



ASPEM s.p.a.

Sede di Via Tintoretto 6 - Varese

Indagini ambientali (ai sensi del D.M. 471/99) per valutare lo stato di contaminazione dei terreni e delle acque sotterranee presso l'ex parco serbatoi.

RISULTATI DELLE INDAGINI E PROGETTO PRELIMINARE DI BONIFICA

Descrizione Documento	Data	Redatto
Relazione	Agosto 2003	<i>Staff tecnico:</i> Dr. Geol. Uggeri A. Dott. Fantoni D., Dott. F. Salina, N. Dal Sasso, M. Barile
Consegnate:	6 copie	Riferimento 03-044
Rev.:	File: 03-044-ASPEN-Serbatoio via Tintoretto-RISULTATI INDAGINE	

Dott. Geol. ALESSANDRO UGGERI

VIA DON FALETTI 2 21030 BRINZIO (VA)

TEL. 0332 286650 – FAX 0332 234562

a.uggeri@idrogea.com

C.F. GGRLSN63R14L682K - P.IVA 02001470125

Iscrizione all'Ordine dei Geologi della Lombardia N. 712

Elaborazioni grafiche e rilievi a cura di **IDROGEA SERVIZI s.r.l.**

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. INDAGINI AMBIENTALI REALIZZATE	4
2.1 MICROSONDAGGI - UBICAZIONE E MODALITA' REALIZZATIVE	4
2.2 PIEZOMETRI - UBICAZIONE E MODALITA' REALIZZATIVE	6
2.3 PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO (TERRENI ED ACQUE)	10
2.3.1 PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO	10
2.3.2 PROCEDURE DI DECONTAMINAZIONE	10
2.3.3 CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI	10
3. RISULTATI DELLE INDAGINI	12
3.1 RISULTATI DELL'ANALISI STRATIGRAFICA (MICROSONDAGGI E PIEZOMETRI)	12
3.2 RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE	16
4. PROGETTO PRELIMINARE DI BONIFICA DEI TERRENI	19
4.1. ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO	19
4.2. ANALISI DELLE POSSIBILI TECNOLOGIE ADOTTABILI	21

TAVOLE

1. Ubicazione dei punti di indagine	(scala 1:200)
2. Sezioni stratigrafiche	(scala 1:100)
3. Risultati analitici – matrice terreno	(scala 1:200)
4. Risultati analitici – matrice acqua	(scala 1:200)
5. Aree da sottoporre a bonifica	(scala 1:200)

ALLEGATI

1. Verbale della conferenza di Servizio del giugno 2003;
2. Documentazione fotografica delle indagini ambientali;
3. Verbali di prelievo (chain of custody)
4. Referti analitici (terreni ed acque);

1. **PREMESSA**

L'ASPEM S.p.A. di Varese ha incaricato il sottoscritto di predisporre il piano della caratterizzazione ambientale, ai sensi del D.M. 471/99, e di fornire l'assistenza geologica di cantiere per le conseguenti indagini ambientali finalizzate alla verifica dello stato di contaminazione dei terreni di sottofondo e delle acque di falda dell'area dell'ex parco-serbatoi di idrocarburi (carburante per automezzi) posto presso la propria sede di Via Tintoretto 6 a Varese.

Il piano di caratterizzazione, presentato in data 22/04/03, venne approvato in sede di Conferenza dei servizi consultiva tenutasi presso il Comune di Varese il 06/06/2003 (cfr. verbale fornito in allegato – All. 1).

Lo scopo del presente rapporto è quello di illustrare i risultati delle indagini eseguite e di proporre il progetto definitivo di bonifica.

2. INDAGINI AMBIENTALI REALIZZATE

Il piano di indagine, approvato in sede di conferenza dei servizi, prevedeva l'esecuzione di n.6 microsondaggi, per il campionamento del terreno, e di n.3 piezometri finalizzati al prelievo di campioni di acque sotterranee.

Alcune delle fasi delle indagini ambientali sono raffigurate nella documentazione fotografica dell'allegato 2.

2.1 MICROSONDAGGI - UBICAZIONE E MODALITA' REALIZZATIVE

L'ubicazione dei punti di esecuzione dei microsondaggi è illustrata nella tavola 1.

I **microsondaggi** sono così stati ubicati:

- N.2 sondaggi a fondo-scavo della fossa realizzata per la rimozione dei serbatoi. Il fondo scavo, sebbene rappresentato da una superficie irregolare, era posto a circa 2.0 m dal piano del piazzale circostante;
- N.4 sondaggi distribuiti nelle immediate vicinanze dello scavo, ad una distanza indicativa di 1.0 m dalle pareti dello stesso. Uno dei 4 sondaggi (S4) è stato realizzato a 1.0 m circa dalla trincea "piccola" nel lato verso il F. Olona.

I microsondaggi sono stati realizzati con la seguente modalità:

- definizione punto di perforazione e installazione dell'attrezzatura in funzione della logistica e delle disposizioni previste dal piano di caratterizzazione;
- infissione di un asta nel primo metro di foro mediante un sistema a percussione elettropneumatico;
- infissione delle aste munite di campionatore (auger) del diametro di 45 mm che, in presenza di terreni fini e coesivi, permette di recuperare una certa quantità di terreno da inviare in laboratorio;
- estrazione delle aste effettuata con apposito strumento (estrattore);
- pulizia della strumentazione utilizzata tramite getto di vapore a 100 °C, onde evitare contaminazione incrociata dopo ogni campionamento.

In considerazione della presenza, nei punti di indagine S1-S4, di un livello superficiale (spessore di 1 m) e di alcuni cumuli costituiti da materiale di riporto rappresentato da ghiaia grossolana e ciottoli si è provveduto all'asportazione, tramite escavatore meccanico, del primo metro di terreno. Da tale profondità si è proceduto all'esecuzione dei microsondaggi come dettagliato nell'elenco precedente.

Per ogni sondaggio è stata compilata un'apposita scheda di campo, contenente la

stratigrafia e tutte le informazioni relative alle operazioni di perforazione e alle caratteristiche visive e organolettiche delle carote. Tali schede sono riportate in allegato alla relazione.

2.2 PIEZOMETRI - UBICAZIONE E MODALITA' REALIZZATIVE

L'ubicazione dei punti di esecuzione dei piezometri è illustrata nella tavola 1.

I **piezometri** sono stati ubicati a valle flusso rispetto alla direzione presunta della falda, a circa 3-5 m dalla fossa. Il piezometro da 6" è stato posto centralmente rispetto agli altri due.

I piezometri laterali da 4" sono stati eseguiti mediante un sistema a carotaggio continuo con carotiere semplice (diam. 131 mm) e rivestimento provvisorio avente dimaetro di 152 mm.

Il piezometro centrale (diam. 6") è stato realizzato a distruzione di nucleo con rivestimento provvisorio di 220 mm di diametro.

il materiale estratto durante la perforazione dei 2 piezometri laterali è stato posto in cassette catalogatrici in legno attualmente conservate presso il magazzino ASPEM di via Tintoretto.

Nei fori di sondaggio sono stati installati piezometri composto di tubo in PVC atossico con diametro di 4" o 6".

Lo schema del completamento dei piezometri è il seguente:

PZ1 (4"):

Profondità (m da p.c.)	
0-1.0	Tubo cieco
1.0-4.0	Tubo microfessurato
4.0-8.0	Tubo cieco
8.0-10.0	Tubo microfessurato

PZ2 (6"):

Profondità (m da p.c.)	
0-1.0	Tubo cieco
1.0-10.0	Tubo microfessurato

PZ3 (4"):

Profondità (m da p.c.)	
0-1.0	Tubo cieco
1.0-10.0	Tubo microfessurato

Si è quindi provveduto al completamento con la formazione del manto drenante costituito da ghiaietto siliceo selezionato e con sigillatura terminale, nel primo metro, con malta cementizia e bentonite in pellets.

Sono stati quindi installati pozzetti protettivi con chiusura a vite e tombino in ghisa carrabile (30X30 cm o 40X40 cm in base al diametro del piezometro).

In fase di recupero dei materiali, un tecnico di campo ha provveduto all'esecuzione delle seguenti attività:

1. compilazione delle schede di campo :
 - verbale di cantiere: che descrive la sequenza cronologica delle attività svolte;
 - *schede descrittive dei piezometri*: in cui sono state registrate le caratteristiche tecniche costruttive dei diversi piezometri;
2. documentazione fotografica dei materiali estratti e delle attività svolte .

Al termine dell'installazione dei piezometri è stato realizzato lo sviluppo degli stessi, mediante pompaggio, protratto fino alla completa chiarificazione delle acque, al fine di allontanare particelle di sedimento dal manto drenante.

Al fine di effettuare un corretto campionamento delle acque di falda i piezometri sono stati preventivamente spurgati tramite l'estrazione di 5 volte il volume d'acqua contenuta nella tubazione per assicurare che l'acqua stagnante nelle tubazioni fosse rimossa.

L'acqua derivante dalle attività di spurgo è stata smaltita direttamente nel sistema fognario dell'area a monte dell'impianto di disoleazione posto ai margini dell'area di sosta e lavaggio automezzi ASPEM.

Prima delle suddette operazioni è stata misurata la profondità dell'acqua di falda mediante l'uso di un freatimetro centimetrato;

Durante la fase di spurgo sono stati controllati alcuni parametri chimico-fisici delle acque emunte, mediante appositi strumenti di campo. In particolare sono stati la conducibilità elettrica specifica e la temperatura. Inoltre sono state registrate le osservazioni visive del colore e della torbidità dell'acqua.

Tutti gli strumenti utilizzati per le operazioni di spurgo sono stati opportunamente decontaminati con getto di vapore a 100 °C per evitare contaminazioni incrociate.

I dati di cui sopra, sono stati registrati su appositi moduli di campagna e riportati nelle tabelle seguenti.

PZ 1

Volume pozzo: 113 litri

Volume da spurgare: 565 litri

Volume spurgato: 627 litri

t (min)	Lecture (litri)		Q (l/sec)	Cond ($\mu\text{s/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Torbidità	Osservazioni
0	17	893				+	Leggero odore di idrocarburi
2	17	944	0.425	375	19.1	++	"
4	17	992	0.4	391	18.1	++	"
6	18	042	0.416	404	17.9	++	"
8	18	092	0.416	397	17.8	+	"/
10	18	142	0.416	404	17.8	+	-
15	18	268	0.42	404	17.6	-	-
20	18	394	0.42	404	17.6	-	-
25	18	520	0.42	407	17.8	-	-

Legenda torbidità: -limpida, + sabbie in tracce, ++ poco torbida, +++torbida, ++++ molto torbida

PZ. 2

Volume pozzo: 146 litri

Volume da spurgare: 730 litri

Volume spurgato: 730 litri

t (min)	Lecture (litri)		Q (l/sec)	Cond ($\mu\text{s/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Torbidità	Osservazioni
0	18	525				+	
2	18	578	0.441	421	18.6	++	
4	18	629	0.425	387	19.8	+++	
6	18	686	0.475	415	17.7	+++	
8	18	731	0.375	408	17.6	+++	
10	18	782	0.425	420	17.5	++	
15	18	909	0.423	416	17.2	++	
20	19	043	0.446	416	17.3	++	
25	19	163	0.4	412	17.3	++	
29	19	255	383	413	17.3	++	

Legenda torbidità: -limpida, + sabbie in tracce, ++ poco torbida, +++torbida, ++++ molto torbida

PZ. 3

Volume pozzo: 81 litri

Volume da spurgare: 405 litri

Volume spurgato: 445 litri

t (min)	Letture (litri)		Q (l/sec)	Cond ($\mu\text{s/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Torbidità	Osservazioni
0	19	259				+	
2	19	310	0.425	413	17.8	+	
4	19	357	0.391	410	17.3	+	
6	19	406	0.408	410	17.2	+	
8	19	455	0.408	410	17.2	-	
10	19	502	0.391	410	17.1	-	
15	19	579	0.256	410	17.1	-	
20	19	704	0.416	411	17.1	-	

Legenda torbidità: -limpida, + sabbie in tracce, ++ poco torbida, +++torbida, ++++ molto torbida

2.3 PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO (TERRENI ED ACQUE)

2.3.1 PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO

I campioni di terreno sono stati prelevati direttamente dal campionatore mentre quelli di acqua sono stati raccolti con bailer monouso in PVC atossico.

Nei punti S5 e S6 (fondo scavo della fossa grande), nonostante la presenza di acqua sul fondo dello scavo, si è provveduto ugualmente al campionamento dei terreni. Tale scelta è stata determinata dall'ipotesi che l'acqua presente sul fondo della fossa fosse da imputare ad una precipitazione piovosa verificatasi la notte precedente e non alla falda.

Il campione di acqua della sorgente Fè, previsto dal piano di caratterizzazione, è avvenuto direttamente dal rubinetto posto all'interno del casello di presa della sorgente stessa.

I campioni sono stati riposti in contenitori incontaminati e conservati secondo procedure in linea con le metodiche ufficiali, in modo da soddisfare gli obiettivi di precisione, accuratezza, completezza, comparabilità e rappresentatività.

Tutti i campioni sono stati sigillati, etichettati e trasportati al laboratorio analitico secondo le procedure della documentazione di custodia. Sull'etichetta di ciascun campione sono state riportate le seguenti indicazioni:

- codice del progetto,
- codice alfanumerico di identificazione del campione,
- data e ora di prelievo del campione,
- iniziali della persona che ha effettuato il campionamento.

Il campionamento dei terreni è avvenuta in data 02 e 04 luglio 2003.

Il campionamento delle acque è avvenuta in data 23/07/03.

I campioni, accompagnati dalla chain of custody, sono stati consegnati presso il laboratorio chimico ambientale certificato Labanalysis di Casanova Lonati (PV).

2.3.2 PROCEDURE DI DECONTAMINAZIONE

Tutti gli strumenti/utensili utilizzati, ad eccezione di quelli monouso (guanti in lattice ecc), sono stati decontaminati dopo ogni campionamento e prima del successivo usando uno strumento a vapore in pressione.

2.3.3 CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI

Dopo la raccolta dei campioni, i contenitori sono stati puliti in modo da eliminare i materiali residuali esterni.

I contenitori con i campioni sono stati etichettati e impacchettati per la spedizione e posti in frigoriferi portatili unitamente a sacchetti di ghiaccio per mantenere la temperatura a valori

compresi tra $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Per ogni gruppo di campioni è stata compilata una scheda di accompagnamento (chain of custody) che consente la registrazione accurata di tutte le informazioni relative ad ogni campione dal momento del prelievo fino alla spedizione in laboratorio.

Su queste schede sono state riportate:

1. il codice del campione;
2. la tipologia del materiale campionato;
3. la data di campionamento;
4. l'orario di campionamento;
5. la localizzazione del campionamento e la profondità di prelievo, (dove necessaria per i campioni di terreno);
6. l'indicazione dell'analisi da effettuare sul campione.

Queste schede di accompagnamento sono state spedite al laboratorio di analisi unitamente ai campioni.

3. RISULTATI DELLE INDAGINI**3.1 RISULTATI DELL'ANALISI STRATIGRAFICA (MICROSONDAGGI E PIEZOMETRI)**

Di seguito vengono riportate le stratigrafie dei terreni attraversati rinvenute durante l'esecuzione delle indagini.

STRATIGRAFIE DEI MICROSONDAGGI**S1**

Prof. (m da p.c.)	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
0.0 – 1.5	Sabbia e ghiaia con ciottoli di grosse dimensioni	Marrone	-	-
1.5 – 2.5	Limo sabbioso con ghiaia	Verde	+++	Odore di idrocarburi-
Prof. di campionamento: parete scavo da 1.0 a 1.5 m e da 1.5 a 2.5 m				
Note: Falda a 1.8 m				Data: 5/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

S2

Prof. (m da p.c.)	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
0.0 – 0.10	Soletta di asfalto		-	-
0.01 – 1.0	Sabbia debolmente limosa, non argillosa con ghiaie eterometriche da fini a grossolane, ciottoli	Ocra bruno	+ / ++	-
1.0 – 2.5	Livello limoso debolmente sabbioso, argilloso, senza ghiaie e ciottoli, a 2 m livello con sabbie e ghiaie fini	Grigio grigio-nerastro-	++ / +++	A 2 m odore di idrocarburi-
Prof. di campionamento: a 1 m e da 2 a 2.5 m				
Note: Falda a 2 m				Data: 5/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

S3

Prof. (m da p.c.)	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
0.0 – 0.15	Materiale di riporto	Grigio	+-	-
0.15 – 0.50	Sabbia debolmente limosa, non argillosa con ghiaie eterometriche e ciottoli	Ocra	--+	-
0.50 – 1.20	Ghiaie e ciottoli con sabbie debolmente limose e massi	Ocra grigio	--+	-
1.20 – 2.50	Limi deb. Sabbiosi e limi, argillosi, rari livelletti di ghiaia, altrimenti assenti, ciottoli assenti a 2 m livello spesso 50 cm, con sabbie e ghiaie fini e medio fini	Grigio scuro	++/+++	Odore di idrocarburi
Prof. di campionamento: a 1m e da 2 a 2.5 m				
Note: Falda a 2 m				Data: 5/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

S4

Prof. (m da p.c.)	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
0.00 – 1.5	Argilla limosa rossa con rara sabbia e ghiaia.	Marrone	+-	
1.50 – 2.5	Sabbia debolmente limosa, limo e ghiaia	Verde grigio	+++	Odore di idrocarburi
Prof. di campionamento: parete scavo e da 1.5 a 2.5 m				
Note: Falda a 1.5 m				Data: 5/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

S5

Prof. (m da p.c = quota piazzale)**	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
2.00 – 4.0	Sabbia limosa con ghiaia	Verde grigio	+++	Odore di idrocarburi
Prof. di campionamento: da 2 a 3 m e da 3 a 4 m				
Note: Presenza di acqua nei pressi del fondo scavo ovvero a -2.0 m da p.c.				Data: 4/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

(**) [quota inizio perforazione posta a -2.0 m da p.c. ovvero dal piano piazzale]

S6

Prof. (m da p.c = quota piazzele)**	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
2.00 – 4.0	Sabbia debolmente limosa con ghiaia	Verde grigio	+++	Odore di idrocarburi
Prof. di campionamento: da 2 a 3 m e da 3 a 4 m				
Note: Presenza di acqua nei pressi del fondo scavo ovvero a -2.0 m da p.c.				Data: 4/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

(**) [quota inizio perforazione posta a -2.0 m da p.c. ovvero dal piano piazzale]

STRATIGRAFIE DEI PIEZOMETRI**PZ 1 (4'')**

Prof. (m da p.c.)	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
0.0 – 1.5	Ghiaia e sabbia con ciottoli poligenici (REM e porfiroidi) frammisto a materiale di riporto con laterizi	Grigio	+	-
1.5 – 4.0	Sabbia e ghiaia con rarissimo limo e ciottoli subarrotondati.	Grigio scuro - nero	+	-
4.0 – 7.5	Argilla debolmente limosa con sabbia e con livelli (con spessori massimi di 30 cm) più nerastrati	Grigio - livelli nerastrati	++	-
7.5 – 10.0	Sabbia e ghiaia con limo e rari ciottoli	Grigio	++/+++	-
Note: Falda a 2.31 m da chiusino metallico				Data: 19/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

PZ 2 (6'')

Stratigrafia non disponibile poiché la perforazione è stata effettuata a distruzione di nucleo.				
Note: Falda a 2.69 m da chiusino metallico				Data: 19/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

PZ 3 (4'')

Prof. (m da p.c.)	Descrizione dei terreni	Colore	Umidità (*)	Evidenze di contaminazione
0.0 – 1.5	Ghiaia e sabbia con ciottoli poligenici (REM e porfiroidi) frammisto a materiale di riporto con laterizi	Grigio	+	-
1.5 – 2.5	Sabbia e ghiaia grigia con ciottoli subarrotondati	Grigio scuro - nero	+	-
2.5 – 4.0	Limo sabbioso con rara argilla	Grigio - livelli nerastri	+++	-
4.0 – 4.6	Sabbia con limo, ghiaia e ciottoli	Marrone	+++	-
4.6-6.2	Argilla debolmente sabbiosa con livelli + ghiaiosi	Grigio	+++	-
6.2-8.5	Sabbia e ghiaia	Marrone	+++	-
8.5-9.0	Limo e argilla sabbiosa con ciottoli	Grigio	+++	-
9.0-10.0	Limo sabbioso con ghiaia grossolana marrone	Marrone scuro	+++	-
Note: Falda a 2.76 m da chiusino metallico				Data: 19/07/03

(*) [- asciutta; + umida; ++molto umida; +++ bagnato]

Dalle osservazioni litostratigrafiche sopra riportate sono possibile le seguenti considerazioni:

- Tutta l'area di indagine è caratterizzata dalla presenza di un livello superficiale di terreni a granulometria grossolana (sabbie e ghiaie con ciottoli e blocchi) talvolta frammisti a materiali di riporto di varia pezzatura (laterizi ecc.), Lo spessore di tale livello è normalmente di circa 1-2 m, talvolta raggiunge i 2.5 m;
- Al di sotto del livello sopra descritto compaiono terreni a granulometria decisamente più fine; si tratta di limi sabbiosi o leggermente argillosi con la presenza di rara ghiaia e ciottoli alternati a livelli francamente più argillosi. La continuità laterale di tali intercalazioni appare modesta.
- La soggiacenza della falda è di circa 2.5 m da p.c.

Tali considerazioni confermano il quadro geologico descritto nel piano di caratterizzazione. Il primo sottosuolo, nell'area di indagine è infatti costituito da **depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene)** rappresentati da depositi fluviali costituiti dall'alternanza di materiali grossolani (ghiaie con sabbie e ciottolo) o fini (limi e sabbie fini) connessi con l'attività del F.Olona che dista circa 100 m dall'area in oggetto.

3.2 RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE

Le analisi chimiche volte alla valutazione dello stato qualitativo dei terreni circostanti i serbatoi sono state condotte presso il Laboratorio certificato Labanalysis di Casanova Lonati (PV).

TERRENI

I campioni di terreno sono stati sottoposti alla determinazione analitica dei seguenti parametri così come richiesto dalle Autorità di controllo in sede di conferenza dei servizi.:

- idrocarburi pesanti (C>12) e idrocarburi leggeri (C<12.);
- i due campioni profondi di S5 e S6 anche di 4 metalli (As, Cd, Pb e Zn).

I risultati analitici, ricavati dai referti analitici (All. 4), sono riportati nella seguente tabella e nelle tavole 3 e 4.

Profondità m da p.c. →	S1		S2		S3		Concentrazione limite accettabili per siti ad uso commerciale-industriale (D.M. 471/99)
	1.0-1.5	1.5-2.5	1.0	2.0-2.5	2.0-2.5	2.0-2.5	
Residuo a 105 °C	78.2	84.9	75.3	79.7	79.8	79.8	
Sottovaglio 2 mm	100	100	100	100	94	100	
Idroc. C<12	<5	11	<5	30	<5	81	250
Idroc. C>12	58	2664	48	1033	43	973	750
Arsenico	-	-	-	-	-	-	50
Cadmio	-	-	-	-	-	-	15
Piombo	-	-	-	-	-	-	1000
Zinco	-	-	-	-	-	-	1500

Profondità m da p.c. →	S4		S5		S6		Concentrazione limite accettabili per siti ad uso commerciale-industriale (D.M. 471/99)
	1.5	1.5-2.5	2.0-3.0	3.0-4.0	2.0-3.0	3.0-4.0	
Residuo a 105 °C	80.8	83.4	80.1	78.6	82.4	81.4	
Sottovaglio 2 mm	100	100	100	100	100	100	
Idroc. C<12	<5	6	28	67	303	627	250
Idroc. C>12	26	1330	2998	2032	1330	5149	750
Arsenico	-	-	-	17	-	17	50
Cadmio	-	-	-	<0.2	-	<0.2	15
Piombo	-	-	-	41	-	25-	1000
Zinco	-	-	-	35	-	46	1500

- = analisi non effettuata

Confrontando tali risultati con i limiti di concentrazioni imposti dal DM 471/99, per l'uso commerciale ed industriale dei terreni, previsto per l'area, emerge che:

- i campioni di terreno prelevati in corrispondenza dei **4 microsondaggi perimetrali (S1÷S4)** rispetto al focolaio di inquinamento presentano:
 - valori di concentrazione, per il parametro idrocarburi leggeri, al di sotto dei limiti di legge;
 - valori di concentrazione, per il parametro idrocarburi pesanti, superiori ai limiti di legge a partire da una profondità variabile tra 1.5 e 2.0 m da p.c. fino al fondo scavo (circa 2-5 m da p.c.) interrotto per la presenza della falda acquifera. Al di sopra di tale quota (1.5 –2.0 m) le concentrazioni sono ovunque inferiori ai limiti di legge.
- i campioni di terreno prelevati in corrispondenza dei **2 microsondaggi realizzati sul fondo dello scavo denominato “fossa grande” (S5÷S6)** presentano:
 - valori di concentrazione, per il parametro idrocarburi leggeri, al di sotto dei limiti di legge in S5 e superiori in S6;
 - valori di concentrazione, per il parametro idrocarburi pesanti, sempre superiori ai limiti di legge per tutta la porzione di terreno indagata (da 0 a –2.0 m dal fondo scavo posto a –2,0 m dalla quota del piazzale).

In generale si osserva che:

1. **la contaminazione da idrocarburi dell'area della “fossa grande”**, ove cioè erano presenti i 6 serbatoi, **riguarda esclusivamente i terreni alla base dei serbatoi**; sono quindi escluse perdite laterali dagli stessi o infiltrazioni di liquidi fuoriusciti dalle bocche di carico;
2. **la contaminazione del fondo scavo di tale area (“fossa grande”) è continua fino a 4.0 m da p.c.** (fine indagine) e caratterizzata dalla presenza di idrocarburi pesanti e localmente anche leggeri.
3. **tutto il settore perimetrale rispetto alla “fossa grande”**, caratterizzato tramite l'esecuzione dei sondaggi S1-S4 è **contraddistinto dalla diffusa presenza di idrocarburi leggeri a partire da una profondità variabile tra 1.5 e 2.0 m da p.c.** L'inquinamento è stato rilevato fino al termine delle indagini, dovuto alla presenza della falda, ovvero a 2.5 m da p.c..

ACQUE

	Pz1	Pz2	Pz3	Sorgente Fè	Concentrazione limite accettabili per siti ad uso commerciale-industriale (D.M. 471/99)
Idrocarburi come N- Esano	582	55	323	<10	350
Arsenico	19.6	1.8	4.3	2.1	10
Cadmio	<2	<2	<2	<2	5
Piombo	<2	<2	<2	<2	10
Zinco	<4	<4	11.3	15.9	3000
MTBE	-	3.7	-	-	10**

- = analisi non effettuata

** = limite precauzionale consigliato dall'Istituto Superiore di Sanità

Le analisi chimico-ambientali eseguite sui 4 campioni di acqua prelevati permettono le seguenti osservazioni:

1. le concentrazioni dei metalli ricercati sono ovunque inferiori ai limiti di legge (indicati del D.M. 471/99) ad esclusione dell'Arsenico in PZ1. La presenza di As non è però da imputare all'esistenza dell'area del parco serbatoi;
2. Il parametro MTBE, ricercato solo in PZ2, è pari a 3.7 µg/l. In assenza di un valore limite per tale parametro, nella normativa considerata, ci si può riferire a quanto consigliato dall'Istituto Superiore della Sanità che indica un valore limite maggiore a quanto rilevato.
Inoltre anche l'U.S EPA raccomanda che nelle acqua potabili tale composto sia presente in concentrazioni inferiori o comprese tra 20 e 40 µg/l. Tali valori sono comunque 20000/100000 volte inferiori alle concentrazioni che hanno causato effetti sulla salute degli animali (MTBE Resource Guide – EFOA 2002 www.Efoa.org);
3. Gli idrocarburi (come n-esano) sono inferiori ai limiti di rilevabilità nelle acque prelevate nella sorgente Fè (ubicata a circa 300-400 m in direzione sud) mentre sono ovunque presenti nei 3 piezometri realizzati a valle flusso rispetto al parco serbatoi. In particolare:
 - in Pz2 gli idrocarburi sono presenti in concentrazioni modeste e comunque ampiamente inferiori il limiti di legge;
 - in Pz 3 gli idrocarburi sono presenti in concentrazioni maggiori rispetto al precedente piezometro ma comunque inferiori il limiti di legge;
 - in Pz1 gli idrocarburi hanno concentrazioni maggiori ai limiti imposti dalla normativa considerata.
 - Non è stata rilevata visivamente la presenza di fase surnatante nei piezometri realizzati.

4. PROGETTO PRELIMINARE DI BONIFICA DEI TERRENI

4.1. ANALISI DEI LIVELLI DI INQUINAMENTO

Preliminarmente alla scelta della tecnologia adottabile per la bonifica dell'area occorre individuare:

- **Il tipo e il grado di inquinamento;**
- **L'estensione dell'inquinamento e conseguentemente i volumi** che dovranno essere necessariamente sottoposti a bonifica,

Le analisi effettuate sui campioni di terreno prelevati nell'area in oggetto hanno evidenziato la presenza unicamente di contaminazione da idrocarburi pesanti (C>12) e localmente anche di leggeri (C<12) con concentrazioni talvolta notevolmente superiori ai limiti di legge.

Per quanto attiene all'estensione della contaminazione calcolando un "raggio di contaminazione" minimo da ogni singolo punto di indagine di almeno 2 m ed evitando di rovinare i piezometri con operazioni di scavo e movimento terra (indispensabili per bonifiche ex site o on site) e pertanto mantenendo un raggio minimo di sicurezza di 2 m da ogni piezometro si ottiene la superficie indicata in tavola 5.

Si tratta di un'area a pianta irregolare ma grossomodo costituita da un quadrato, con lato di circa 13.5 m e comprendente i punti S1, S2 e S3, unito ad un rettangolo, comprendente il punto S4 e avente i lati rispettivamente di 4.8 m e 5.7 m.

Le tabelle seguenti riassumono i dati relativi ai terreni coinvolti nella bonifica (terreni contaminati e non)

TERRENO NON CONTAMINATO

Area di intervento	Superficie (m ²)	Profondità (m)	Volume (m ³)
Intera area	187.0	1.5 *	280.5

* = da -0. a -1.5 m da p.c.

Il volume di terreno da sottoporre a bonifica sono invece i seguenti:

TERRENO CONTAMINATO

INTERA AREA DI INDAGINE

Area di intervento	Superficie (m ²)	Profondità (m)	Volume (m ³)
Intera area	187.0	2.5 *	467.5

* = da -1.5. a -4.0 m da p.c.

AREA DELLA "FOSSA GRANDE"

Per l'area della "fossa grande" si dovrà invece necessariamente provvedere alla bonifica di spessori maggiori di terreno. Si è infatti prevista la bonifica di un'area a pianta rettangolare con lati di 7 e 8 m di circa.

La tabella seguente riassume i dati relativi al volume di terreno da sottoporre a bonifica nell'area della fossa grande:

Area di intervento	Superficie (m ²)	Profondità (m)	Volume (m ³)
Fossa grande	56.0	1 *	56.0

* = da -4.0 a -5.0 m da p.c.

La tabella seguente riassume infine i dati fino ad ora espressi, suddividendo anche i volumi di terreno saturo e non saturo calcolando un soggiacenza di 2.5 m da p.c..

	Volume (m ³)
Terreno non contaminato	280.5
Terreno totale contaminato	523.5
Terreno non saturo	187.0
Terreno saturo	336.5

4.2. ANALISI DELLE POSSIBILI TECNOLOGIE ADOTTABILI

Il presente paragrafo illustra le possibili tecnologie per la bonifica del sito in oggetto. Trattandosi di una valutazione necessaria alla selezione delle tecnologie più appropriate, quindi principalmente rivolta a definire i vantaggi e gli svantaggi delle diverse alternative, non presenta un elevato grado di dettaglio.

Qualsiasi proposta di bonifica deve fare riferimento ai seguenti aspetti:

- Protezione dell'ambiente fisico e dell'uomo: è il criterio fondamentale di valutazione, e si concretizza eliminando o riducendo i rischi di esposizione; nella pratica, questo si ottiene riducendo la mobilità, la tossicità e/o la massa di contaminanti presenti. Oltre a ciò, la tecnologia da adottare non deve incrementare i rischi, né a breve, né a lungo termine, o determinare impatti su matrici diverse da quelle oggetto del risanamento.
- Raggiungimento degli obiettivi di bonifica: la tecnologia deve far prevedere il raggiungimento degli obiettivi, desunti dalla normativa (ad. es. D.M. 471/99) o dall'analisi di rischio specifica.
- Efficacia a lungo e breve termine: la tecnologia scelta deve consentire l'ottenimento di risultati duraturi e verificabili. Oltre a consentire effetti duraturi al termine delle operazioni, la tecnologia di bonifica deve anche fornire un'apprezzabile riduzione del rischio per i potenziali recettori ambientali.
- Facilità di realizzazione e gestione: la fattibilità tecnica, la disponibilità di materiali e servizi e la semplicità gestionale sono criteri sostanziali nella scelta della tecnologia di intervento. Questo si traduce nella possibilità di minimizzare i costi realizzativi e operativi ed i rischi di mal funzionamento della tecnologia.
- Minimo impatto ambientale: si traduce nella scelta di una tecnologia che riduce al minimo il contatto tra l'uomo e le matrici contaminate, il trasferimento di materiali nocivi presso altri siti, l'impatto visivo e sonoro, la produzione di rifiuti secondari, il consumo di risorse energetiche. Questo aspetto viene specificamente sottolineato nel D. Lgs. n. 22/97, che consiglia fortemente l'applicazione di tecnologie in grado di minimizzare la produzione ed il trasferimento presso altri siti di materiali contaminati.

La scelta delle più appropriate tecnologie dovrà tener conto dei cinque aspetti sopra descritti.

Considerata la tipologia di inquinamento riscontrata, interessante i terreni sia nella zona insatura che satura, con presenza di contaminazione anche in fase liquida, si ritiene che la soluzione progettuale di bonifica debba essere composta da una metodica di trattamento dei soli terreni ed una per le acque di falda. Conseguentemente vengono qui di seguito proposte una serie di tecniche di disinquinamento per entrambe le matrici inquinate interessate. Alcune di esse permettono la bonifica contemporanea di entrambe le fasi, altre di una matrice per volta.

A) ASPORTAZIONE DEL TERRENO CONTAMINATO E SMALTIMENTO TOUT COURT A DISCARICA

Consiste nell'esecuzione delle seguenti fasi operative:

1. rimozione fisica di tutto il terreno non contaminato presente sull'area, ovvero quello fino a 1.5-2.0 m da p.c.,
2. stoccaggio temporaneo in sito di tale terreno;
3. scavo di tutto il terreno considerato inquinato sulla base delle risultanze del piano di caratterizzazione e stoccaggio temporaneo in cumuli;
4. le aree di scavo potranno essere ampliate, sia verticalmente sia orizzontalmente, nel caso in cui vi fossero evidenze visive od olfattive di contaminazione. Durante le operazioni di scavo saranno costantemente monitorati la profondità e il volume di scavo con idonea strumentazione. A conclusione dei lavori di scavo verrà eseguito il controllo finale su profondità raggiunte e volumi di terreno asportati corredato da documentazione fotografica.
5. i terreni contaminati, stoccati temporaneamente nel cumulo di cui sopra, saranno caratterizzati e smaltiti presso discariche di adeguate categorie, definita sulla base del carico contaminante rilevato sul materiale rimosso dopo opportune analisi chimiche di verifica;
6. i terreni non contaminati, stoccati provvisoriamente nel cumulo denominato A, serviranno invece a riempire parzialmente lo scavo creatosi durante le operazioni di bonifica. Per il completo riempimento di tale scavo occorrerà utilizzare altro materiale pulito (terra e rocce di scavo).

Si osservi che, date le indicazioni generali del D.M. 471/99 e la limitata capacità ricettiva di discariche idonee, la tendenza generale è quella di evitare questo tipo di intervento.

Fattibilità tecnico - gestionale:

Tali operazioni richiedono:

- scavo e movimentazione di notevoli volumi di terreno;
- realizzazione di scavi con profondità relativamente elevate (presumibilmente anche maggiori di 5 m);
- disponibilità di ampie superfici, meglio se pavimentate, per lo stoccaggio temporaneo dei terreni;
- movimentazione di parecchi mezzi movimento-terra (escavatori e camion)

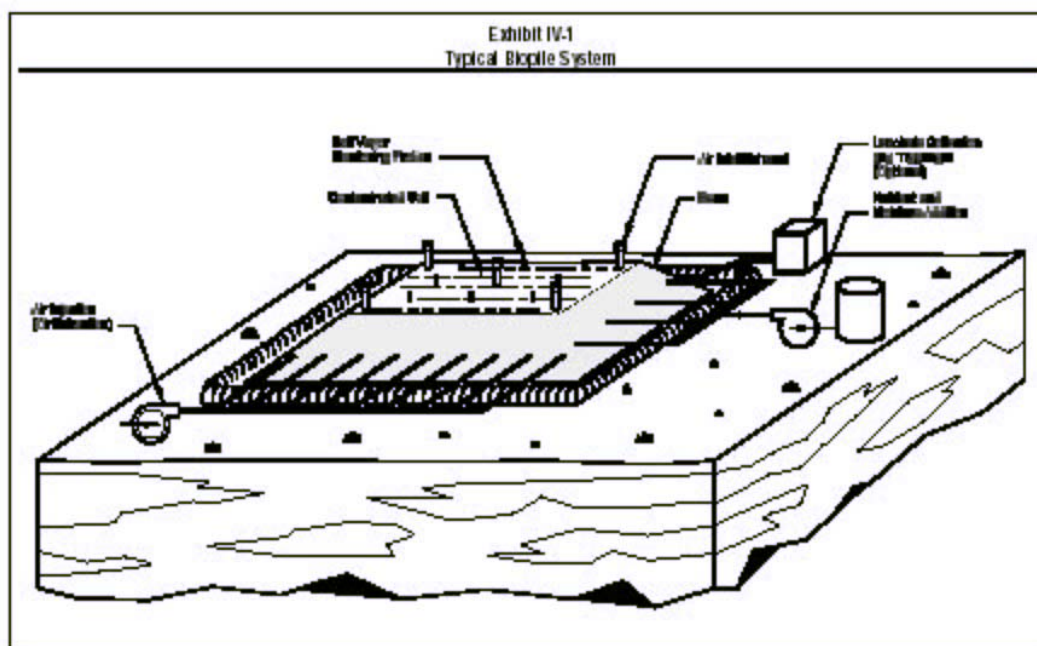
Costi di intervento:

I costi derivanti da questa operazione sono considerevoli, a causa della necessità di smaltimento in discariche adeguate di grandi quantità di terreno, nella maggior parte dei casi con concentrazioni non particolarmente elevate e tali da giustificare detti costi.

Valutazione:

Questo tipo di bonifica comporta:

- costi elevati per lo scavo e lo smaltimento di elevati volumi di terreno e per lo scavo “sotto falda”,
- problematiche di carattere geotecnico per quanto riguarda la stabilità delle fondazioni dell’edificio adibito a ricovero automezzi posto in fregio all’area da bonificare qualora si dovesse ampliare lo scavo previsto in direzione nord e nord est;
- problemi connessi con i disagi che l’elevato traffico di mezzi di cantiere causerebbe al regolare svolgimento delle attività dell’area.

B) BONIFICA ON SITE DEI TERRENI CON TECNICHE DI BIORISANAMENTO: BIOPILE

Tale tecnica prevede l'asportazione e lo stoccaggio temporaneo del terreno contaminato e non contaminato in due distinte aree, la caratterizzazione e la bonifica on site dei terreni contaminati con tecniche di biorisanamento in cumuli statici.

Anche in questo caso le operazioni di rimozione del materiale sono le medesime indicate nei casi precedenti.

In particolare si dovrà operare mediante stoccaggio temporaneo in sito di tutto il terreno scavato. Lo scavo dovrà essere eseguito per settori ed il terreno dovrà essere disposto in cumuli per la successiva caratterizzazione con analisi di laboratorio al fine di riconoscere e separare il terreno contaminato da quello non contaminato.

Lo step successivo prevede lo smaltimento del terreno non contaminato destinato al normale ciclo di riuso o conferimento in discarica di inerti.

Viceversa il terreno contaminato verrà sottoposto ad un trattamento di biorisanamento in sito su un'area adeguatamente attrezzata a alla costituzione delle biopile e/o a cumuli con eventuale semina di funghi e microrganismi non OGM specifici.

Fattibilità tecnico - gestionale:

Tali operazioni richiedono:

- scavo e movimentazione di notevoli volumi di terreno;
- realizzazione di scavi con profondità relativamente elevate (presumibilmente anche maggiori di 5 m);
- disponibilità di ampie superfici, meglio se pavimentate, per lo stoccaggio dei terreni interessati dai cumuli statici (biopile);
- movimentazione di parecchi mezzi movimento-terra (escavatori e camion)

Costi di intervento:

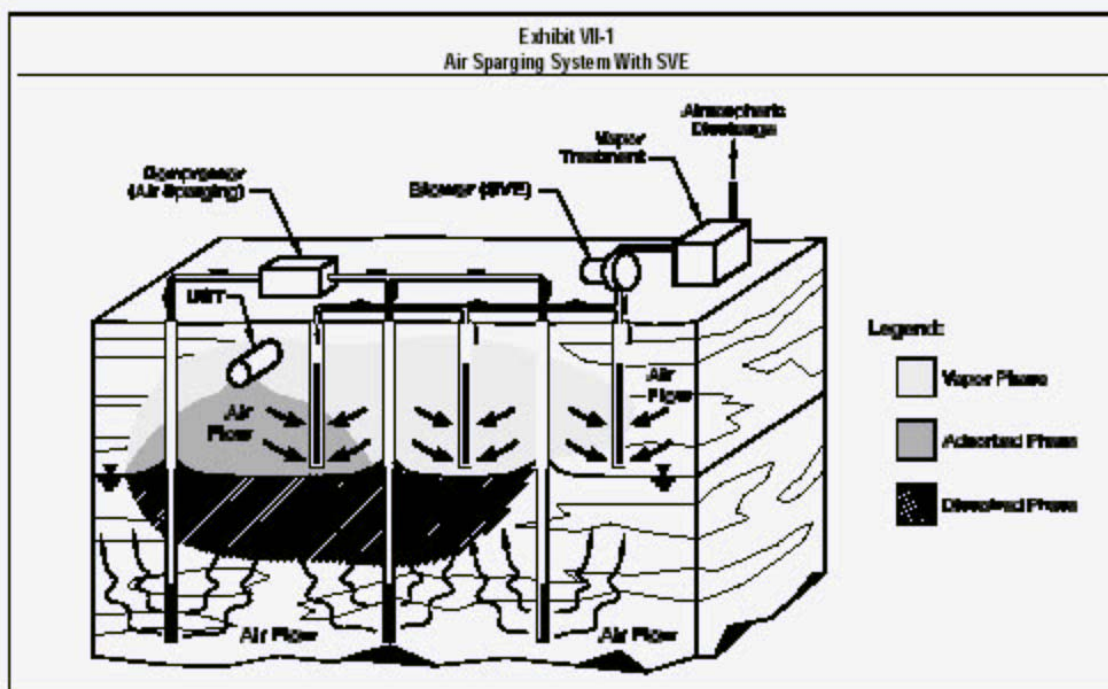
Un vantaggio di questa tecnologia consiste nella notevole diminuzione dei volumi di materiale da conferire in discarica off site e quindi, rispetto alle soluzioni precedenti, si avrà una significativa diminuzione dei costi di smaltimento. Per contro tale soluzione implica la necessità di costi costruttivi e operazioni periodiche connesse al biorisanamento.

Valutazione:

Questo tipo di bonifica comporta:

- costi inferiori di bonifica;
- problematiche di carattere geotecnico per quanto riguarda la stabilità delle fondazioni dell'edificio adibito a ricovero automezzi posto in fregio all'area da bonificare qualora si dovesse ampliare lo scavo previsto in direzione nord e nord est;
- problemi connessi con i disagi che l'elevato traffico di mezzi di cantiere causerebbe al regolare svolgimento delle attività dell'area;
- disponibilità di aree per lo stoccaggio dei cumuli statici atti alla bonifica.

C) BONIFICA IN SITE DEI TERRENI CON TECNICHE DI BIORISANAMENTO: AIR SPARGING



Tale tecnica prevede l'iniezione di aria al di sotto del livello piezometrico per rimuovere, tramite processi di strippaggio e biodegradazione i contaminati disciolti in fase acquosa nella zona satura del sottosuolo. Il sistema prevede l'iniezione di aria lievemente in pressione sottofalda allo scopo di trasferire i contaminati disciolti nell'acqua o adsorbiti alla matrice solida nel flusso aeriforme. I contaminanti volatilizzati migrano nella zona insatura dove un sistema di Soil Vapor Extraction prevede la loro rimozione. In aggiunta a questo processo di volatilizzazione, l'iniezione sottofalda, provoca un aumento della concentrazione di ossigeno disciolto in acqua essenziale per favorire l'azione di biodegradazione aerobica dei contaminanti. Per i composti semivolatili tale meccanismo è dominante rispetto al processo di strippaggio. Nel caso si ottimizzi l'azione di biodegradazione, si configura l'applicazione della tecnologia del biosparging.

La tecnologia prevede livelli di efficacia medio-buoni in presenza di:

- contaminate: diesel;
- geologia: sabbie limose;
- fase del contaminate: adsorbito;
- localizzazione contaminate: in acquifero;
- estensione contaminate: pennacchi modesti;
- conducibilità idraulica: 10^{-5} - $10E^{-4}$;
- anisotropia: moderata.

Fattibilità tecnico - gestionale:

Tali operazioni richiedono:

- nessuna azione di scavo/movimentazione terreno;
- realizzazione di eventuali nuovi piezometri come punti di insufflaggio aria e strippaggio aria.

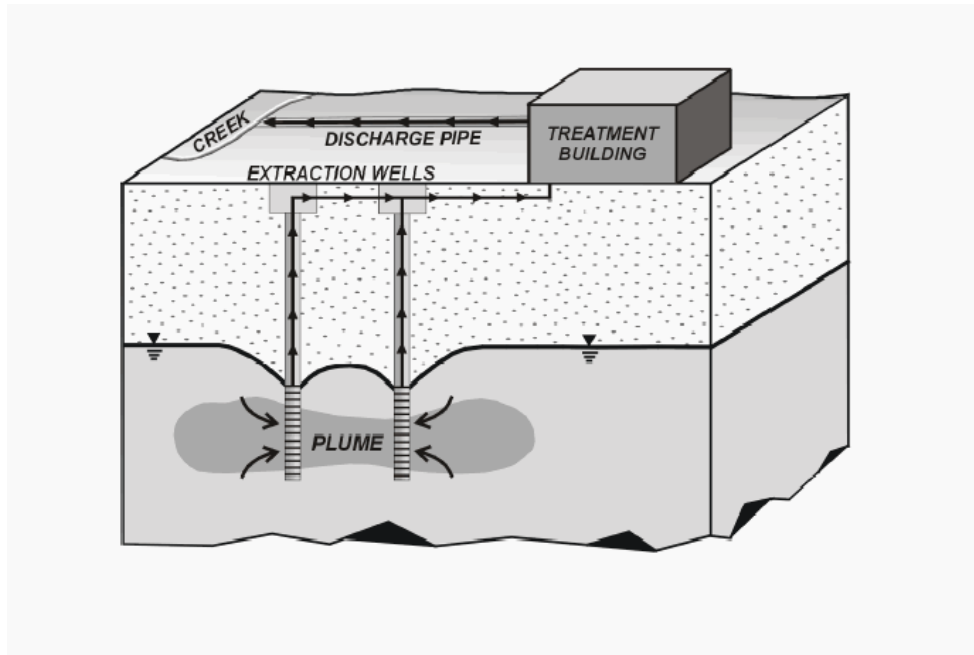
Costi di intervento:

Questa tecnologia non prevede azioni di scavo, ma costi associati alla progettazione ed alla gestione di tipo impiantistica-elettro-idraulica.

Valutazione:

Questo tipo di bonifica comporta:

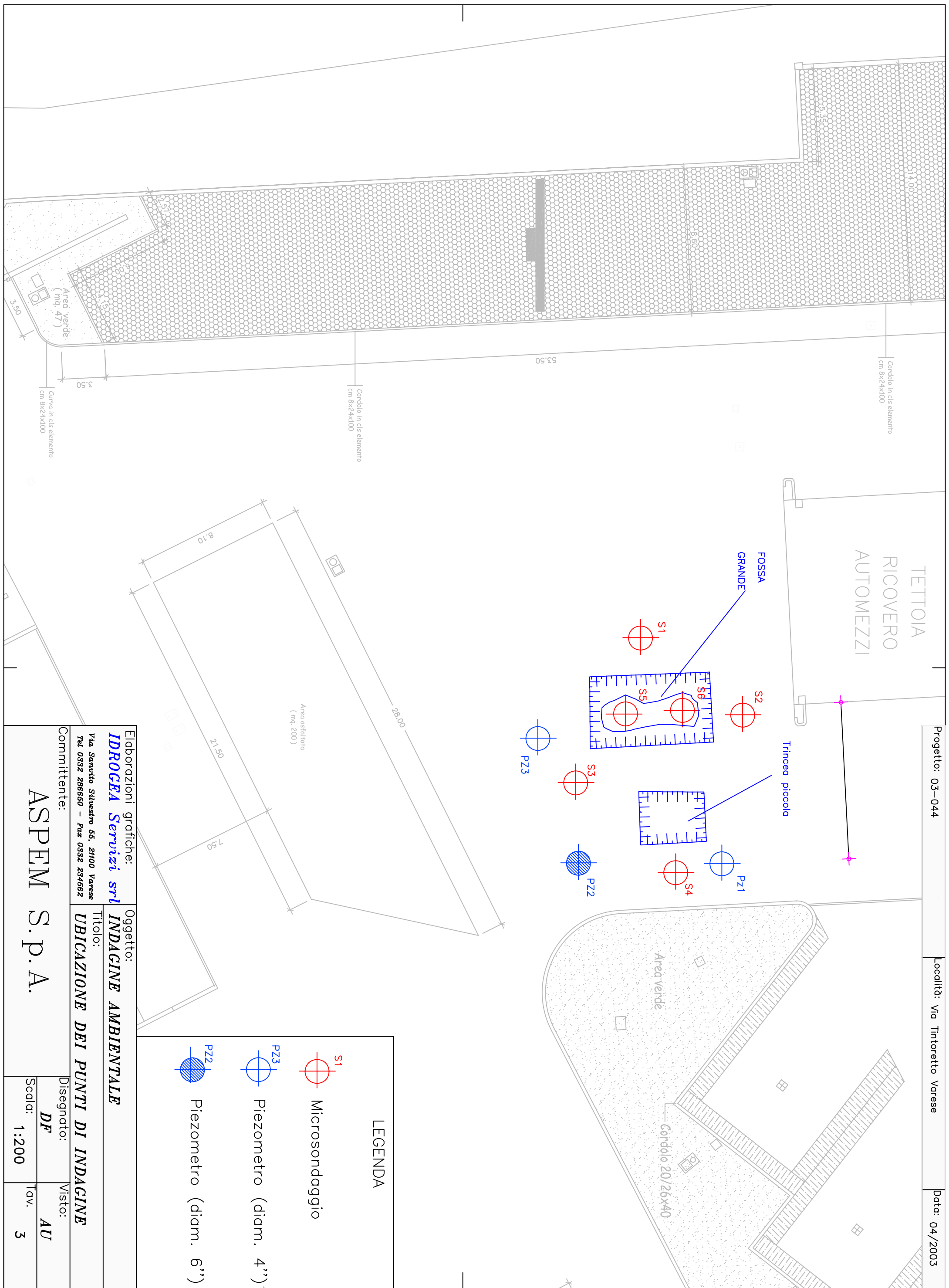
- costi di bonifica comparabili con quelli di una biopila;
- assenza di qualsiasi azione di scavo e conseguentemente problemi di viabilità e occupazione temporanea terreni;
- redazione di analisi di fattibilità (caratteristiche fisico-chimiche del sottosuolo e caratteristiche geochimiche della fase satura) al fine di verificare sotto ogni aspetto la reale applicabilità della tecnologia al sito in considerazione.

D) BONIFICA DELLE ACQUE: POMPAGGIO E TRATTAMENTO

Questa tecnologia prevede di installare delle pompe ad immersione all'interno dei piezometri esistenti e di richiamare il contaminante disciolto in fase acquosa. Le acque pompate verranno convogliate ad un impianto di dissolvenza già presente in luogo. Le acque di scarico dell'impianto verranno analizzate al fine di verificare il grado di rimozione dell'inquinante e la compatibilità delle stesse con i limiti fissati di legge per lo scarico in fogna. A seguito degli esiti ottenuti si stabilirà se provvedere alla progettazione di un impianto di trattamento specifico per la tipologia di acque estratte o provvedere all'impiego di una tecnologia di bonifica differente.

Varese, agosto 2003

Dr. Geol. A. Uggeri



LEGENDA	
	Microsondaggio
	Piezometro (diam. 4")
	Piezometro (diam. 6")

Elaborazioni grafiche:		Oggetto:	
IDROCEA Servizi srl		INDAGINE AMBIENTALE	
Via Saravito Silvestro 55, 21100 Varese Tel 0332 286650 - Fax 0332 234562		Titolo:	
Comittente:		UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE	
ASPSEM S.p.A.		Disegnato:	
		DF	
		Visto:	
		AU	
		Scala:	
		1:200	
		Tav.	
		3	