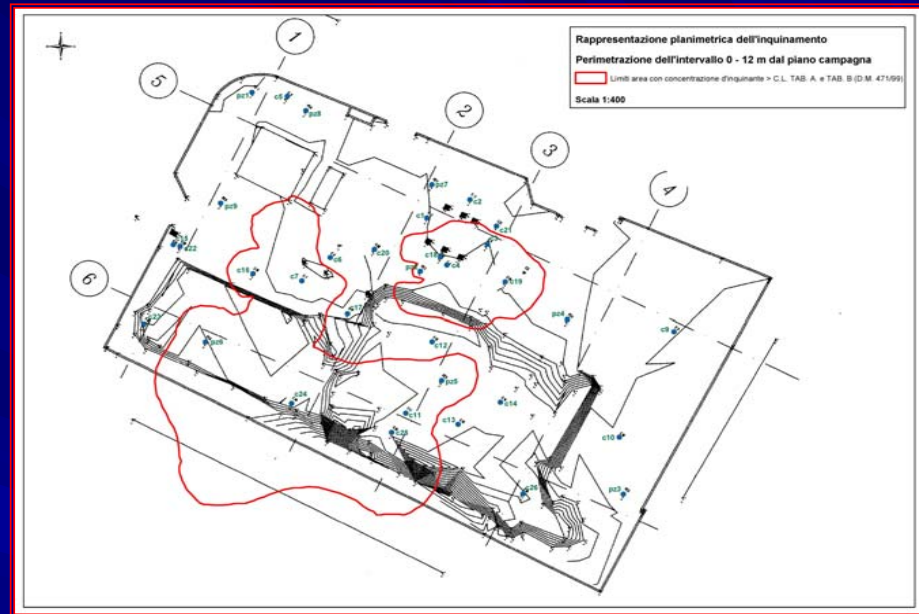
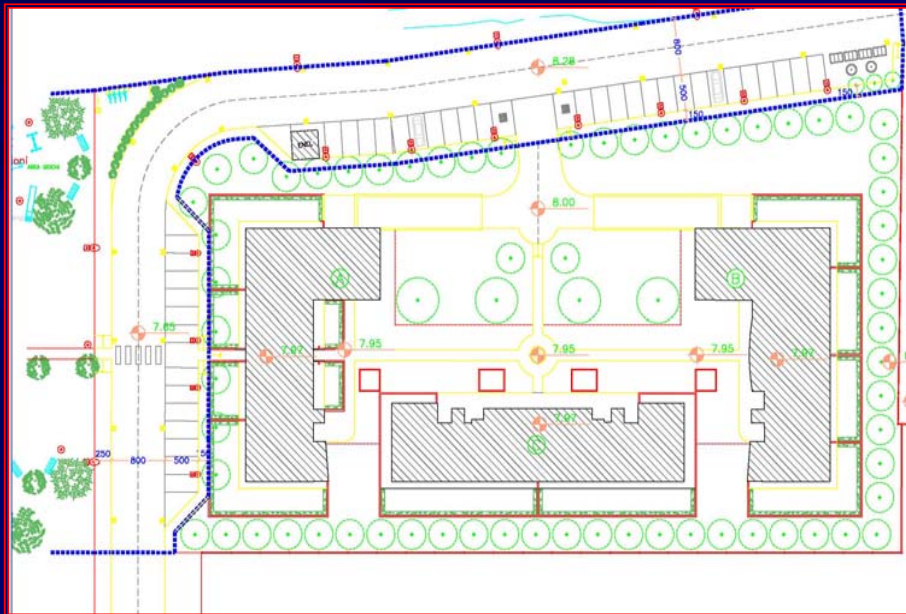
Valutazione del periodo necessario per raggiungere la concentrazione massima dell'ossigeno disciolto

Progettazione degli impianti



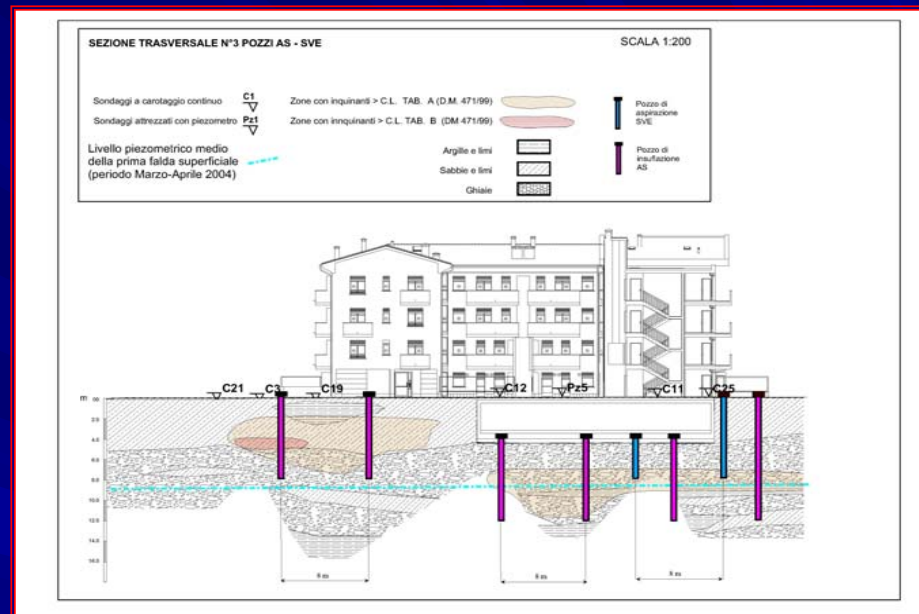
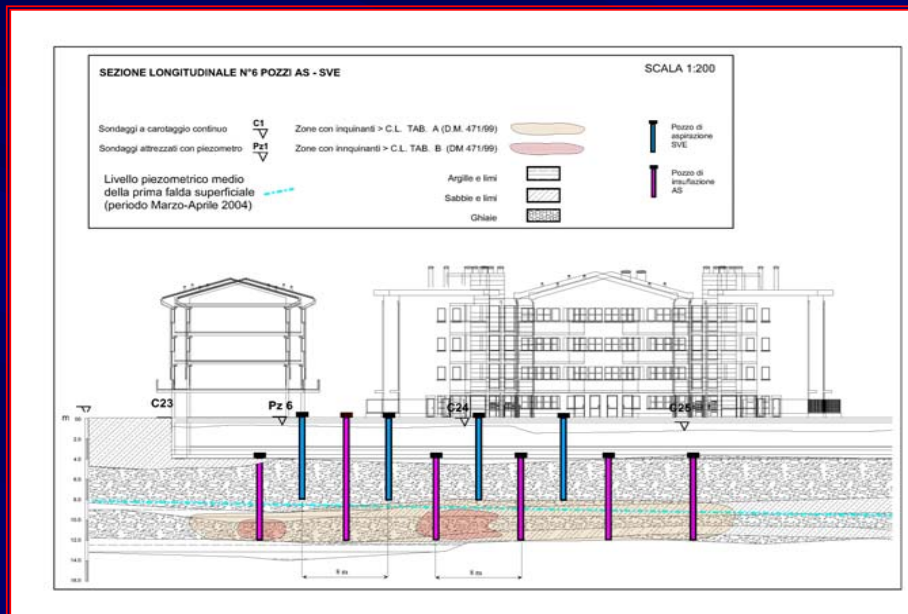
Raggi di influenza dei pozzi dedicati al Soil Vapor Extraction ed all'Air Sparging

Coesistenza tra cantiere edile ed opere di bonifica



Il cantiere di bonifica si è sviluppato in concomitanza con il cantiere edile

Piezometri nel saturo (AS) e nell'insaturo (SVE)



Sezioni rappresentative della profondità dei piezometri

Fase di bonifica: Air Sparging + Soil Vapor Extraction

■ **Progressivo**

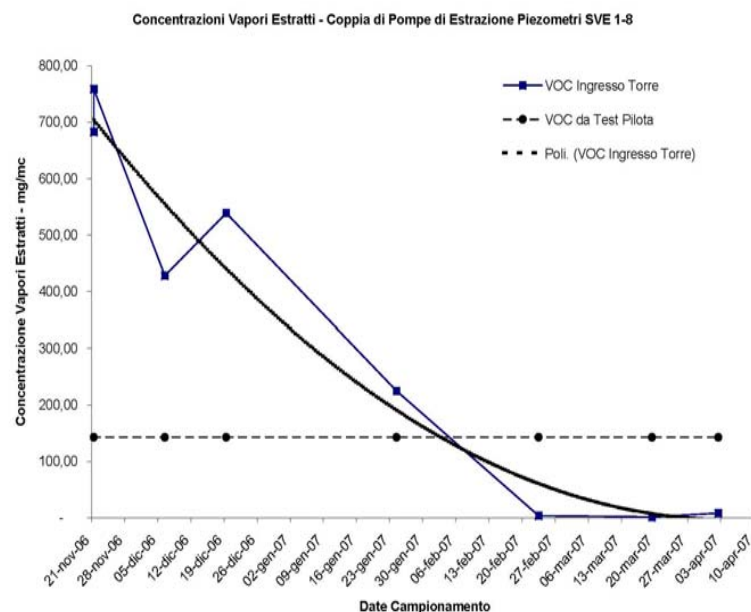
abbassamento

della falda

■ **Incremento della**

concentrazione

di VOC estratti



ASSOGEOLOGI FERRARA - REMTECH 2007

Dott. Ing. Jacopo Jaffei

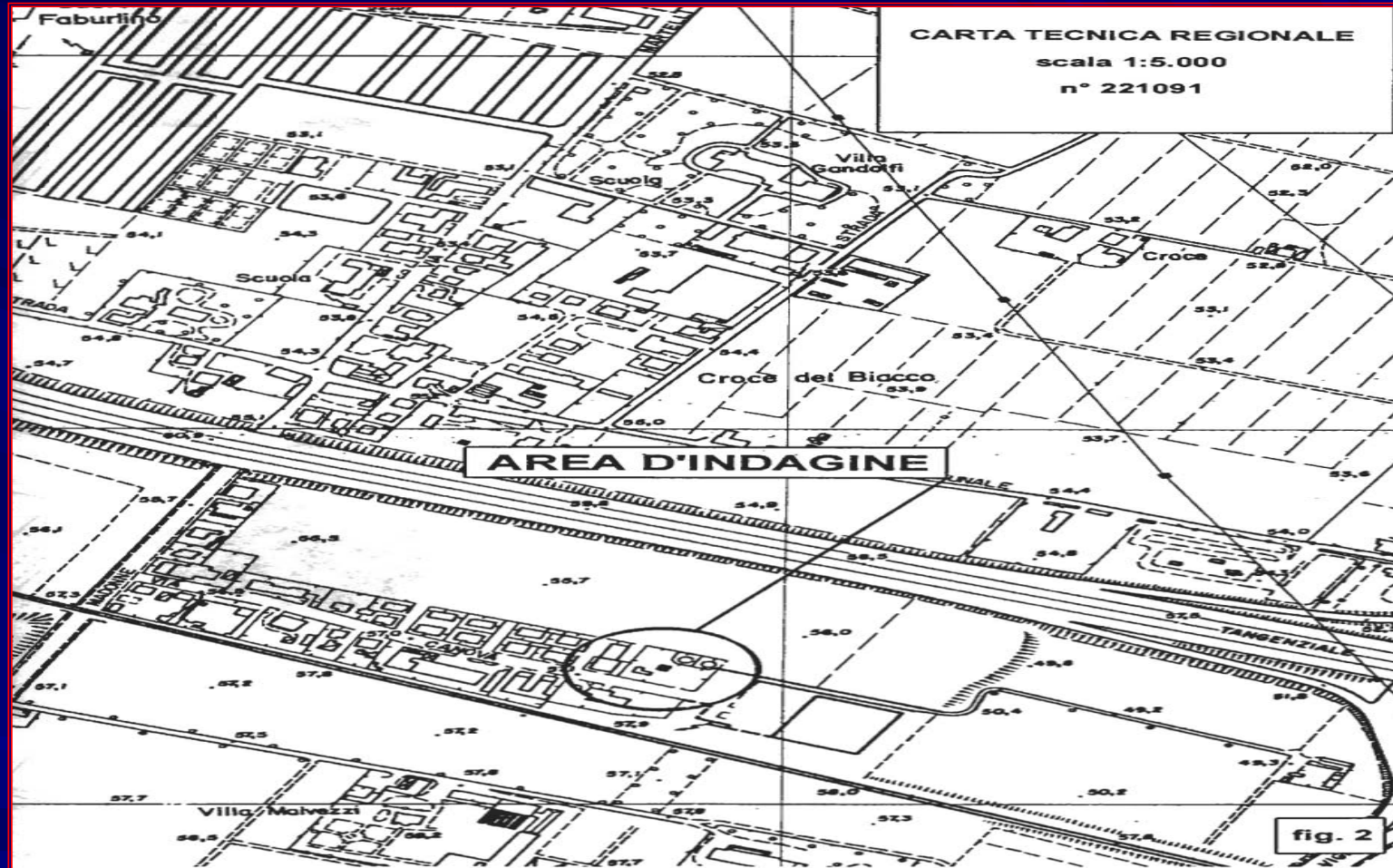
CASO 2: Bioventing

- **Contaminazione da gasolio e olio pesante**
- **Sottosuolo limoso e sabbioso**
- **Contaminazione da 4 a 7 metri da p.c.**
- **Test pilota mediante prova respirometrica, per verificare la trattabilità del sottosuolo**

Deposito di combustibili

- **Serbatoi interrati che hanno perso gasolio ed olio pesante**
- **Inquinamento del sottosuolo**
- **Migrazione del combustibile dal sottosuolo, senza raggiungere la falda**
- **Inquinamento del terreno in zona insatura**
- **Applicazione della tecnologia di Bioventing all'insaturo**

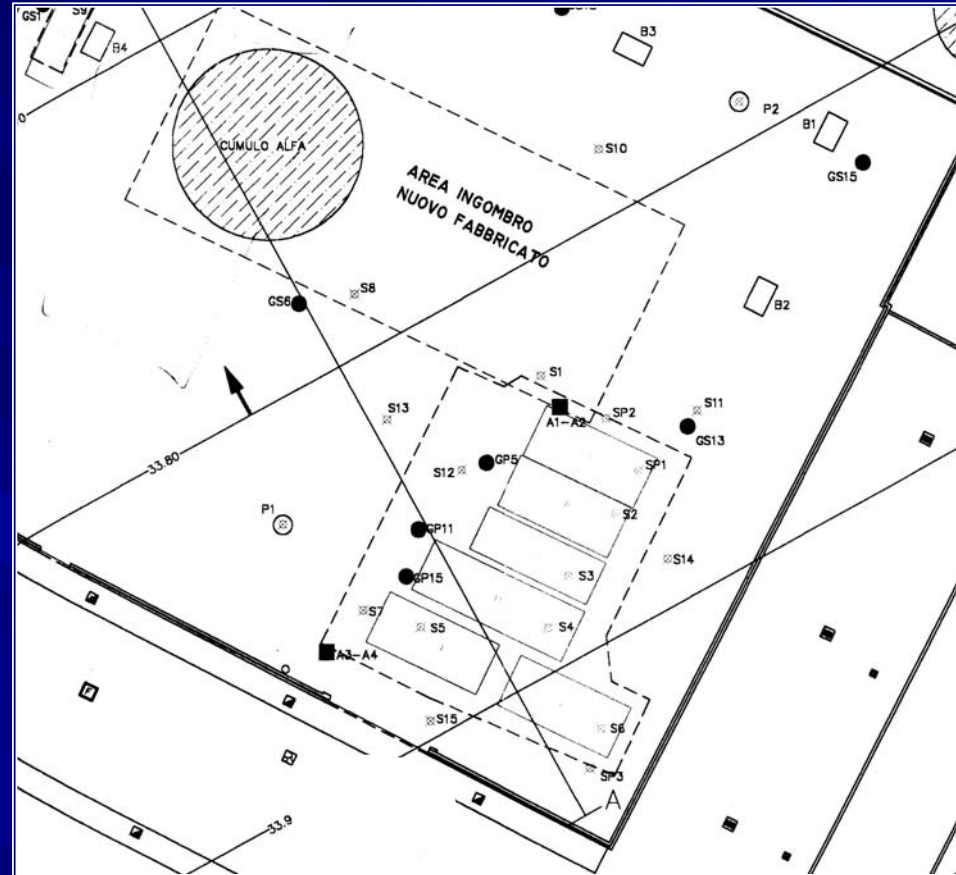
Area di intervento



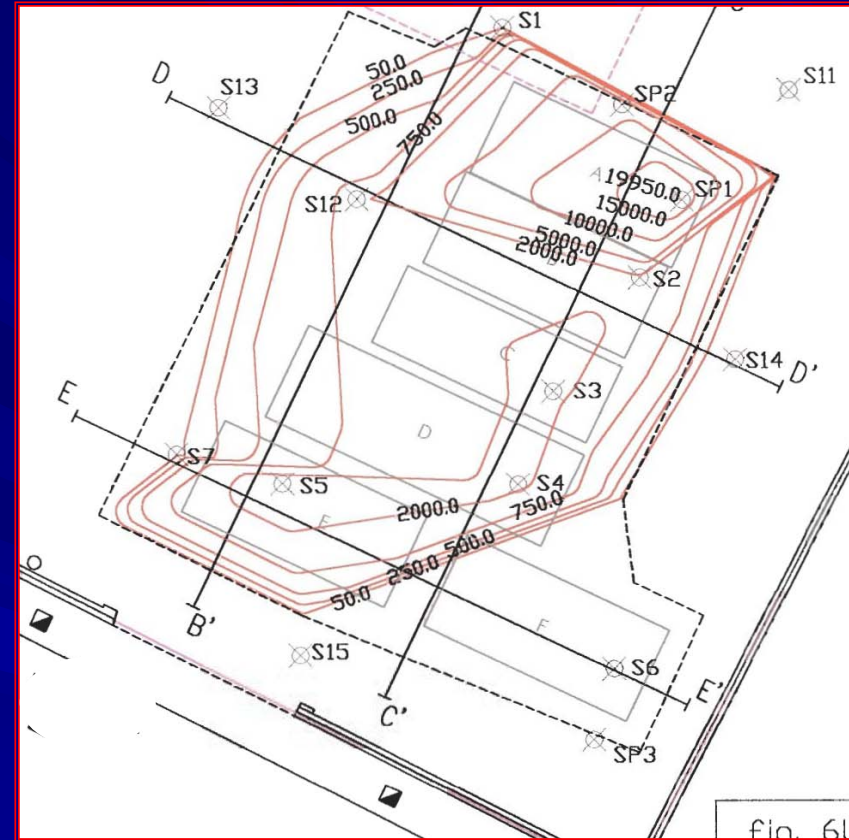
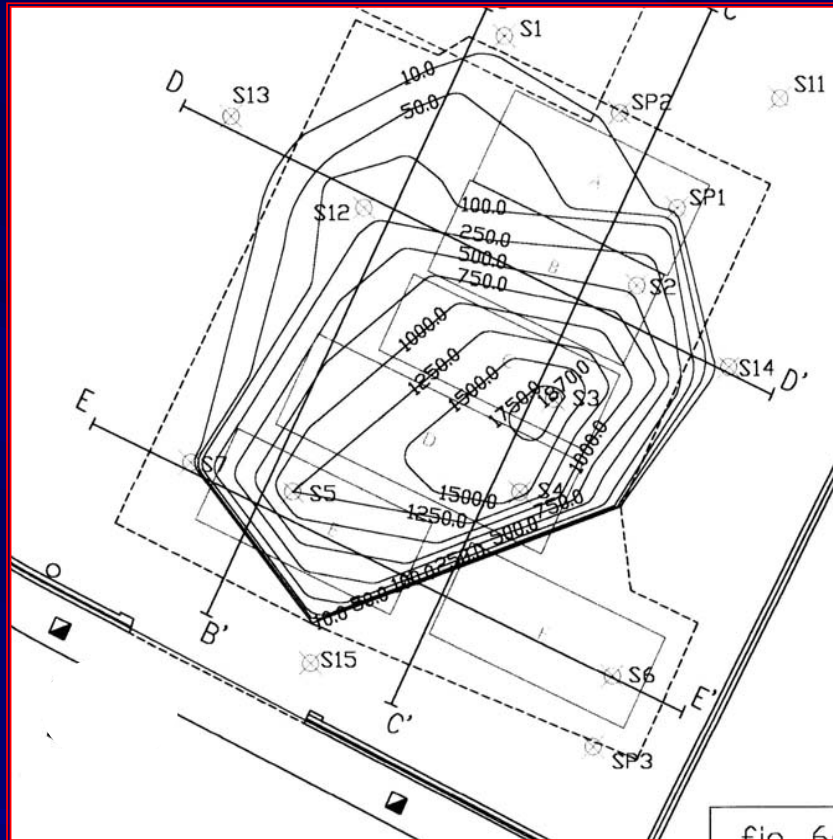
ASSOGEOLOGI FERRARA - REMTECH 2007
Dott. Ing. Jacopo Jaffei

Parco serbatoi di combustibile per riscaldamento

- **Un parco serbatoi formato da 6 serbatoi, 4 serbatoi di olio pesante e 2 serbatoi di gasolio**
- **Contaminazione estesa per circa 4 metri dalla profondità di 4 metri da p.c.**



Perimetrazione dell'inquinamento



C < 12 (sinistra) e C > 12 (destra) a 4 mt dal p.c.

Stratigrafia tipica del sito

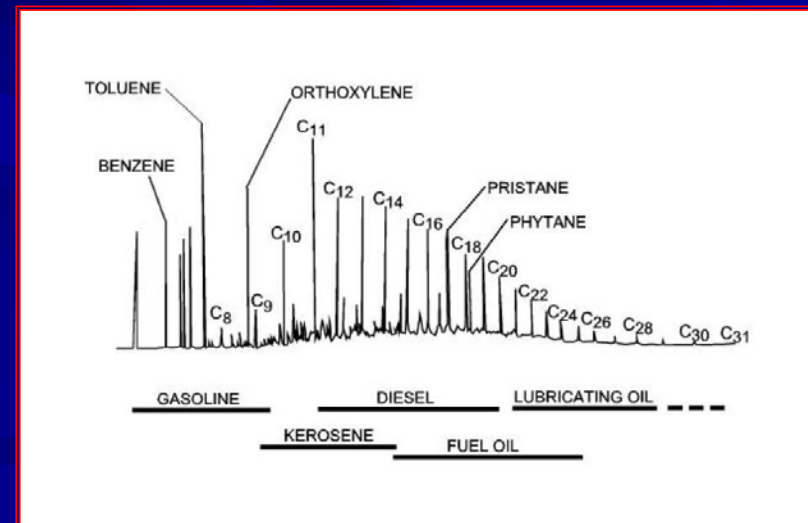
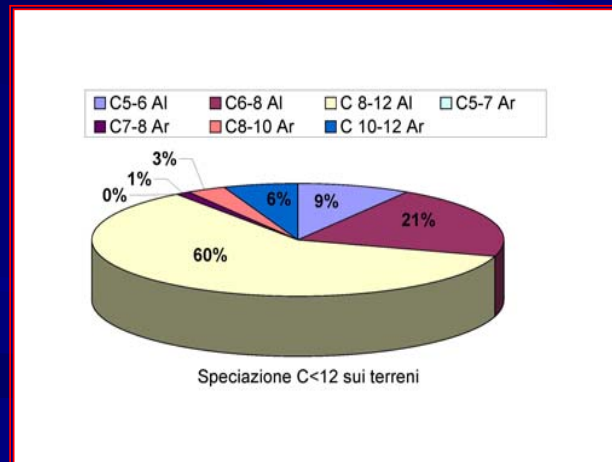
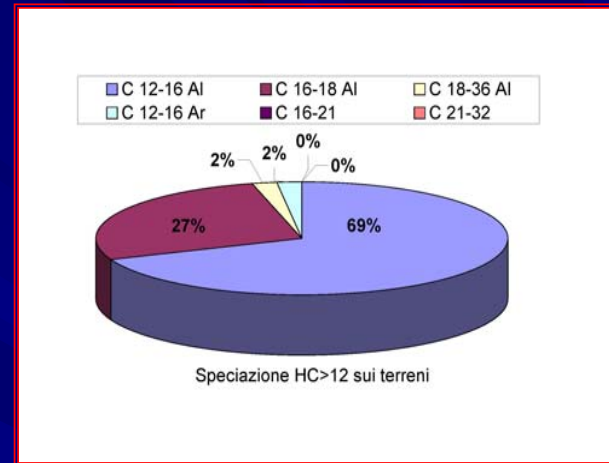
Caratteristiche del sottosuolo :

- **successione di orizzonti a media e bassa permeabilità:**
 - **Sabbia fine**
 - **Sabbia limosa**
 - **Limi sabbiosi**
 - **Limi argillosi**
- **assenza di falda nell'orizzonte contaminato**

Colonna stratigrafica	Descrizione dei terreni	Profondità (m)	Falda (m)
	Riporto di fondo cisterna D costituito da sabbia grigia e marrone con clasti a spigoli vivi.		
	Sabbia grigio scura talora nera alternata a livelli limoso-sabbiosi. Odore di idrocarburi.		
	Limo verdastro. Odore di idrocarburi.		
	Limo nocciola con striature verdi. Odore di idrocarburi.		
	Sabbia fine grigio verde con livelli limosi, asciutta. Odore di idrocarburi. Presente un livello di ghiaietto in matrice limosa da -4.10m a -4.30m.		
	Limo grigio scuro giallo e marrone scuro con livelli di ghiaietto.		
	Sabbia fine grigia. Odore di idrocarburi.		
	Limo nocciola chiaro e marrone, umido. Odore di idrocarburi.		
	Limo con sabbia debolmente ghialoso, colore grigio verde.		
	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa; clasti ovoidali con diametro maggiore di 40mm.		
	Fine sondaggio		
	Falda assente.		

Analisi con Finger Printing

- Esecuzione di 4 pozzi, uno centrale e tre a distanze progressive
- Prelievo di campioni di terreno per la determinazione del Finger Printing



ASSOGEOLGI FERRARA - REMTECH 2007
Dott. Ing. Jacopo Jaffei

Distribuzione dei pozzi per le prove di SVE e Bioventing



Stima del Raggio di Influenza

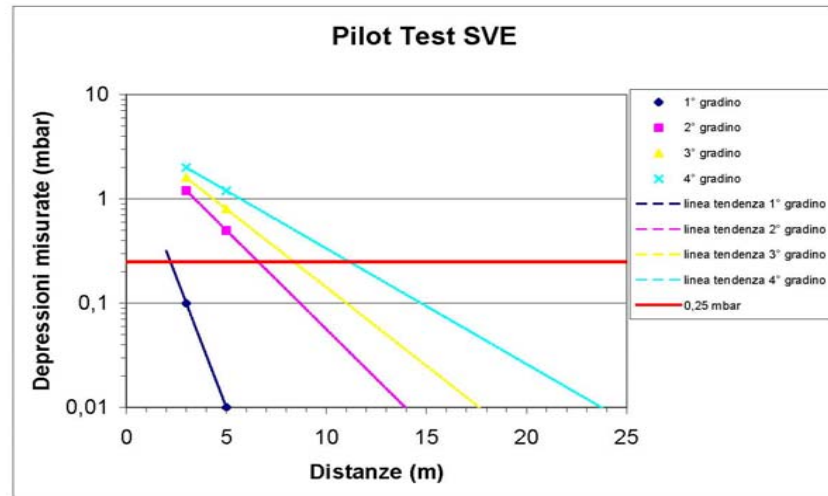


Grafico 3 Andamento delle depressioni misurate in Sve2 e Sve3 durante i vari gradini del test

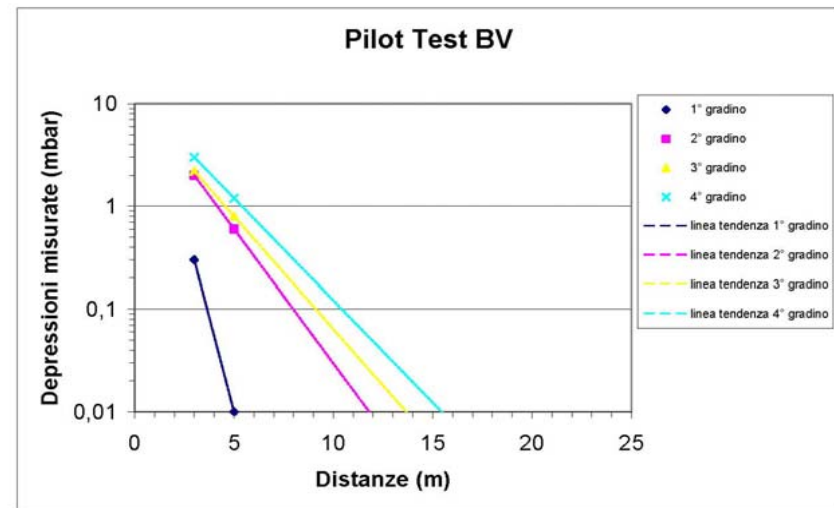
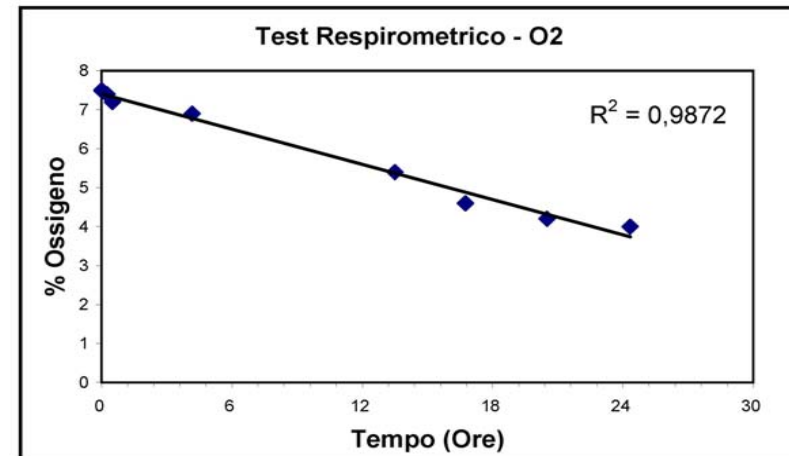
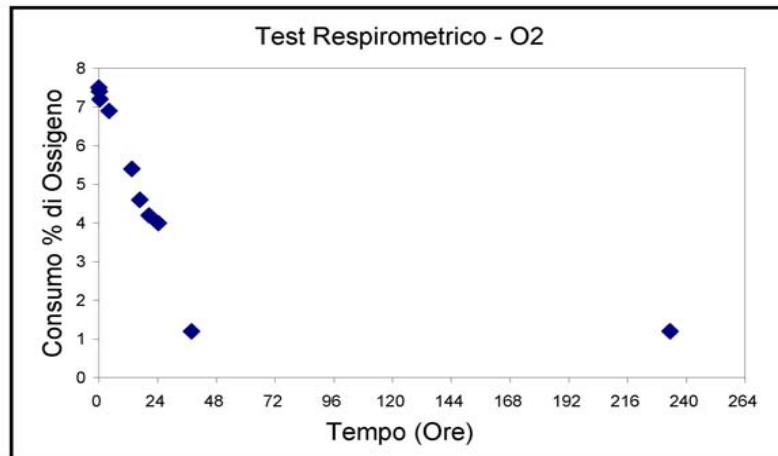


Grafico 6 Andamento delle pressioni misurate in Sve2 e Sve3 durante i vari gradini del test

Condizione limite per l'applicazione della tecnologia di Soil Vapor Extraction

Applicabilità per la tecnologia di Bioventing

Test respirometrico



**Raggio di influenza e tasso di consumo di Ossigeno
sufficienti all'applicazione della tecnologia di Bioventing**

Considerazioni finali

- **L'applicazione di tecnologie presentate ha permesso di affrontare due casi di contaminazione assai comuni nel panorama dei siti contaminati**
- **La stretta collaborazione tra progettisti, enti di controllo e committenti ha permesso di gestire in parallelo la coesistenza del cantiere edile e del cantiere di bonifica**
- **La bonifica ha avuto un costo inferiore a quanto sarebbe stato necessario al solo smaltimento del terreno, con l'esclusione delle opere accessorie**
- **Rispetto al semplice smaltimento del terreno in discarica i tempi per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica sono più lunghi, ma ciò è ampiamente ricompensato dal minor impegno economico**