



ASSn6
FRIULI
OCCIDENTALE



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA



***EPISODIO DI INQUINAMENTO
DA SOLVENTI CLORURATI
DELLE FALDE DELLA MEDIO - ALTA
PIANURA PORDENONESE
FASE 2***

DIPARTIMENTO PREVENZIONE PN - PRESIDIO MULTIZONALE DI PREVENZIONE PN - GE. T. AS. s.r.l. PISA



ASSn6
FRIULI
OCCIDENTALE



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA



PROVINCIA DI
PORDENONE

***EPISODIO DI INQUINAMENTO
DA SOLVENTI CLORURATI
DELLE FALDE DELLA MEDIO - ALTA
PIANURA PORDENONESE
FASE 2***

PORDENONE - MAGGIO 1999

INDICE

	<i>Pagina</i>
1 - PREMESSA	3
2 - I RISULTATI DELLE OPERAZIONI ESEGUITE NELLA FASE PRELIMINARE CONCLUSASI NEL 1987	4
3 - SOMMARIO DEI RISULTATI DELLA FASE 1	6
3.1 - Quadro idrogeologico	6
3.1.1 - Inquadramento geologico	6
3.1.2 - Idrogeologia	6
3.2 - Estensione areale dell'inquinamento	11
3.3 - Evoluzione dell'inquinamento	12
3.4 - Ipotesi di diffusione	13
4 - RISULTATI ACQUISITI NELLA FASE 2	15
4.1 - Generalità	15
4.2 - Indagini idrogeologiche	16
4.2.1 - Settore profondo	16
4.2.1.1 - Nuove perforazioni SA-SB-SC	16
4.2.1.2 - Sondaggio SA	16
4.2.1.3 - Sondaggio SB	22
4.2.1.4 - Sondaggio SC	25
4.2.1.5 - Quadro di sintesi dei dati di perforazione	28
4.2.1.6 - Prove di portata su altri pozzi profondi	30
4.2.1.7 - Misure di velocità e di direzione del deflusso di falda	32
4.2.1.8 - Evoluzione del quadro piezometrico	37
4.2.1.9 - Quadro analitico in falda	40
4.2.1.10 - Prove di diffusione	54
4.2.2 - Settore superficiale	54
4.2.2.1 - Generalità	54
4.2.2.2 - Risultati ottenuti negli scavi	55
4.2.2.3 - Quadro analitico	68
4.3 - Conclusioni di FASE 2 - Linee generali di intervento	75
4.3.1 - Il quadro conoscitivo al 1997	75
4.3.2 - Linee generali di intervento	79
4.3.2.1 - Non saturo area INFA	80
4.3.2.2 - Falda freatica	80
4.3.2.3 - Falde confinate	81

LISTA DELLE FIGURE

- Fig. 1* - Schema geologico strutturale generale
- Fig. 2* - Pianta di posizione
- Fig. 3* - Carta piezometrica (1988)
- Fig. 4* - Pianta di posizione dei sondaggi profondi
- Fig. 5* - Sondaggio SA - Stratigrafia e schema di sistemazione
- Fig. 6* - Sondaggio SA. Prova a portata costante (18/11/1992)
Grafico log-log abbassamento-tempo
- Fig. 7* - Sondaggio SB- Stratigrafia e schema di sistemazione
- Fig. 8* - Sondaggio SB- Prova a portata costante (16/11/1992)
Grafico log-log abbassamento-tempo
- Fig. 9* - Sondaggio SC - Stratigrafia e schema di sistemazione
- Fig. 10* - Sondaggio SC - Prova a portata costante (16/11/1992)
Grafico log-log abbassamento-tempo
- Fig. 11* - Sezione geologica A-A'
- Fig. 12* - Sondaggio S7 - Prova a portata costante (26/11/1992)
Grafico log-log abbassamento-tempo
- Fig. 13* - Sondaggio S7 - Prova a portata costante (26/11/1992)
Grafico semi-log abbassamento-tempo
- Fig. 14* - Pozzo INFA - Step Drawdown Test (07/07/1997)
- Fig. 15* - Pozzo Forcate 2 - Step Drawdown test (09/07/1997)
- Fig. 16* - Pozzo INFA - Prova a portata costante (07/07/1997)
- Fig. 17* - Pozzo Forcate 2 - Prova a portata costante (29/07/1997)
- Fig. 18* - Pozzo S7. Misure di flusso Stanudin
- Fig. 19* - Prove SA. Misure di flusso Stanudin
- Fig. 20* - Pozzi spia S7, S1, SC e pozzo RO-SA. Andamento piezometrico nel periodo Giugno '92 - Ottobre '93 correlato con le piogge

Fig. 21 - Carta piezometrica (magra - Luglio 1993)

Fig. 22 - Carta piezometrica (morbida - Dicembre 1992)

Fig. 23 - Acquedotto in loc. Forcate. Inquinamento a Fontanafredda

Fig. 24 - Trasformazione del Tetracloroetilene

Fig. 25 - Punti in cui sono state eseguite le analisi delle acque superficiali (anno 1997)

Fig. 26 - A - Pozzo spia 7. Andamento dell'inquinamento da Tetracloroetilene nella falda freatica correlato con le piogge.

B - Pozzi spia S7, S1, SC e pozzo RO-SA. Andamento piezometrico nel periodo Giugno '92 - Ottobre '93 correlato con le piogge e con i tenori di PCE

Fig. 27 - Pozzo spia 2. Andamento dell'inquinamento da Tetracloroetilene nella falda freatica correlato con le piogge

Fig. 28 - Pozzo spia 1. Andamento dell'inquinamento da Tetracloroetilene nella falda freatica correlato con le piogge

Fig. 29 - Risorgiva Bagnador. Andamento dell'inquinamento da Tetracloroetilene nelle acque della risorgiva correlato con le piogge.

Fig. 30 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1990)

Fig. 31 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1990)

Fig. 32 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1992)

Fig. 33 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1997)

Fig. 34 - Area INFA. Sezione 2

Fig. 35 - Area INFA- Sezione 3

Fig. 36 - Area INFA - Sezioni 4-5

Fig. 37 - Pozzetto 7/92. Prova di svuotamento e recupero (08/07/1997)

Fig. 38 - Pozzetto A. Prova di svuotamento e recupero (11/09/1997)

Fig. 39 - Pozzetto 7/92. Andamento dell'inquinamento da Tetracloroetilene nella falda superficiale sospesa correlato con le piogge

ELENCO DELLE TABELLE

- Tab. 1* Sondaggio SA. Analisi di laboratorio su campioni di fango prelevati alle diverse profondità (10-15/09/1992).
- Tab. 2* Sondaggio SB. Analisi eseguite sui campioni di acque.
- Tab. 3* Dati piezometrici relativi ad alcuni pozzi della rete di controllo della medio-alta pianura pordenonense.
- Tab. 4* Analisi pozzi privati anni 1987-1997. Falda artesiani. Comune di Porcia.
- Tab. 5* Valutazione quantitativa di PCE all'uscita delle risorgive.
- Tab. 6* Sintesi dei dati relativi agli scavi realizzati nell'area di studio.
- Tab. 7* Dati analitici negli scavi 1990.
- Tab. 8* Dati analitici negli scavi 1992
- Tab. 9* Dati analitici negli scavi 1997

ELENCO DELLE TAVOLE

- TAV. 1 - SEZIONI IDROGEOLOGICHE**
- TAV. 2 - CARTA DELLA DIFFUSIONE DEL TETRACLOROETILENE (PCE).**
Valori medi dell'Aprile 1987
- TAV. 3 - DIAGRAMMI DELL'INQUINAMENTO DA SOLVENTI CLORURATI
NEL TEMPO (Pozzo Spia 7 - Pozzo Spia 4 - Pozzo ex acquedotto Forcate)**
- TAV. 4 - DIAGRAMMI DELL'INQUINAMENTO DA SOLVENTI CLORURATI
NEL TEMPO (Condominio via Cavour, risorgive Bagnador, Fontanafredda)**
- TAV. 5 - SCAVI AREA INFA. PIANTA DI POSIZIONE**
- TAV. 6 - SCAVI AREA INFA. SEZIONE 1**
- TAV. 7 - DIAGRAMMI PROVE DIFFUSIONE NEL SETTORE SUPERFICIALE
(07/03/1993 - 07/04/1993)**
- TAV. 8 - DIAGRAMMI PROVE DIFFUSIONE NEL SETTORE SUPERFICIALE
(06/04/1993 - 07/05/1993)**
- TAV. 9 - DIAGRAMMI PROVE DIFFUSIONE NEL SETTORE SUPERFICIALE
(06/05/1993 - 07/06/1993)**
- TAV. 10 - CARTA DELLA DIFFUSIONE DEL TETRACLOROETILENE (PCE)**
Valori del 17 Gennaio 1997.

PRESENTAZIONE

A distanza di oltre 10 anni dall'inquinamento da solventi clorurati che ha causato la chiusura di un pubblico acquedotto e la mancata utilizzazione di numerosissimi pozzi privati nei Comuni di Fontanafredda e Porcia, l'indagine che viene presentata in questa pubblicazione conferma che il pericolo di inquinamento è tuttora presente nelle falde di una parte importante del territorio della Provincia di Pordenone, da Aviano fino a Porcia.

Questo episodio, che ha condizionato pesantemente la disponibilità per il consumo umano di acqua di qualità proveniente dal sottosuolo, ci ha anche ricordato quanto sia importante avere il massimo rispetto per le fonti acquifere sotterranee che, una volta compromesse, richiedono tempi lunghissimi, misurati sulla base di decenni, per poter essere di nuovo utilizzabili.

Episodi di questa gravità e di questo rilevante costo economico, sociale, sanitario ed ambientale, ci dimostrano quanto siano importanti la prevenzione ed il controllo in tema di ambiente e di tutela delle risorse naturali.

Il Dipartimento di Prevenzione di questa Azienda, anche grazie al proprio Presidio Multizonale, ha dato un notevole contributo nella individuazione di questo danno ambientale e nella prevenzione dei rischi sanitari connessi.

Si esprime l'augurio che la diffusione di uno studio così approfondito e completo possa essere di utilità per gli studiosi e possa contribuire ad una migliore conoscenza del nostro territorio e ad un sempre maggiore impegno per la tutela dell'elemento acqua, questa fragilissima risorsa di cui abbiamo tanto bisogno.

Pordenone, maggio 1999

*Azienda per i Servizi Sanitari n° 6 "Friuli Occidentale"
Il Direttore Generale
- ing. Giulio De Antoni -*

1 - PREMESSA

Nel Marzo 1987, nel quadro dei controlli eseguiti sulla qualità dell'acqua dei pozzi che prelevano acqua sotterranea nella falda freatica presente nelle ghiaie e sabbie che formano la pianura medio-alta del pordenonese, largamente utilizzata per l'approvvigionamento idrico, è stata rilevata in pozzi dell'acquedotto di Fontanafredda la presenza di TCE (tricloroetilene), di PCE (tetracloroetilene) e di 1.1.1 tricloroetano in concentrazioni superiori ai limiti previsti dalla legge.

Le indagini condotte dalla Direzione Regionale della Protezione Civile e basate essenzialmente sulla perforazione di sondaggi, campagne geofisiche, analisi chimiche, avevano consentito di localizzare con ragionevole certezza l'area di sversamento della sostanza inquinante nel sottosuolo. Le risultanze di prima fase sono state raccolte nel rapporto "RILIEVI GEOFISICI ED IDROGEOLOGICI NELL'AREA DEL COMUNE DI FONTANAFREDDA (PN) - RELAZIONE DI SINTESI" predisposta dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste in data 16/2/1988.

La fase di emergenza per il Comune di Fontanafredda terminò con la realizzazione di nuovi pozzi per l'acquedotto mentre i privati, nella zona inquinata, che attingono acqua con pozzi individuali vennero allacciati, dove possibile, agli acquedotti di Porcia e di Fontanafredda.

Mediante una convenzione con la allora USL n. 11 "Pordenonese" e la consulenza della GETAS-PETROGEO di Pisa, la regione Friuli Venezia Giulia formulò un piano di indagini e ricerche aventi lo scopo di:

- a) ricostruire lo schema di circolazione del sistema idrogeologico e, in parallelo, l'evoluzione spazio/temporale dell'inquinamento;
- b) acquisire elementi di valutazione sulla necessità e sulla fattibilità di un intervento concreto di disinquinamento in termini tecnici ed economici.

Il programma formulato comprendeva le tre fasi seguenti:

- FASE 1 - definizione dello stato di fatto e valutazione del rischio.
- FASE 2 - accertamenti diretti per la fattibilità di un progetto di intervento.
- FASE 3 - realizzazione dell'intervento, se ritenuto necessario.

Nel Maggio 1990 veniva dato alle stampe il documento "Episodio di inquinamento da solventi clorurati delle falde della medio-alta pianura pordenonese", a firma dei responsabili dell'indagine, che riferiva sui risultati ottenuti nel corso dell'esecuzione del programma di FASE 1 e nel 1991 veniva avviata la FASE 2 secondo il programma sopra ricordato.

Nel corso delle indagini si rendeva necessario apportare varianti tecniche al programma, senza aggravio di spesa, inserendo operazioni più mirate, suggerite dai primi risultati ottenuti dalle perforazioni profonde. I lavori subivano una sospensione in attesa della definizione dell'iter burocratico che si concretizzava nell'Atto Aggiuntivo 6402 del Febbraio 1995, esecutivo nel Settembre 1996.

I lavori di indagine, ripresi nel 1997, si sono conclusi con la presentazione di questo documento che costituisce il rapporto tecnico della FASE 2.

In questo secondo rapporto vengono inserite le carte tematiche più significative e le risultanze del precedente rapporto per facilitarne la comprensione e per non obbligare il committente a continui rinvii al documento precedente che, oltre tutto, è di difficile reperimento essendo andata esaurita la tiratura di quella unica edizione.

I prelievi, le analisi e le elaborazioni relative alla parte chimica sono state eseguite a cura del Presidio Multizonale di Prevenzione di Pordenone.

2 - I RISULTATI DELLE OPERAZIONI ESEGUITE NELLA FASE PRELIMINARE CONCLUSASI NEL 1987.

Nel Marzo 1987 appena accertato l'inquinamento dell'acquedotto di Fontanafredda, è stato vietato l'uso a scopo potabile dell'acqua inquinata mentre si è in tempi brevi provveduto a reperire un'altra fonte di approvvigionamento idrico per la popolazione, utilizzando un altro pozzo non contaminato per l'acquedotto e integrando la fornitura di acqua potabile con serbatoi provvisori riforniti con autobotti nelle zone non servite da acquedotto.

Nel frattempo si dava corso alla ricerca delle cause dell'inquinamento, con l'intervento della Protezione Civile che ha provveduto, durante lo svolgimento delle indagini, alla terebrazione di nove pozzi spia.

L'individuazione della fonte dell'inquinamento è stata alquanto difficoltosa per le seguenti ragioni:

- a monte del pozzo dell'acquedotto di Fontanafredda si trovavano diverse discariche di rifiuti di ogni genere;
- esiste una base dell'Aeronautica militare con i relativi impianti logistici, utilizzata fino dalla prima guerra mondiale da forze armate diverse;
- esiste un numero consistente di insediamenti industriali ed artigianali, nonché un'estesa zona agricola non abitata;
- la profondità dal piano di campagna della falda freatica nella zona, variabile da metri 50/60 di Fontanafredda a metri 95/100 ed oltre di Aviano, richiedeva la terebrazione di pozzi spia profondi anche oltre 100 metri. Inoltre, la presenza di numerosi pozzi privati, produttivi della stessa falda, richiedeva una precisa delimitazione dell'area inquinata per l'adozione di provvedimenti di restrizione nel consumo dell'acqua.

Si è quindi provveduto al controllo capillare dei pozzi esistenti mediante campionamento ed analisi di laboratorio.

Le indagini sono state indirizzate, in un primo momento, alla ricerca di eventuali sversamenti abusivi di rifiuti industriali, in discarica o cava, contenenti solventi clorurati, a monte della zona inquinata. Durante tale fase, conclusasi nell'Aprile 1987, sono state individuate, ispezionate e censite tutte le discariche, comprese quelle esaurite, nonché setacciato con la collaborazione di militari del III Btg. Bersaglieri, il territorio dei Comuni a monte dell'acquedotto di Fontanafredda, Roveredo in Piano, Aviano e Budoia a monte della zona inquinata.

Le indagini sono sempre risultate negative. Infatti, in tutto il territorio ispezionato non sono stati rilevati sversamenti di residui di lavorazione o altro contenenti solventi clorurati.

Dopo una prima fase di indagini a tappeto, si sono iniziate ulteriori ricerche in due direzioni:

- 1) la verifica dell'estensione dell'inquinamento verso nord mediante la terebrazione dei pozzi SPIA;
- 2) la ricerca negli scarichi delle ditte che utilizzavano solventi clorurati, per evidenziare l'eventuale presenza di solventi.

L'ubicazione dei pozzi spia è stata condizionata dalla geometria piezometrica e dalla presenza delle sostanze inquinanti.

Procedendo verso monte, cioè nella direzione di flusso della falda, si è giunti nella zona industriale di Aviano dove il Pozzo SPIA 7, terebrato 300 m a valle della Ditta INFRA, fece rilevare concentrazioni particolarmente elevate rispetto agli altri pozzi spia meridionali, mentre altri pozzi a monte di questo insediamento risultarono esenti da inquinamento.

Nel frattempo erano stati compiuti presso la Ditta INFRA (attività di serigrafia industriale in alluminio) una serie di sopralluoghi di controllo per evidenziare:

- la qualità di solventi clorurati in deposito presso lo stabilimento;
- il consumo mensile di solventi;
- la qualità di morchie contenenti solventi clorurati, stoccate presso l'opificio;
- l'elencazione delle Ditte che negli anni passati avevano ritirato le morchie nel periodo dal 17.11.1977 al 16.6.1986.

Questi controlli hanno permesso di constatare che dal 1984 la ditta aveva installato un impianto di recupero totale del solvente impiegato e quindi non scaricava solventi attraverso pozzi perdenti o tramite la fognatura industriale.

Un controllo della rete fognaria evidenziava la presenza di tracce minime di Tetracloroetilene lungo tutta la fognatura ed il corso d'acqua che convoglia le acque nel depuratore biologico del Comune di Aviano; mentre nell'affluente del depuratore dell'Azienda non si notavano solventi clorurati.

Si è proceduto, in seguito, su iniziativa dell'Autorità Giudiziaria, ad una sistematica ricognizione di tutta la superficie occupata dalla ditta e si è potuto accertare che il terreno al di sotto delle cisterne di deposito di

Tetracloroetilene, era impregnato di solvente. Con la guida del Perito d'ufficio della Pretura di Pordenone, si è proceduto ad un carotaggio in sito fino a 31 metri di profondità; analizzando il terreno metro per metro.

Il carotaggio ha messo in evidenza che il sottosuolo, caratterizzato da ghiaia e ciottoli in matrice fine era fortemente impregnato di solvente con concentrazioni dell'ordine di grammi per chilogrammo, fino a otto metri di profondità, cioè fino al tetto di uno strato di argilla di circa 50 cm di spessore, sotto il quale il terreno non era inquinato.

Il pozzo di approvvigionamento dell'acqua potabile della Ditta INFRA, posto a qualche decina di metri a nord del punto di escavazione, produttivo da circa 150 metri di profondità, erogava acqua priva di solventi clorurati.

Per escludere la possibilità che l'inquinamento provenisse da una zona ancora più a nord, e per localizzarlo in modo più preciso si è proceduto all'infissione di altri due pozzi spia (Pozzi SPIA 8 e 9), per controllare la qualità dell'acqua delle falde a circa 100 metri a monte dello Stabilimento dell'INFRA.

L'acqua estratta dai suddetti pozzi risultò esente da solventi.

Dei fatti è sempre stata informata la Magistratura con specifico e dettagliato rapporto.

3 - SOMMARIO DEI RISULTATI DELLA FASE 1

3.1 - Quadro idrogeologico

3.1.1 - Inquadramento geologico

L'area di studio copre il settore di pianura fluvio glaciale-alluvionale compreso tra Aviano a nord e l'allineamento Pordenone-Sacile a sud (Fig. 1).

Verso nord-ovest le alluvioni della pianura si chiudono contro il piede degli affioramenti pre-quadernari che, dal basso verso l'alto, si presentano nella seguente successione stratigrafica:

1) CRETACEO

E' rappresentato da formazioni carbonatiche di scogliera, fra cui si trova la facies caratteristica dei Calcari a Rudiste.

2) EOCENE

Al passaggio Cretaceo/Eocene si incontra una facies tipo "Scaglia Rossa" con breccie a cemento marnoso e strati arenaceo marnoso (Flysch di Clauzetto), con spessore nell'ordine dei 100 m, comprendente lenti e banchi di breccie nummulitiche.

3) MIOCENE

L'intervallo Aquitaniano-Tortoniano è caratterizzato dalla presenza di molasse. Si tratta di una successione terrigena costituita da alternanze di arenarie glauconitiche, marne siltose e argille, che raggiunge uno spessore di circa 350 m. Al di sopra si incontrano i conglomerati calcarei del Pontico, equivalente laterale dei coevi conglomerati del Montello.

Questa successione Meso-Cenozoica è ricoperta dai sedimenti fluvio glaciali e alluvionali dell'alta pianura, caratterizzati dalla presenza di ghiaie grossolane, generalmente sciolte. La permeabilità della coltre è variabile in funzione della natura della matrice e del grado di cementazione, ma quasi ovunque essa è classificabile come medio-alta.

Lo schema geologico-strutturale dell'area di studio è rappresentato in Figura 1.

Il quadro strutturale è caratterizzato dalla presenza di due motivi tettonici principali, orientati secondo la trend media NE-SO. Il primo motivo, più settentrionale, noto come "Linea di Aviano", è una dislocazione che separa le formazioni carbonatiche e flyshoidi dalle formazioni mioceniche. Il secondo motivo, più meridionale, è sepolto sotto le alluvioni dell'alta pianura ed è stato identificato tramite l'interpretazione delle linee sismiche.

Si tratta della "linea di Sacile", che attraversa la pianura da Sacile fino a Sequals.

Quest'ultimo allineamento strutturale nel sottosuolo della pianura potrebbe interessare i conglomerati del Miocene che, almeno sul fianco nord-ovest della faglia inversa, potrebbero trovarsi a debole profondità (in qualche pozzo sono stati incontrati a +/- 100 metri dal p.c.), direttamente ricoperti dai più giovani depositi fluvio-glaciali e alluvionali, litologicamente molto simili.

Analoga situazione strutturale è stata riscontrata poco più a sud-ovest, e lungo la stessa trend, nei pozzi AGIP per ricerca petrolifera.

3.1.2 - Idrogeologia

a) Litologia e geometria dell'acquifero

La pianta di posizione di Fig. 2 riporta l'ubicazione di tutti i pozzi con dati utili per la ricostruzione del quadro geometrico. Molti di questi sono forniti di stratigrafia e sono stati utilizzati per l'elaborazione delle sezioni di correlazione. Sono stati inoltre consultati i dati relativi a campagne geofisiche esistenti in zona. Sulla sezione 3 che si spinge verso sud-est (TAV. 1), a partire dagli affioramenti, il pozzo profondo 327 (Pozzo sperimentale) consente

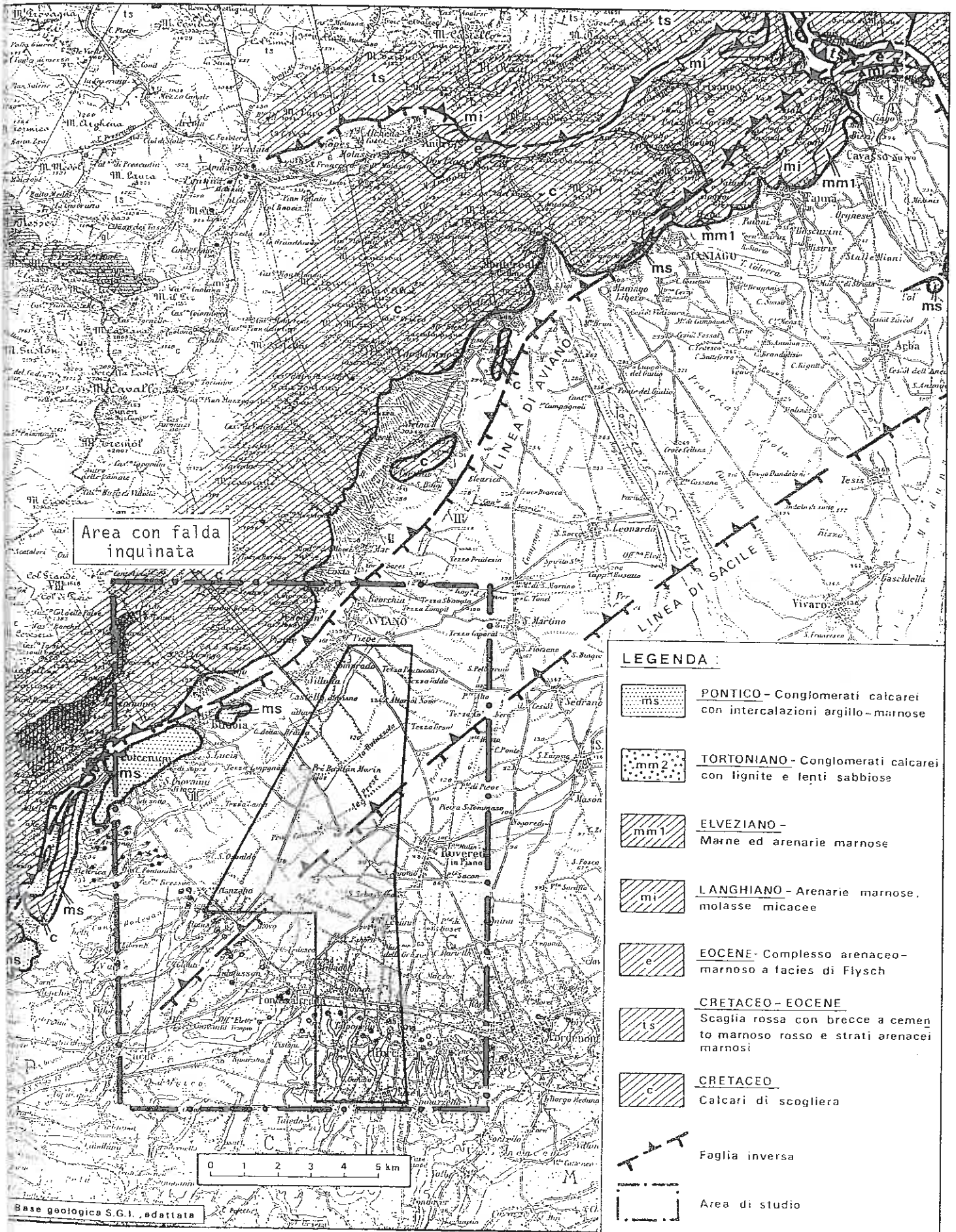


Fig. 1 - Schema geologico - strutturale generale

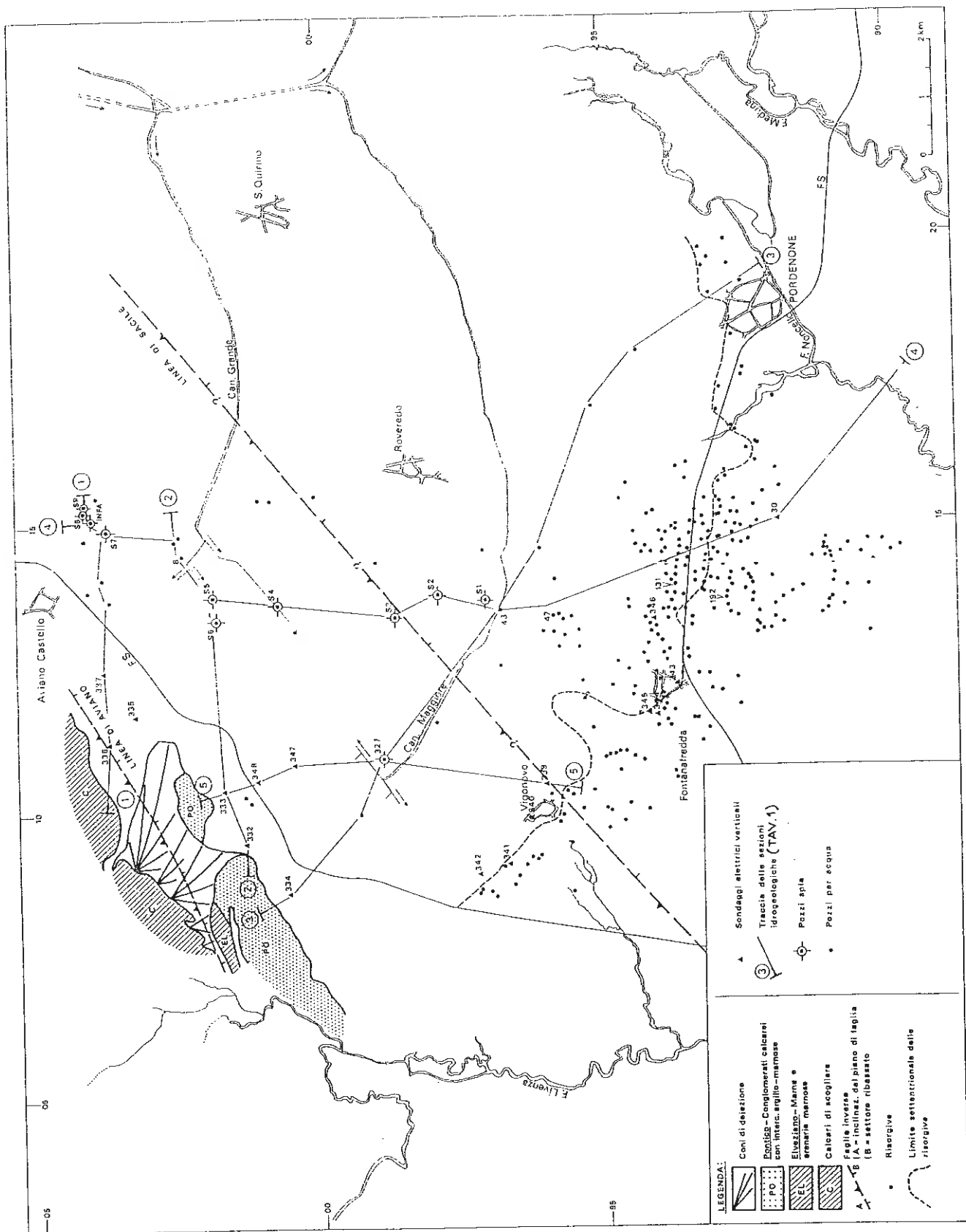


Fig. 2 - Pianta di posizione

di verificare l'esistenza di una successione a ghiaie sciolte quasi continua fino ad una profondità di 160 m seguita da una successione in cui, alla scomparsa delle ghiaie, si affianca la comparsa di conglomerati intercalati ad argille. Mentre le ghiaie sciolte sono attribuibili ai depositi fluvio glaciali ed alluvionali della pianura, la serie conglomeratica è interpretabile come appartenente al Pontico, per lo meno fino all'altezza della "linea di Sacile" che verosimilmente determina un notevole approfondimento del substrato sul lato sud-orientale.

Spostandosi verso sud, ovvero verso la linea delle risorgive, le intercalazioni argillose aumentano di numero e di spessore e le ghiaie sono progressivamente sostituite da sabbie. L'acquifero si differenzia in una parte superiore freatica e in diversi livelli inferiori, da semi-confinati a decisamente artesiani. Queste osservazioni sono particolarmente evidenti sulla sez. 4 (TAV. 1) dove, inoltre, è possibile seguire da N verso S l'andamento del livello statico dell'acquifero freatico, che, situato a profondità di oltre 100 m nel settore a monte, si avvicina gradualmente al piano campagna fino all'emergenza nella linea delle risorgive.

In concreto, nella fascia medio-alta della pianura, a monte delle risorgive, si sviluppa un acquifero freatico che ha sede nel "complesso indifferenziato" che si può riconoscere nei depositi fluvio-glaciali e alluvionali e, subordinatamente, nei conglomerati del Miocene.

In termini idrogeologici generali (alimentazione, piezometria, schema di circolazione) la presenza entro questo complesso di sottili e discontinue intercalazioni argillose e limose o di livelli conglomerati cementati, cioè a bassa o nulla permeabilità, è influente; trattandosi di inquinamento essa assume invece un importante ruolo di controllo sulla percolazione del fluido nel mezzo non saturo e quindi sul suo percorso nel sottosuolo tra l'area di infiltrazione sul suolo ed il tetto della falda.

Il risultato è un complicato sistema di percolazioni nel mezzo non saturo che è tanto più intricato quanto maggiori sono la profondità

del tetto della falda ed il numero e l'estensione dei livelli a bassa o nulla permeabilità.

b) Piezometria della falda freatica

Lo schema di alimentazione del sistema quaternario è quello classico degli acquiferi della pianura veneto-friulana.

Contribuiscono alla ricarica stagionale:

- l'infiltrazione diretta da pioggia e dai corsi d'acqua;
- l'irrigazione degli estesi perimetri a produzione agricola;
- il contributo indiretto profondo dai terreni antichi della montagna quando siano permeabili ed in contatto con la coltre ghiaioso-conglomeratica.

Lo schema di deflusso generale della falda freatica è dato dalla carta piezometrica della Fig. 3, rilevata nel 1988.

Dall'esame della carta si osserva che la falda scorre in media verso S-SE con una diminuzione di gradiente da monte verso valle: i valori più elevati si riscontrano nell'area di Sedrano (12 per mille); nella maggior parte dell'area i valori sono mediamente del 3 per mille). Questo decremento, insieme alla riduzione di permeabilità dell'acquifero quaternario verso Sud in seguito all'aumento dei livelli argillosi, favorisce la venuta a giorno della falda in corrispondenza della fascia dei fontanili. La superficie freatica presenta marcate ondulazioni, con assi di drenaggio e spartiacque idrodinamici sotterranei mediamente diretti N-S.

Il motivo strutturale di maggior rilievo è rappresentato da un accentuato asse di drenaggio, diretto circa N-S, lungo la direttrice Altariol-Nova-Ronche. L'asse, probabilmente determinato da un settore dell'acquifero ad elevata permeabilità relativa, provoca una deformazione locale della geometria piezometrica con richiamo centripeto verso la direzione di deflusso principale.

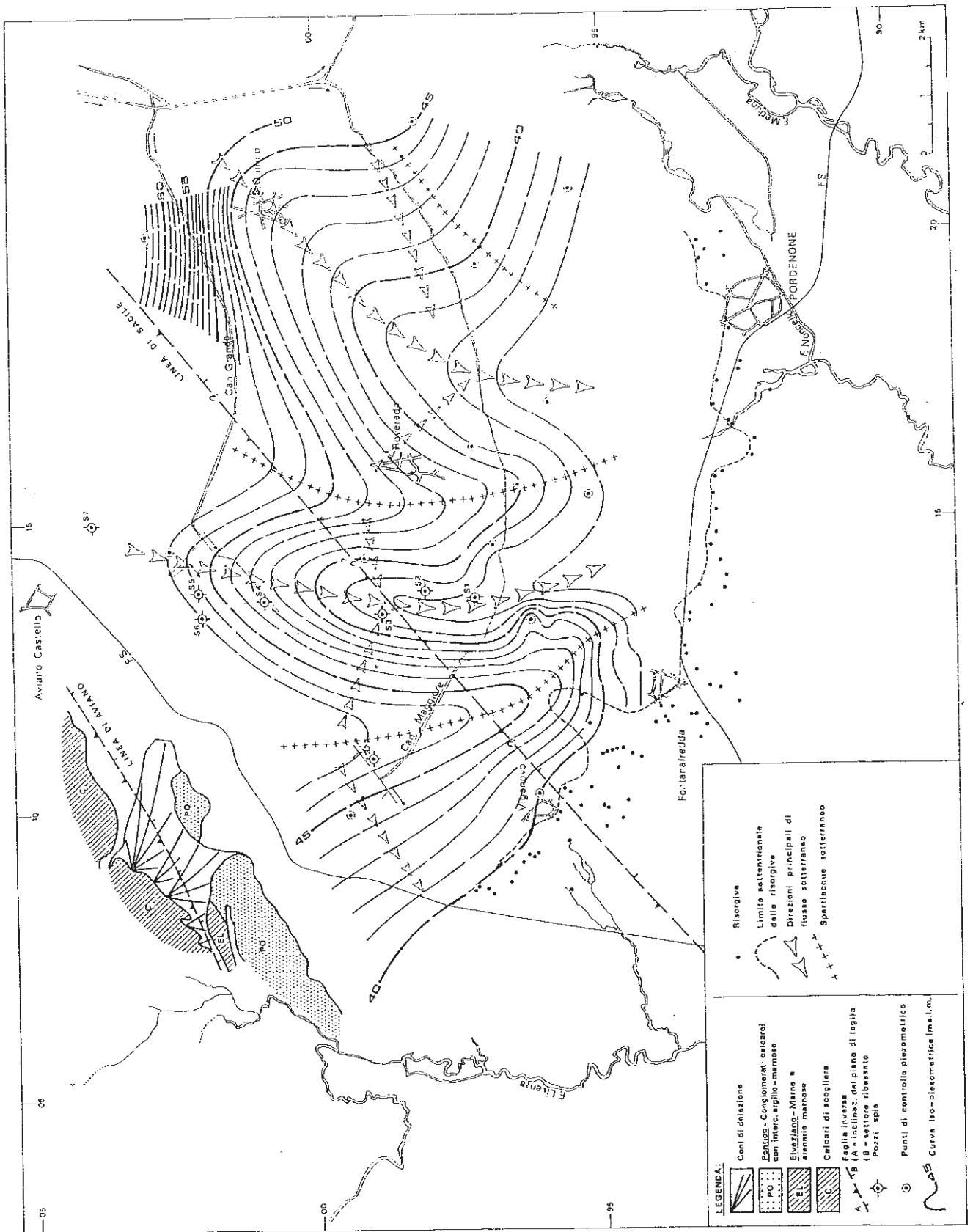


Fig. 3 - Carta piezometrica (1988)

Ai lati di questa fascia drenante si osservano due spartiacque idrodinamici: uno orientale nella zona di Roveredo in Piano¹; l'altro occidentale, corrispondente al settore della brughiera Forcate.

Questa disomogeneità geometrica determina il formarsi di fasce drenanti contigue: ogni fascia si può considerare un subcircuito locale indipendente, che drena il sub-bacino delimitato dai due spartiacque idrodinamici contigui. Questa variabilità della geometria freaticometrica è un fattore di importanza fondamentale per il controllo della diffusione di sostanze inquinanti nell'acquifero.

Non sono disponibili dati di dettaglio sulla variazione stagionale del livello piezometrico. Dai dati storici della rete di controllo regionale è però possibile avere indicazioni sull'escurzione media fra la magra e la morbida.

I valori del periodo 1978-79 mostrano una diminuzione della oscillazione da nord verso sud, dai 6-7 m del settore Aviano - S. Martino ai 2-3 m dell'area Fontanafredda - Pordenone. Questo fatto è attribuibile al variare in senso meridiano dei seguenti fattori concomitanti:

- diminuzione della pluviometria media annua. Secondo i dati medi del periodo 1951-1970, il valore passa da circa 1600 mm dell'area Aviano - S. Martino a 1300 mm dell'area Pordenone - Sacile;
- diminuzione della permeabilità media della porzione superficiale del terreno;
- diminuzione della granulometria media e dell'aumento della frazione argillosa;
- diminuzione del gradiente di falda.

c) Parametri della falda

Dalla letteratura (Dal Prà e Antonelli, 1979) sono noti alcuni valori dei parametri idraulici della falda freatica; i valori di permeabilità pari a $2-4 \times 10^{-3}$ m/s sono citati per la zona apicale delle conoidi (Maniago) e valori più bassi, pari a circa 8×10^{-4} m/s, per il settore di confluenza Cellina-Meduna.

¹ Messo in evidenza anche da altre campagne freaticometriche sia generali che locali.

Nel quadro dello studio di FASE 1 è stata eseguita una prova di portata in un pozzo in località Aviano (Azienda Agricola Capovilla, pozzo 8), ubicato sull'asse della fascia drenante. Dall'interpretazione dei dati è risultato un valore di permeabilità pari a $2,7 \times 10^{-3}$ m/s; la serie attraversata (+/- 150 metri di spessore) è per la quasi totalità formata da ghiaie con alcuni livelli conglomeratici che dall'esame dei campioni è stata attribuita alla copertura fluvio-glaciale alluvionale.

Dalle prove eseguite sono stati ottenuti altri parametri idraulici; oltre alla permeabilità si è calcolato un valore di trasmissività $T = 1,5 \times 10^{-1}$ m²/s che dimostra le buone caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero nella fascia a drenaggio preferenziale.

Una prova di velocità apparente dalla falda eseguita nel pozzo SPIA 1 dall'O.G.S. di Trieste ha mostrato una direzione di scorrimento prossima a N-S, in accordo con le linee di deflusso piezometrico dell'area, ed una velocità apparente pari a circa $4,6 \times 10^{-4}$ m/s, ovvero 39 m/giorno; un valore che appare sovrastimato ed in contrasto con il dato di velocità effettiva di flusso (teorica) della falda stimata utilizzando la permeabilità, il gradiente idraulico e la porosità efficace che, nella zona del pozzo 8, è risultato di molto inferiore rispetto al dato apparente sperimentale.

3.2 - Estensione areale dell'inquinamento

La carta di TAV. 2 riporta la diffusione del PCE nell'area di studio mediante curve di isoconcentrazione della sostanza, espressa in µg/l, in falda. Essa è relativa alla media sul corto periodo, ovvero considera le misure del solo mese di Aprile 1987. Gli elementi fondamentali che si evincono dall'esame della carta sono i seguenti:

- concentrazioni di PCE superiori al limite di tolleranza, pari 30 µg/l, sono localizzati all'interno di una fascia larga circa 1 Km, che si estende da nord, in corrispondenza del pozzo SPIA 7, verso sud, fino al chiudersi in corrispondenza degli abitati di

Pieve e Palse di Porcia; la superficie interessata dal fenomeno è pari a 14 Km² ;

- la fascia corrisponde anche nel dettaglio all'asse di drenaggio piezometrico evidenziato dalla carta della freaticimetria;
- all'interno della fascia i valori di inquinamento decrescono da nord verso sud: i valori maggiori di 1000 µg/l, sono concentrati intorno del pozzo. SPIA 7, mentre verso la linea delle risorgive si registrano valori minori di 200 µg/l;
- valori maggiori di zero ma contenuti entro il limite dei 30 µg/l sono localizzati in una fascia che ad est segue fedelmente il limite di quelle a valori superiori; e ad ovest si estende di circa 4 Km verso SO rispetto alla curva dei 30 µg/l .

Con questi elementi si può tentare di delineare le modalità di diffusione dell'inquinante: il PCE arriva in falda poco a monte del pozzo SPIA 7, come confermato dall'azzeramento della concentrazione poco più a nord e quindi si sposta secondo le linee di deflusso della falda freatica. I tenori delle sostanze decrescono verso Sud, allontanandosi dal settore dove è localizzata la fonte inquinante, grazie alla diluizione con acque di ricarica "pulite". In corrispondenza delle risorgive PCE almeno in parte abbandona la circolazione profonda e ritorna in superficie, come dimostrato dalle concentrazioni misurate nelle acque della risorgiva Bagnador (n. 192). Da questo punto in poi l'inquinamento interessa anche il deflusso superficiale; la diluizione è però maggiore e poco più a sud le concentrazioni si annullano.

Non conforme alle linee di deflusso piezometrico è invece la fascia di estensione verso SO che si osserva a nord di Fontanafredda; si tratta comunque di valori minimi (1-5 µg/l) e sempre al di sotto delle concentrazioni critiche.

E' plausibile ritenere che l'agente inquinante non sia più stato immesso nel sottosuolo a partire dall'Aprile '87 e che la dinamica evolutiva del periodo successivo sia stata regolata dai fenomeni chimici e meccanici che presiedono all'adsorbimento ed alla desorbimento delle molecole delle sostanze percolate.

3.3. - Evoluzione dell'inquinamento

L'evoluzione dell'inquinamento è stata studiata mediante l'elaborazione grafica delle concentrazioni delle singole misure per ogni pozzo della rete di controllo e delle concentrazioni medie mensili.

I prelievi periodici e le analisi eseguite sulle acque di falda della zona in esame hanno consentito l'elaborazione dei grafici che evidenziano l'oscillazione nel tempo delle concentrazioni delle tre sostanze inquinanti.

Le piogge giornaliere registrate alla stazione di Aviano nello stesso periodo sono state graficizzate alla stessa scala, come un utile elemento di valutazione comparativa.

Fra i Pozzi SPIA il 7 è quello dove sono state registrate le concentrazioni massime di tutte e tre le sostanze inquinanti. L'andamento dei tre grafici è correlabile in tutto il periodo considerato; i valori assoluti sono invece molto diversi: fino a 10.000 µg/l per il PCE, intorno ai 200 µg/l per TCE e Tricloroetano.

Un altro approccio d'analisi è stato tentato analizzando i valori medi mensili del PCE con il risultato di mediare le variazioni.

Dall'esame dei diagrammi elaborati sono state dedotte le seguenti considerazioni:

1. Il Pozzo SPIA 7, che è situato proprio all'origine dell'inquinamento, denota una situazione di grande variabilità dove la concentrazione di PCE è soggetta a notevoli cambiamenti dell'ordine delle migliaia di µg/l. Lo dimostrano i dati relativi alle misure del 1989 che presentano i valori massimi e minimi sinora registrati.
2. In alcuni dei pozzi di monitoraggio più significativi (Pozzi SPIA 1,2,3,4,5, Acquedotto di Forcate, Ditta Fadalti, Ditta Rosa Stampi, Cond. via Cavour e Cimitero di Palse) si può rilevare una similitudine di comportamento con concentrazioni all'inizio relativamente contenute, cui fa seguito una tendenza all'aumento con valori di massimo a cavallo degli anni

1987-88; successivamente, le analisi evidenziano una più o meno sensibile e progressiva diminuzione delle concentrazioni di inquinante confermata anche dagli ultimi dati di fine 1989, dove si ravvisa una tendenza alla stabilizzazione.

3. All'altro estremo della zona contaminata, l'acqua prelevata nelle risorgive evidenzia una situazione molto livellata delle concentrazioni di PCE con accenni di blande oscillazioni stagionali come conseguenza di una caduta di permeabilità, velocità e gradiente idraulico della falda.
4. Accanto all'inquinante principale (PCE) si possono notare, in tutti i pozzi monitorati, tracce di 1.1.1 Tricloroetano e Tricloroetilene (TCE). Quest'ultimo composto non risulta utilizzato nelle attività dell'industria metalmeccanica all'origine dell'inquinamento, tuttavia la sua presenza può essere spiegata secondo almeno due ipotesi:
 - a) il TCE, utilizzato nel passato, poteva essere presente nei rifiuti dell'Azienda;
 - b) vi è una trasformazione del PCE a TCE negli strati di terreno attraversati dall'inquinante.
Quest'ultima ipotesi oltre che ad essere documentata da ricerche svolte in laboratorio su PCE e composti similari sembra essere avallata dall'osservazione che il rapporto concentrazione PCE/concentrazione TCE, mediamente molto alta all'inizio (Pozzo SPIA 7), va gradatamente riducendosi fino ad assumere i valori minimi nel punto delle risorgive Bagnador.

3.4 - Ipotesi di diffusione

Nel rapporto 1990 (FASE 1) sono state tracciate alcune ipotesi sui meccanismi di diffusione dell'inquinamento.

In primo luogo è stato verificato che, al

momento in cui sono iniziati i controlli (Marzo - Aprile '87), si era già instaurato un equilibrio dinamico tra le componenti del sistema (sostanza inquinante, porzione non satura, falda). Questo equilibrio non si è poi modificato per l'area di diffusione subendo invece oscillazioni, positive o negative, per le concentrazioni dell'inquinante.

Si è quindi supposto che sia venuta meno l'immissione dell'inquinante già prima di Marzo '87 e che la dinamica successiva sia stata regolata da fenomeni di adsorbimento e desorbimento delle molecole dei composti clorurati.

Relativamente a questo fenomeno il sistema fisico "sottosuolo" in esame può essere distinto in fascia non satura, fascia di oscillazione piezometrica, fascia sempre satura.

Nella fascia non satura, è possibile che si siano accumulate pro-tempore le massime concentrazioni di inquinante, come dimostrerebbe lo scavo eseguito non lontano dal pozzo SPIA 7, che ha rilevato una forte impregnazione del terreno nella fascia corticale, sostenuta da un sottile livello argilloso, probabilmente lenticolare. L'inquinante sarebbe trattenuto per adsorbimento soprattutto a livello delle sottili intercalazioni argillose, ma anche delle piccole quantità di argille e limi presenti ad ogni livello nella matrice delle ghiaie. La desorbimento, regolata prioritariamente da fenomeni di ripartizione delle molecole dell'inquinante tra le fasi solida e liquida a diversa polarità, è quantitativamente definita nei suoi valori massimi dalla solubilità del tetracloroetilene nell'acqua che risulta di circa 150 mg/l. Tali fenomeni possono essere influenzati in maniera anche sensibile dall'azione della forza di gravità e dall'azione meccanica delle acque di percolazione che è massima nei momenti di maggior piovosità o presenza di irrigazione. Un altro fattore che contribuisce alla desorbimento, attivo nella fascia di eterotermia, è l'aumento di temperatura che porta una crescita di energia cinetica delle particelle favorendo la rottura dei legami.

Le molecole di inquinante che riescono a raggiungere la fascia di oscillazione piezometrica

possono essere facilmente adsorbite, soprattutto in periodo di magra, quando sono più favorevoli le condizioni per l'adsorbimento. Con l'aumento del carico idrostatico vengono ridisciolte e passano nel sistema di deflusso della falda.

Nella fascia sempre satura predomina invece il fenomeno di trasporto dell'inquinante, secondo le linee di deflusso della falda. L'adsorbimento si può verificare ma in maniera molto ridotta rispetto alla fascia non satura, poichè l'acqua in movimento mantiene l'inquinante nella sua fase di solubilizzazione.

Un'ipotesi plausibile da verificare in seconda fase è quindi se le massime concentrazioni di sostanze inquinanti siano state adsorbite al di sopra del livello di falda, nella fascia di aerazione e soprattutto nelle parti superficiali a livello di qualche interstrato argilloso. Il permanere in falda delle concentrazioni medie di inquinamento può essere causato dalla notevole distanza fra le zone di adsorbimento superficiale e il livello statico e da una desorzione lenta e ritardata rispetto all'assorbimento.

Le oscillazioni registrate nel corso dei controlli periodici sono invece da ricollegarsi ai meccanismi che presiedono alla desorzione, accentuandola o rallentandola. Questo fatto sembra confermato dall'osservazione che le massime concentrazioni in falda sono state registrate o in seguito ai periodi particolarmente piovosi, e quindi di forte ricarica e percolazione verticale, o localmente nei mesi estivi più caldi. Il ritardo che si osserva tra gli eventi piovosi (o i periodi piovosi) e l'incremento della concentrazione può essere determinato sia dal tempo necessario alle molecole di inquinante per pervenire in falda, una volta rimosse dalle acque di infiltrazione, sia al tempo necessario alla falda per risentire della ricarica e quindi dell'aumento di livello che riporta in circolazione le molecole adsorbite nella fascia di variazione stagionale. In questo senso anche la dinamica dei pompaggi può influire determinando variazioni positive e negative del livello medio di falda.

Un altro fattore che può contribuire alla diffusione dell'inquinante è il trasporto dovuto a piccole falde sospese. Queste falde sono di

modesto spessore e portata, e di solito si formano prevalentemente nei periodi ad intense precipitazioni e ricarica. Esse possono prelevare dalle zone di origine certe quantità di inquinante e trasportarle verso sud. Finita la stagione più umida, le molecole possono restare adsorbite in corrispondenza del setto argilloso che fa da livello di base alla falda sospesa ed essere rimosse dall'infiltrazione successiva, sia delle acque meteoriche che delle acque di irrigazione.

A questo proposito si osserva che le acque di irrigazione possono giocare un ruolo non trascurabile nel determinare la desorzione, nel periodo estivo, delle molecole di clorocomposti portate a valle delle falde sospese.

Lo schema di diffusione è stato ricostruito con un supporto di dati di fatto che per la maggior parte reggono bene ad un'analisi critica obiettiva: tra questi si possono ricordare il quadro piezometrico, i dati analitici, i dati di pioggia, la perimetrazione dell'area inquinata.

Sostanzialmente accettabili sono anche il quadro geometrico ed i parametri idraulici. A livelli di ipotesi è invece la ricostruzione della dinamica della diffusione delle sostanze inquinanti nel sottosuolo. Non è la logica che manca in questo tentativo di quadro: mancano semmai i riscontri diretti sulla presenza degli inquinanti (adsorbiti) nella sezione non satura dell'acquifero. Su questo punto si è veramente a livello di ipotesi perchè gli elementi sinora acquisiti non consentono di meglio. L'unico dato importante ed interessante resta il terreno scoperto nei primi 6-8 metri dello scavo eseguito a suo tempo entro il perimetro dell'industria INFA.

Un riscontro odierno sullo stesso sito, anche se difficile per la presenza di nuove costruzioni sorte nel frattempo, sarebbe comunque molto utile: oltretutto sarebbe significativo perchè è certa la localizzazione della ristretta area dove avrebbe avuto origine l'infiltrazione dei composti inquinanti nel terreno non saturo.

Sulla base di queste conclusioni è stato impostato il programma di FASE 2.

4 - RISULTATI ACQUISITI NELLA FASE 2

4.1 - Generalità

Il programma iniziale prevedeva:

- la perforazione di 4 pozzi profondi fino al raggiungimento della sezione satura della falda freatica, con controlli sulla presenza degli inquinanti anche nella sezione non satura;
- la perforazione di sondaggi a piccola profondità (10-20 metri) per definire la geometria della lente argillosa incontrata nei primi metri del sottosuolo nell'area dell'industria INFA durante gli scavi delle indagini preliminari di cui si è detto sopra e che fungeva da letto ad una debole circolazione idrica locale;
- prove di ricarica e di dilavamento in falda mediante iniezioni nei nuovi pozzi profondi perforati, per studiare l'efficacia delle possibili tipologie di intervento;
- preparazione della rete piezometrica definitiva per il controllo spazio-temporale dell'inquinamento;
- interpretazione dei risultati con preparazione di carte tematiche;
- valutazione delle tipologie di intervento più idonee sulla base del quadro ricostruito;
- relazione conclusiva di FASE 2.

Dopo la perforazione dei primi tre pozzi profondi ubicati poco a sud dello SPIA S7 (dove si è sempre riscontrata la più alta concentrazione di inquinante), i risultati analitici sulle sezioni satura e non satura suggerivano di apportare una variante al programma originario, nel senso di convogliare maggiori risorse alla definizione del quadro geometrico ed analitico della sezione molto superficiale, quella, per intenderci, al tetto della lente argillosa presente nei primi metri nel sottosuolo della ditta INFA. Infatti, riscontrando sempre, a distanza di anni

dal primo rinvenimento, elevate concentrazioni di inquinante nella falda freatica mentre esso risultava del tutto assente nella sezione non satura dei nuovi pozzi perforati, si poneva il problema di trovare una ragionevole spiegazione del continuo apporto nel tempo di inquinante. Poiché l'unico terreno fortemente impregnato di tetracloro era quello scoperto nei primi metri dello scavo eseguito all'interno dell'INFA, prendeva maggior consistenza l'ipotesi che la dinamica evolutiva dell'inquinamento potesse trarre origine da fenomeni di adsorbimento (prima) e di desorbimento, ancora in atto, nei terreni superficiali dello stabilimento che avrebbero potuto essere ancora impregnati dagli sversamenti originari. Il fatto che INFA avesse messo in atto accorgimenti di controllo di tutti gli scarichi liquidi e solidi entro l'area di proprietà non era in contrasto con l'ipotesi.

Da qui il dirottamento delle risorse residue su uno studio più dettagliato del settore superficiale, che contasse su un maggior numero di punti di controllo litologico ed analitico sulla fascia di terreno e sulla debole circolazione idrica superficiale accertata durante gli scavi della fase preliminare. L'area di interesse veniva localizzata immediatamente a valle dello stabilimento ed al suo interno.

Non essendo stato accordato dalla proprietà l'accesso all'interno dello stabilimento, gli scavi di accertamento sono stati eseguiti immediatamente a valle ed a monte (nel senso della direzione di flusso) della recinzione.

In merito al tema profondo si acquisivano invece i parametri idrogeologici necessari per poter studiare la fattibilità di eventuali bonifiche mediante pompaggio e si procedeva a verifiche della velocità e della direzione del flusso freatico mediante prove geofisiche del tipo Stanudin

Nei capitoli seguenti si riferisce sui risultati ottenuti.

4.2. - Indagini idrogeologiche

Si è detto che nel corso delle indagini è stato modificato il programma iniziale, soprattutto per quanto riguarda l'area settentrionale del settore inquinato, che assume una particolare importanza per la comprensione della dinamica dell'inquinamento. Mano a mano, infatti, che si acquisivano elementi nuovi, appariva sempre più determinante il ruolo che la prima lente argillosa presente nel materasso permeabile nei primi metri del sottosuolo dell'area INFA deve aver giocato, e che sembrerebbe giocare ancora, nel processo di diffusione dell'inquinante.

Le indagini sono state orientate quindi in due settori ben precisi del sottosuolo; quale parametro di differenziazione è stata scelta la profondità. Per quanto riguarda il primo settore è continuato il controllo piezometrico ed analitico sulla sezione inferiore, comprensiva del non saturo, della frangia di oscillazione stagionale e della parte satura; riguardo al secondo settore, quello superficiale, sono state intensificate le indagini sui primi metri di terreno nell'area del primo ritrovamento di inquinante adsorbito, che è rimasto anche il più significativo.

Per questi motivi, anche la presentazione dei risultati viene suddivisa in due paragrafi distinti, riferiti ai due settori di profondità scelti:

- settore profondo
- settore superficiale.

4.2.1 - Settore profondo

4.2.1.1 - Nuove perforazioni SA- SB-SC.

Le perforazioni sono state ubicate all'altezza dello SPIA 7 che ha sempre mostrato i tenori più elevati dei solventi inquinanti. Compatibilmente con le condizioni logistiche, i nuovi fori sono stati allineati sulla trasversale E-O per consentire di definire la larghezza della sezione inquinata, perpendicolarmente alla direzione di flusso di falda (Fig. 4).

Il sistema di perforazione impiegato è a rota-

zione con distruzione di nucleo, con fango bentonitico per il recupero dei campioni di terreno attraversato e per il rilevamento dei solventi, secondo le collaudate metodologie di rilevazioni di fluidi impiegate nella perforazione per ricerca di idrocarburi.

Relativamente a quest'ultimo punto, i tecnici del Presidio Multizonale hanno messo a punto una strumentazione per il rilevamento in tempo reale della presenza di solventi nel fango di circolazione.

E' stato utilizzato un fotoionizzatore HNU modello PI 101 idoneo per misurare concentrazioni gassose in tracce, con un campo di misura variabile da 1 a 2000 ppm. Le misure sul fango sono state eseguite in continuo, piazzando lo strumento direttamente in cantiere, dopo aver tarato lo strumento mediante concentrazioni note.

4.2.1.2 - Sondaggio SA

a) Dati generali

La stratigrafia e lo schema di completamento del sondaggio sono riportati nella Fig. 5. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

Profondità: 130 m

Litologia: Ghiaia grossolana fino a 38 m circa, con un livello in matrice argillosa fra 7 e 10 m sotto il p.c. Ghiaia sciolta e conglomerato fra 38 e 85.5 m; ghiaia cementata con argilla e livelli di conglomerato fra 85.5 e 93 m; ghiaia cementata e conglomerato fra 93 m e fondo pozzo.

Diametro foro: 200 mm

Diametro tubo: 110 mm

Completamento: Filtri fra 101 e 124 m di profondità. Dreno con ghiaia 3-8 mm fra 90 m e fondo pozzo; tampone di bentonite fra 85 e 90 m, riempimento con tout venant fra 5 e 85; cementazione fra il piano campagna e 5 m di profondità.

Liv. statico: 104.75 m sotto il p.c. (Novembre 1992)

b) Granulometrie

In corso di perforazione sono stati prelevati 11 campioni per l'esecuzione di analisi granulometriche. I punti di campionamento sono omogeneamente distribuiti lungo l'intervallo di profondità attraversato dal sondaggio.

I risultati delle granulometrie possono essere interpretati alla luce delle seguenti osservazioni:

- in fase di perforazione, lo scalpello ha macinato gli elementi litici, rompendo gli originari legami di cementazione e frantumando i clasti di maggiori dimensioni;
- da ciò consegue che le analisi esprimono per difetto l'originale granulometria del deposito; in particolare è verosimile che nel sedimento la percentuale di ghiaia grossolana sia superiore a quella evidenziata dai fogli di analisi;
- si osserva peraltro che il deposito, sia nella parte non satura che in quella satura, è costituito da ghiaie omogenee con scarsa frazione sabbiosa e limo pressoché assente.

In base ai risultati di analisi, e tenuto conto che essi esprimono per difetto la granulometria del terreno, le ghiaie che compongono l'acquifero (dalla profondità di circa 100 m a fondo foro)

hanno un diametro medio (d_{50}) minimo non inferiore a 3 mm. Da ciò dovrebbe risultare una permeabilità non inferiore a $5-6 \times 10^{-3}$ m/s.

Come si vedrà più avanti nel quadro dell'interpretazione delle prove di portata, questa stima non tiene conto della cementazione delle ghiaie: questa, se sviluppata in grado elevato, può portare a significative riduzioni del valore di permeabilità e perfino modificare le modalità di flusso dell'acqua di falda, comportando condizioni tipiche di mezzi fratturati e non più di mezzi porosi.

c) Prove di portata

In seguito al completamento e allo spurgo del pozzo è stata eseguita una prova a portata costante, della durata totale di 100 minuti, alla portata di 2.7 l/s. L'abbassamento del livello nel sondaggio di prova è stato registrato da uno strumento automatico con trasferimento dei dati sul disco rigido di un PC portatile.

Ciò ha consentito di acquisire i valori di abbassamento fin dai primi secondi dall'accensione della pompa. I dati sono stati riportati sul grafico bilogarithmico della Fig. 6.

Per confronto, sul grafico è stata riportata la curva tipo di Theis. E' evidente che l'abbassamento reale non è conforme alla curva tipo, indicando che il comportamento della falda sottoposta al pompaggio differisce sia da quello tipicamente confinato sia da quello di acquifero freatico con drenaggio immediato.

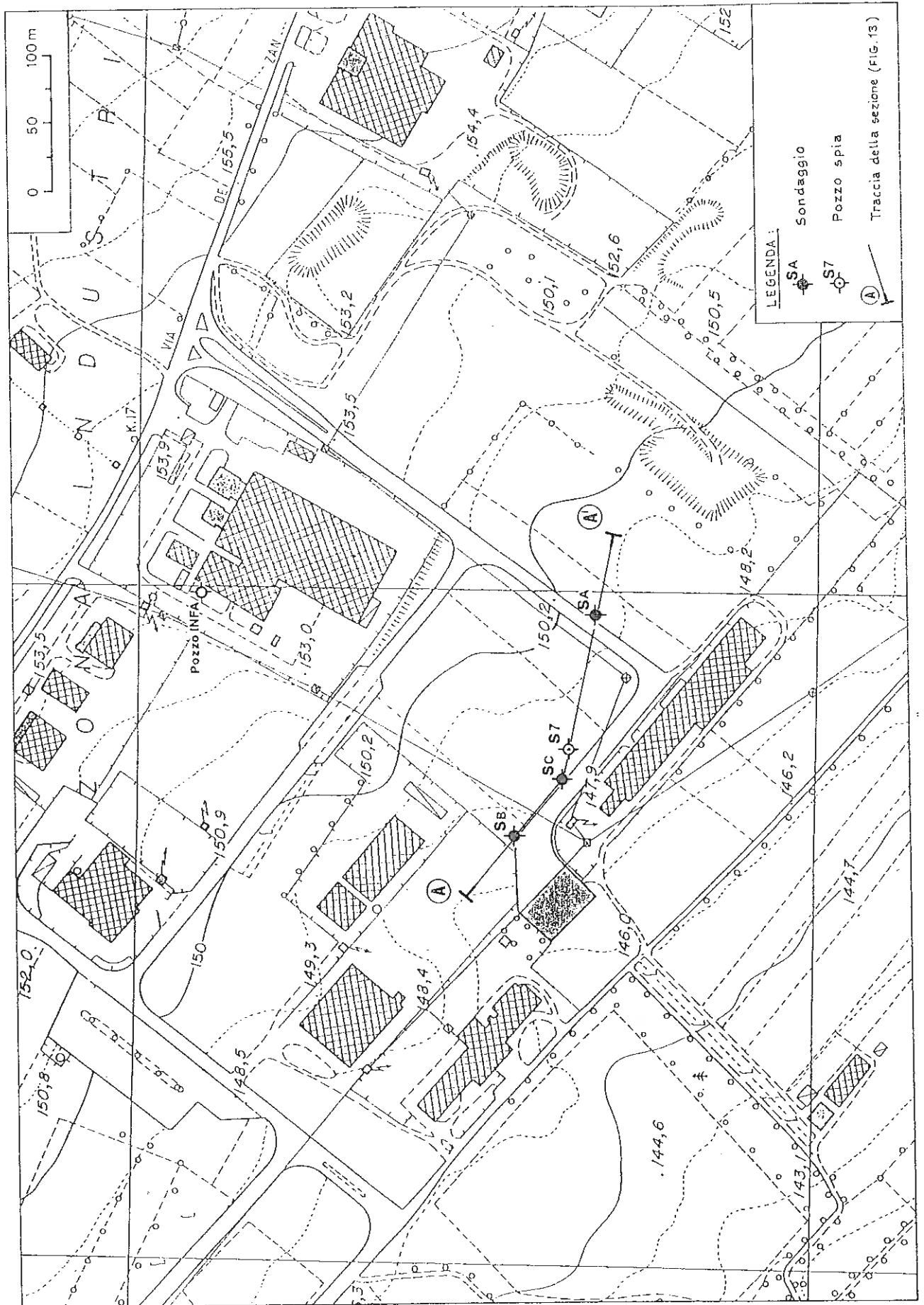


Fig. 4 - Pianta di posizione dei sondaggi profondi

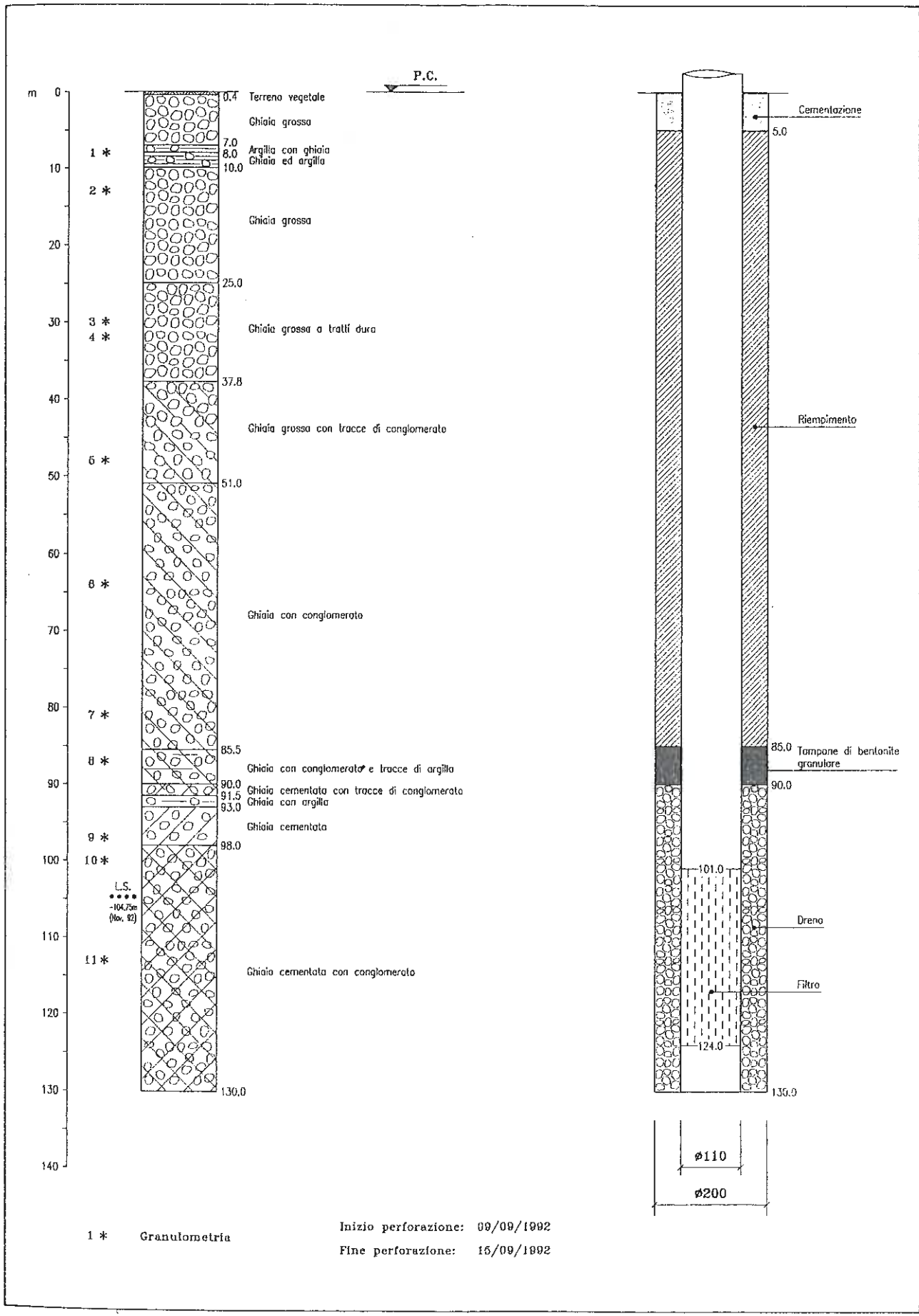


Fig. 5 - Sondaggio SA. Stratigrafia e schema di sistemazione

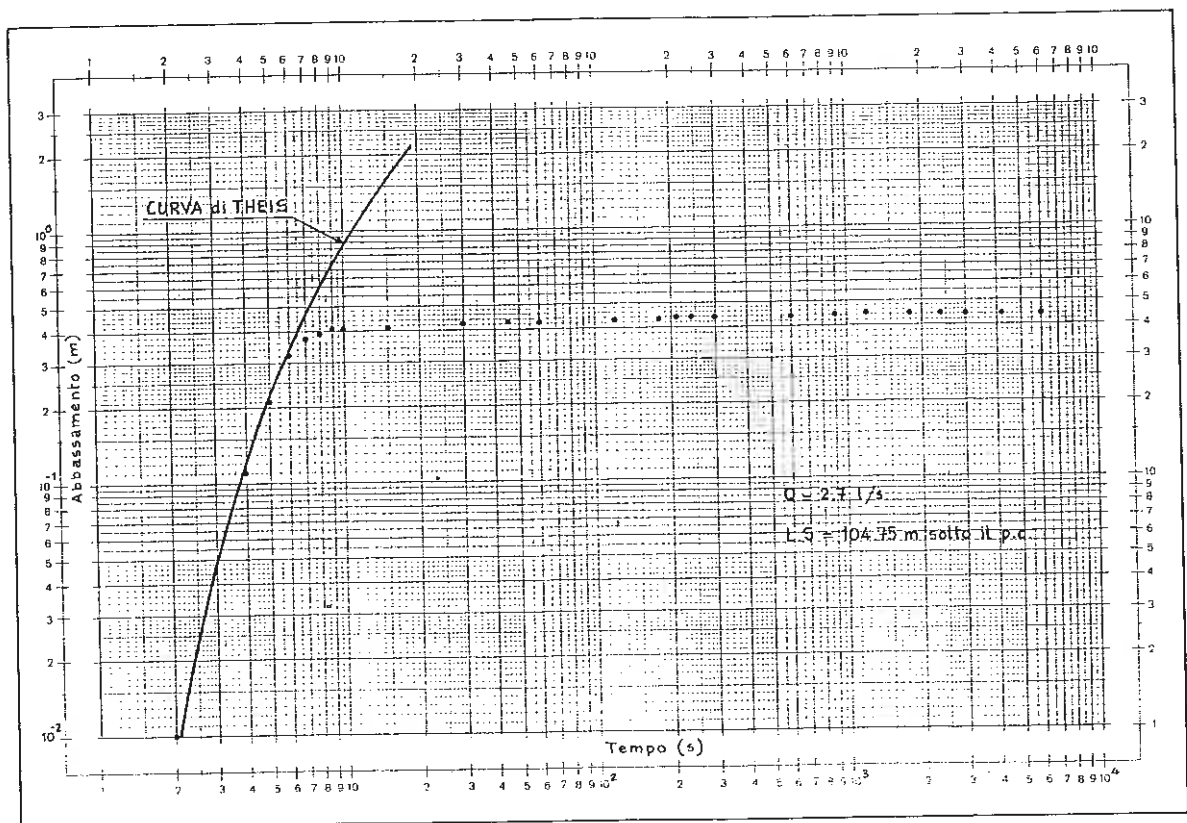


Fig. 6 - Sondaggio SA. Prova a portata costante (18/11/1992)
 Grafico log - log abbassamento tempo

L'interpretazione dei parametri quantitativi nonché del comportamento della falda è difficile per l'insieme delle seguenti condizioni:

- il diametro ridotto del sondaggio e la notevole profondità del livello statico determinano perdite di carico che, anche alla bassa portata di prova, possono rappresentare fino a 3/4 dell'abbassamento totale registrato, pari a 0.44 m;
- non potendo modulare la portata della pompa non si è potuto valutare la perdita di carico.
- la bassa portata di prova, determinando una minima sollecitazione della falda, non ha consentito di registrare valori di abbassamento nei piezometri;

I dati di prova, riportati in Fig. 6, possono così essere indifferentemente compatibili con le seguenti interpretazioni del comportamento idraulico:

- a) mezzo poroso, acquifero con drenaggio ritardato
- b) mezzo fratturato
- c) mezzo poroso, con drenaggio immediato.

Nei primi due casi la Trasmissività di massima può essere dell'ordine di $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Entrambe le ipotesi sono giustificate dall'appiattimento della curva bilogaritmica abbassamento/tempo, per cui da 1 a 100 minuti di prova l'abbassamento incrementale è di solo 0.01 m, mentre nel corso del primo minuto si è verificato un abbassamento di 0.43 m.

Nel terzo caso l'abbassamento del primo minuto è da attribuirsi alle perdite di carico nel sondaggio; e il segmento pseudo-stabilizzato, successivo al primo minuto, rappresenta una curva di Theis con inclinazione molto blanda, cui corrisponde una Trasmissività variabile fra $2 \text{ e } 9 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Le condizioni idrogeologiche indicano che, fra

le tre soluzioni, la meno probabile è la prima in quanto il drenaggio ritardato si verifica normalmente in acquiferi a granulometria da fine a molto fine e non in presenza di clasti grossolani come quelli evidenziati dal sondaggio SA.

Le altre due soluzioni sono entrambe plausibili anche nel quadro idrogeologico locale. In particolare non si può escludere che il comportamento sia quello di un acquifero fratturato, per la presenza di conglomerati e ghiaie cementate nella sezione di profondità corrispondente alla falda. Inoltre, come si vedrà meglio in seguito, le correlazioni fra i tre nuovi sondaggi e l'esistente S7 giustificano l'attribuzione di tali conglomerati alla formazione del Pontico che, in base ad esperienze realizzate in altre zone del Veneto e del Friuli, manifesta comunemente un comportamento idraulico tipico di un mezzo minutamente fratturato.

d) Dati sull'inquinamento

Durante la perforazione è stata eseguita la ricerca dei solventi nel fango bentonitico con analisi ogni due metri nel settore non saturo.

Per maggiore sicurezza sono stati prelevati campioni di fango durante la perforazione da sottoporre ad analisi in laboratorio.

Nonostante l'apparecchiatura cromatografica utilizzata a fotoionizzazione garantisca un'alta sensibilità per tale tipo di sostanze, non si è mai evidenziata strumentalmente la presenza dei solventi fino a 97 metri di profondità (Tab. 1).

Solo a partire da 97 metri si riscontra una concentrazione molto bassa di tetracloroetilene (cioè negli ultimi metri non saturi ma interessati dall'oscillazione stagionale della falda) come pure nella sottostante sezione satura fino a fondo pozzo.

Un campione di acqua chiara, prelevata dopo lo spurgo del pozzo a fine perforazione, alla profondità di 130 metri, ha confermato i bassi tenori di tetracloroetilene nel sondaggio SA.

Tab. 1 - Sondaggio SA - Analisi di laboratorio su campioni di fango prelevati alle diverse profondità (10-15/09/1992)

Profondità di prelievo metri	RG. Chi. n.	Tricloroetilene $\mu\text{g/kg}$	Tetracloroetilene $\mu\text{g/kg}$	Tricloroetano $\mu\text{g/kg}$
4,0	2448	assente	assente	assente
24,0	2449	assente	assente	assente
77,5	2450	assente	assente	assente
28,5	2611	assente	assente	assente
32,0	2612	assente	assente	assente
34,5	2613	assente	assente	assente
37,0	2451	assente	assente	assente
39,5	2452	assente	assente	assente
45,0	2453	assente	assente	assente
97,5	2483	assente	15	assente
100,0	2484	assente	12	assente
105,0	2485	assente	10	assente
107,5	2486	assente	10	assente
109,8	2487	assente	10	assente
115,0	2472	assente	7	assente
117,5	2474	assente	assente	assente
112,5	2475	assente	10	assente
120,0	2473	assente	4	assente
122,5	2488	assente	4	assente
125,0	2489	assente	3	assente
127,5	2490	assente	3	assente
130,0	2491	assente	3	assente
ACQUA (m 130)	2560	assente	27 ($\mu\text{g/l}$)	assente

4.2.1.3 - Sondaggio SB

a) Dati generali

La stratigrafia e lo schema di completamento del sondaggio, sono riportati nella Fig. 7. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

Profondità: 128 m

Litologia: Ghiaia grossolana fino a 44 m circa, con livelli in matrice argillosa fra 11 e 15 m e fra 22 e 30 m sotto il p.c. Ghiaia sciolta e conglomerato fra 44 e 70 m; ghiaia cementata con argilla e livelli di conglomerato fra 70 e 89 m; ghiaia cementata e conglomerato fra 89 m e fondo pozzo.

Diametro foro: 200 mm

Diametro tubo: 110 mm

Completamento: Filtri fra 100 e 124 m di profondità. Dreno con ghiaia 3-8 mm fra 90 m e fondo pozzo; tampone di bentonite fra 85 e 90 m, riempimento con tout venant fra 5 e 90; cementazione fra il piano campagna e 5 m di profondità.

Liv. statico: 102.60 m sotto il p.c. (Novembre 1992)

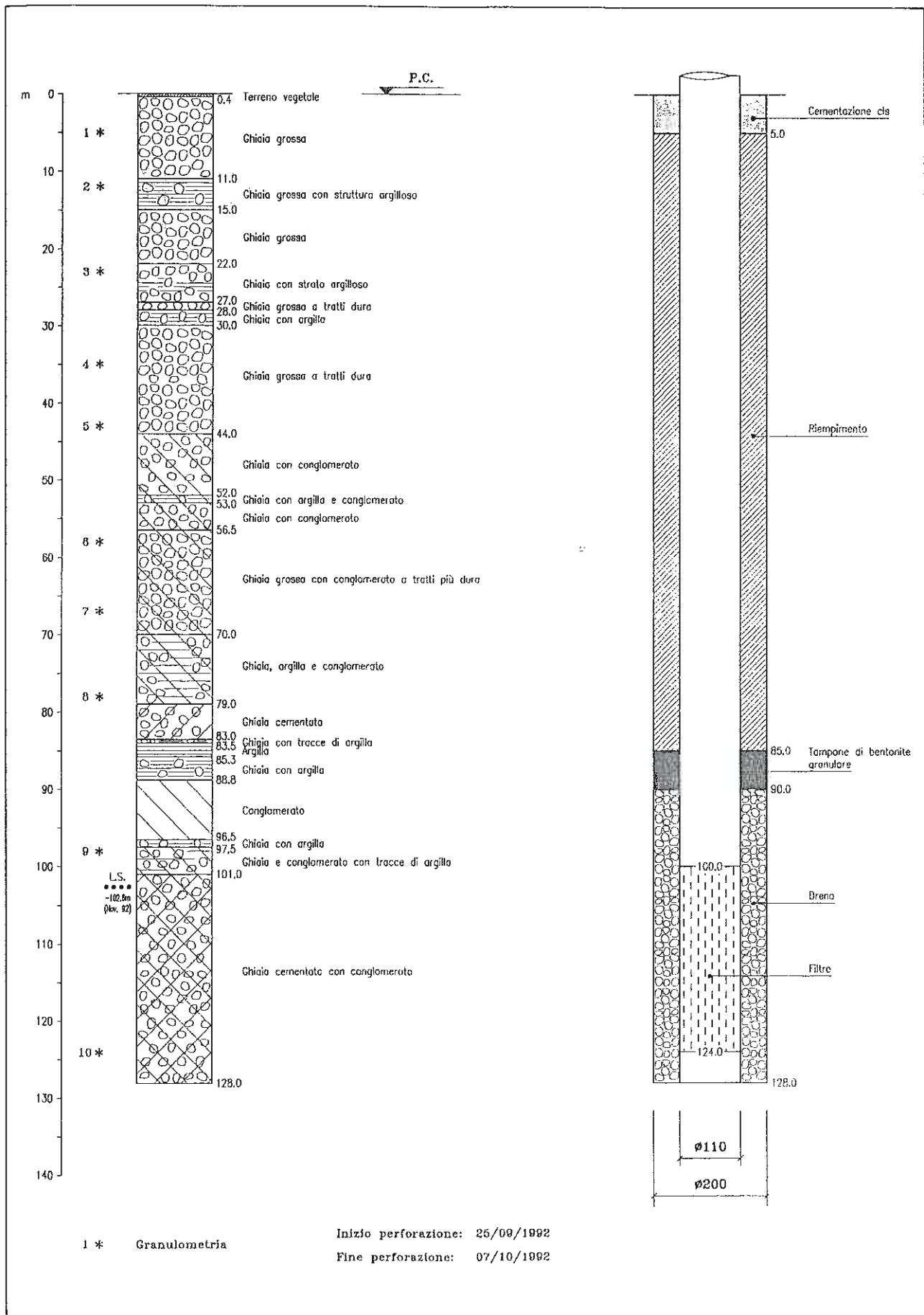


Fig. 7 - Sondaggio SB - Stratigrafia e schema di sistemazione

b) Granulometrie

In corso di perforazione sono stati prelevati 10 campioni per l'esecuzione di analisi granulometriche. I punti di campionamento sono omogeneamente distribuiti lungo l'intervallo di profondità attraversato dal sondaggio.

I risultati delle granulometrie possono essere interpretati alla luce delle stesse osservazioni fatte per il sondaggio SA. In più si osserva che il campione n.10, prelevato alla profondità di 124 m e quindi unico campione rappresentativo dell'acquifero conglomeratico saturo, presenta una percentuale di fine (passante a 2 mm) del 34%, superiore a tutti gli altri intervalli.

Ciò evidenzia una differenziazione della parte profonda del sondaggio, in cui ha sede l'acquifero saturo, che avvalorata l'ipotesi di appartenenza ad una formazione diversa.

La matrice fine potrebbe in effetti rappresentare una parte del cemento che lega i clasti della formazione conglomeratica, sgretolata dall'azione meccanica dello scalpello in avanzamento.

c) Prove di portata

In seguito al completamento e allo spurgo del pozzo è stata eseguita una prova a portata costante, della durata totale di 100 minuti, alla portata di 2.3 l/s. L'abbassamento del livello nel sondaggio di prova è stato registrato da uno strumento automatico come per il sondaggio SA.

Ciò ha consentito di acquisire i valori di abbassamento fin dai primi secondi dall'accensione della pompa. I dati sono stati riportati sul grafico bilogarithmico della Fig. 8.

E' stato registrato un abbassamento finale di 0.36 m.

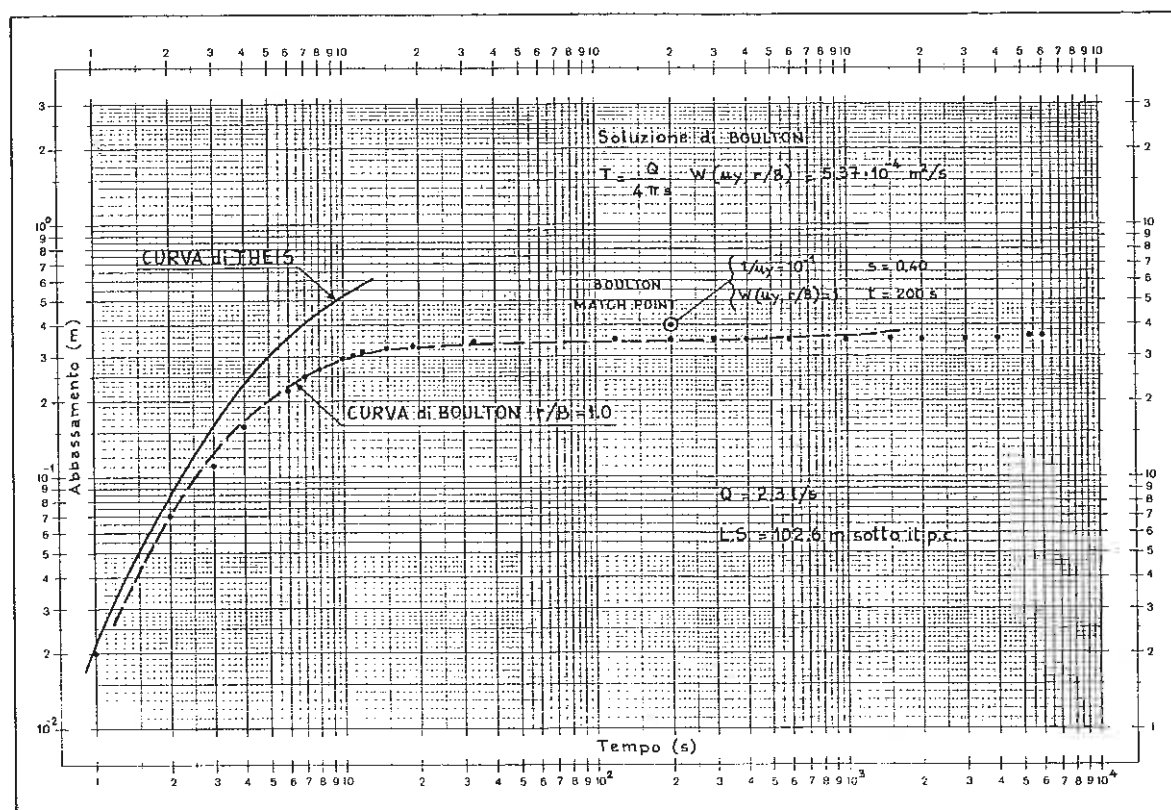


Fig. 8 - Sondaggio SB. Prova a portata costante (16/11/1992)
Grafico lo - log abbassamento - tempo

Per confronto, sul grafico è stata riportata la curva tipo di Theis e una delle curve di Boulton. E' evidente che in questo caso l'abbassamento reale è conforme alla curva di Boulton, che descrive i casi particolari di comportamento idraulico caratterizzati da "doppia porosità". Tale comportamento si riscontra solitamente in acquiferi porosi freatici con drenaggio ritardato o in mezzi fratturati.

Anche nel caso del sondaggio SB, l'interpretazione dei parametri quantitativi nonché del comportamento della falda è penalizzata da un insieme di sfavorevoli condizioni sperimentali già descritte a proposito del sondaggio SA.

Escludendo l'ipotesi di acquifero poroso freatico con drenaggio ritardato, che come visto non sembra idrogeologicamente sostenibile, rimangono aperte le due alternative descritte in precedenza:

- a) mezzo fratturato
- b) mezzo poroso, con drenaggio immediato e forte abbassamento iniziale dovuto a perdite di carico.

I due casi comportano, oltre ad una diversa tipologia di trasmissione dell'acqua di falda, un ordine di grandezza decisamente diverso di Trasmissività.

Infatti, nel caso di mezzo fratturato si ottiene il valore risultante dall'interpretazione della Fig. 8, pari a $5.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Nel caso di normale acquifero freatico, come già visto per il sondaggio SA, il segmento pseudo-stabilizzato, successivo al primo minuto, rappresenterebbe una curva di Theis con inclinazione molto blanda, cui corrisponde una Trasmissività variabile fra $3 \text{ e } 7 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

In base alle considerazioni fatte appare molto più probabile la prima soluzione.

d) Dati sull'inquinamento

Come per il sondaggio SA, anche in SB la ricerca di solventi clorurati nel fango di perforazione della sezione non satura ha dato esito negativo.

A fine perforazione (7.10.92), dopo alleggerimento del fango, sono stati prelevati nove campioni di acqua a profondità al di sotto di 110 metri (Tab. 2); tutti risultati negativi alle analisi di laboratorio.

Dopo lo spurgo con pompa, nello stesso sondaggio ed a fondo pozzo sono stati prelevati il 12 e il 13 Ottobre 1992 due campioni di acqua di falda che, sottoposti ad analisi in laboratorio, hanno rilevato concentrazioni di Tetracloroetilene rispettivamente di 36 e 129 $\mu\text{g/l}$ (Tab. 2).

4.2.1.4 - Sondaggio SC

a) Dati generali

La stratigrafia e lo schema di completamento del sondaggio, sono riportati nella Fig. 9. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

Profondità: 128 m

Litologia: Ghiaia grossolana fino a 37.5 m circa, con livelli in matrice argillosa fra 5 e 15 m, fra 21 e 26.5 e fra 36 e 37.5 m sotto il p.c. Ghiaia cementata fra 37.5 e 95.5 m; ghiaia cementata con argilla fra 95.5 e 97 m; ghiaia cementata e conglomerato fra 97 m e fondo pozzo.

Diametro foro: 200 mm

Diametro tubo: 110 mm

Completamento: Filtri fra 100 e 124 m di profondità. Dreno con ghiaia 3-8 mm fra 90 m e fondo pozzo; tampone di bentonite fra 85 e 90 m, riempimento con tout venant fra 5 e 90; cementazione fra il piano campagna e 5 m di profondità.

Liv. statico: 103.90 m sotto il p.c. (Novembre 1992)

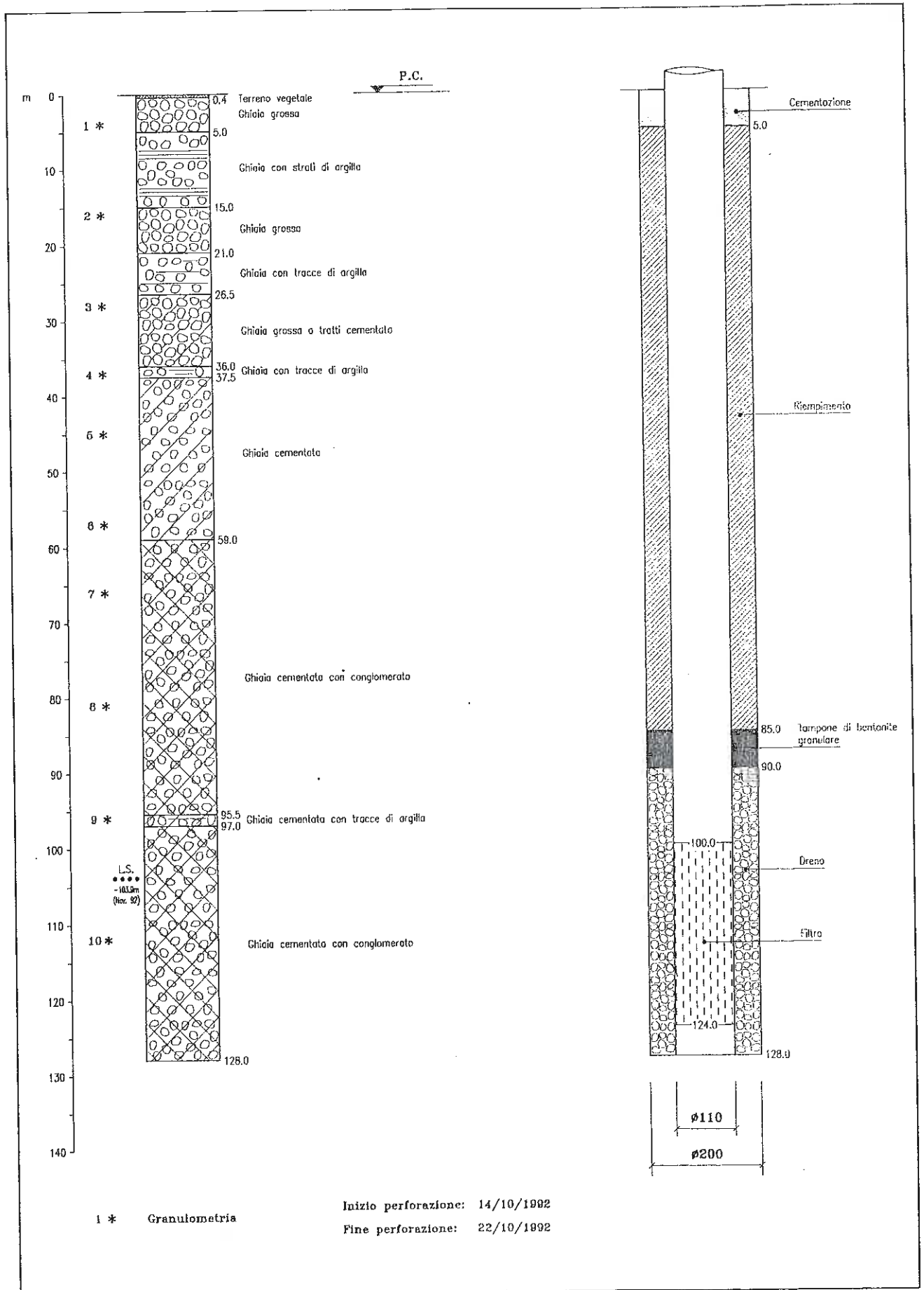


Fig. 9 - Sondaggio SC. Stratigrafia e schema di sistemazione

Tab. 2 - Sondaggio SB - Analisi eseguite sui campioni di acqua

1) Prelievo del 07/10/1992

Camp. n.	Prof. m.	Reg. Chimico n.	Solventi Clorurati
1	110	2758	assenti
2	112,5	2759	"
3	115	2760	"
4	117,5	2761	"
5	120	2762	"
6	122,5	2763	"
7	125	2764	"
8	127,5	2765	"
9	128	2766	"

2) Prelievo del 12/10/1992

Camp. n. 1 (Reg. Chimico n. 2921)

- 1.1.1 Tricloroetano	µg/l:	assente
- Tricloroetilene	µg/l:	assente
- Tetracloroetilene	µg/l:	36

3) Prelievo del 13/10/1992

Camp. n. 1 (Reg. Chimico n. 2922)

- 1.1.1 Tricloroetano	µg/l:	< 2
- Tricloroetilene	µg/l:	3,5
- Tetracloroetilene	µg/l:	129

b) Granulometrie

In corso di perforazione sono stati prelevati 10 campioni per l'esecuzione di analisi granulometriche. I punti di campionamento sono omogeneamente distribuiti lungo l'intervallo di profondità attraversato dal sondaggio.

I risultati delle granulometrie possono essere interpretati alla luce delle stesse osservazioni fatte per il sondaggio SB. Anche in questo caso, il campione rappresentativo dell'acquife-

ro conglomeratico saturo (campione n. 10, profondità 112 m), presenta una percentuale di fine (passante a 2 mm) del 44%, superiore a tutti gli altri intervalli.

Ciò conferma la differenziazione della parte profonda dei sondaggi, in cui ha sede l'acquifero saturo, e avvalorata l'ipotesi di appartenenza ad una formazione diversa, già avanzata per il sondaggio SB.

c) Prove di portata

In seguito al completamento e allo spurgo del pozzo è stata eseguita una prova a portata costante, della durata totale di 100 minuti, alla portata di 2.5 l/s. Similmente agli altri sondaggi, l'abbassamento del livello è stato registrato da uno strumento automatico.

Ciò ha consentito di acquisire i valori di abbassamento fin dai primi secondi dall'accensione della pompa. I dati sono stati riportati sul grafico bilogarithmico della Fig. 10. E' stato registrato un abbassamento finale di 0.45 m.

Per confronto, sul grafico è stata riportata la curva tipo di Theis. Anche in questo caso l'abbassamento reale non è conforme alla curva tipo. Per l'interpretazione valgono le stesse considerazioni fatte per i sondaggi precedenti.

I dati sperimentali possono essere considerati relativi ad un acquifero poroso con drenaggio immediato, con forti perdite di carico iniziali, e Trasmissività elevata, dell'ordine di $3 - 7 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, oppure ad un acquifero fratturato con Trasmissività bassa, inferiore a $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Quest'ultima soluzione appare la più probabile.

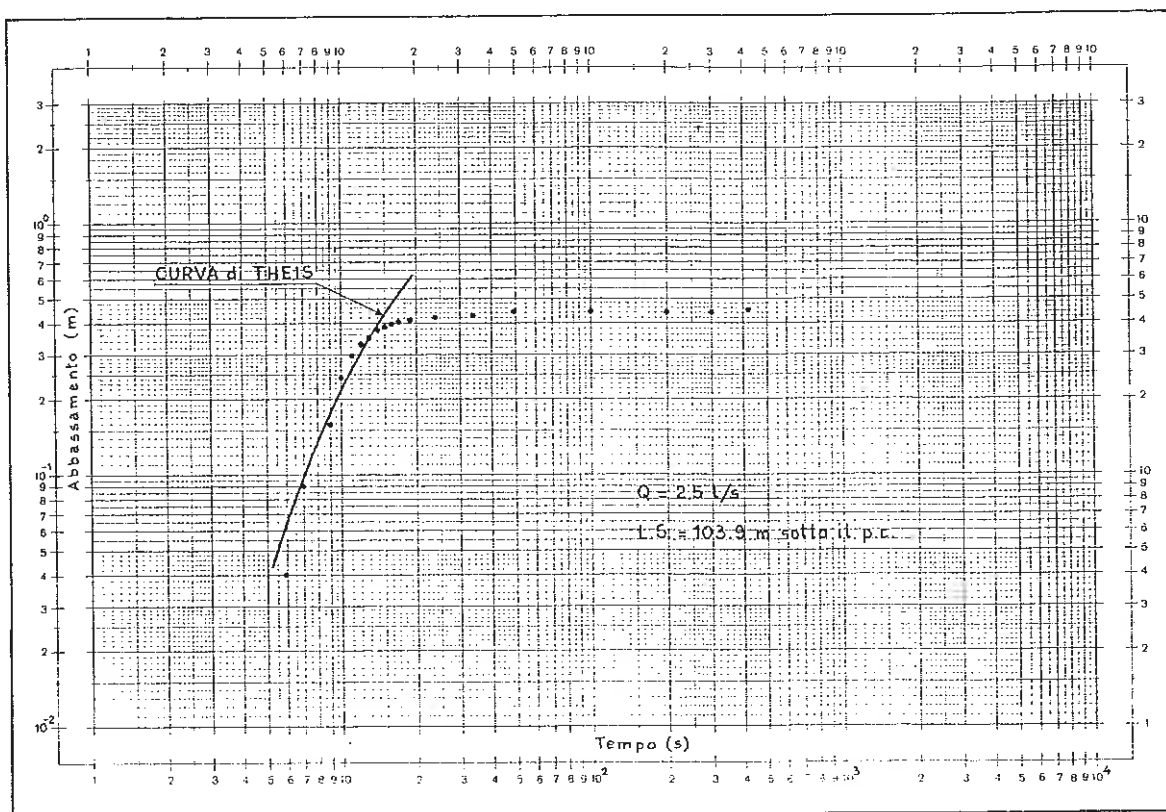


Fig. 10 - Sondaggio SC. Prova a portata costante (16/11/1992)
Grafico log - log abbassamento - tempo

d) Dati sull'inquinamento

Le misure sul fango di perforazione non ha rilevato presenza di solventi clorurati.

Alla profondità di 120 m lo strumento ha rilevato nel fango 4 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ di Tetracloroetilene con esito quindi praticamente negativo.

Alla fine dello spurgo e dopo un pompaggio di alcune ore ad acqua chiara, un prelievo di acqua a fondo pozzo, effettuato il 27.10.92 ed analizzato in laboratorio, ha mostrato il tenore in falda più elevato di tutta la campana pari a 1608 $\mu\text{g}/\text{l}$ di Tetracloroetilene, 18 $\mu\text{g}/\text{l}$ di 1.1.1. Tricloroetano e 39 $\mu\text{g}/\text{l}$ di Tricloroetilene.

Essendo questo sondaggio SC distante solo 25 metri dallo SPIA S7 che ha sempre mostrato i tenori più elevati di solventi, si delinea ancora meglio la geometria nastriforme dell'area inquinata, così come era stata descritta nel Rapporto di FASE 1.

4.2.1.5 - Quadro di sintesi dei dati di perforazione

I tre nuovi sondaggi sono stati ubicati su di un allineamento trasversale alla direzione di flusso ed in corrispondenza dello SPIA 7 per verificare le condizioni stratigrafiche della sezione più direttamente interessata dall'inquinamento, essendo quella che presenta le più elevate concentrazioni di inquinante e, pertanto, la più prossima all'area di origine dell'evento.

I dati litologici sono stati correlati mediante la sezione di Fig. 11 che, sulla base del quadro regionale ricostruito nella FASE 1, mette in evidenza l'interpretazione stratigrafica più probabile del sottosuolo.

Nella sezione si osserva che la formazione alluvionale quaternaria, composta prevalentemente di ghiaie sciolte solo talora poco cementate e con intercalazioni argillose e

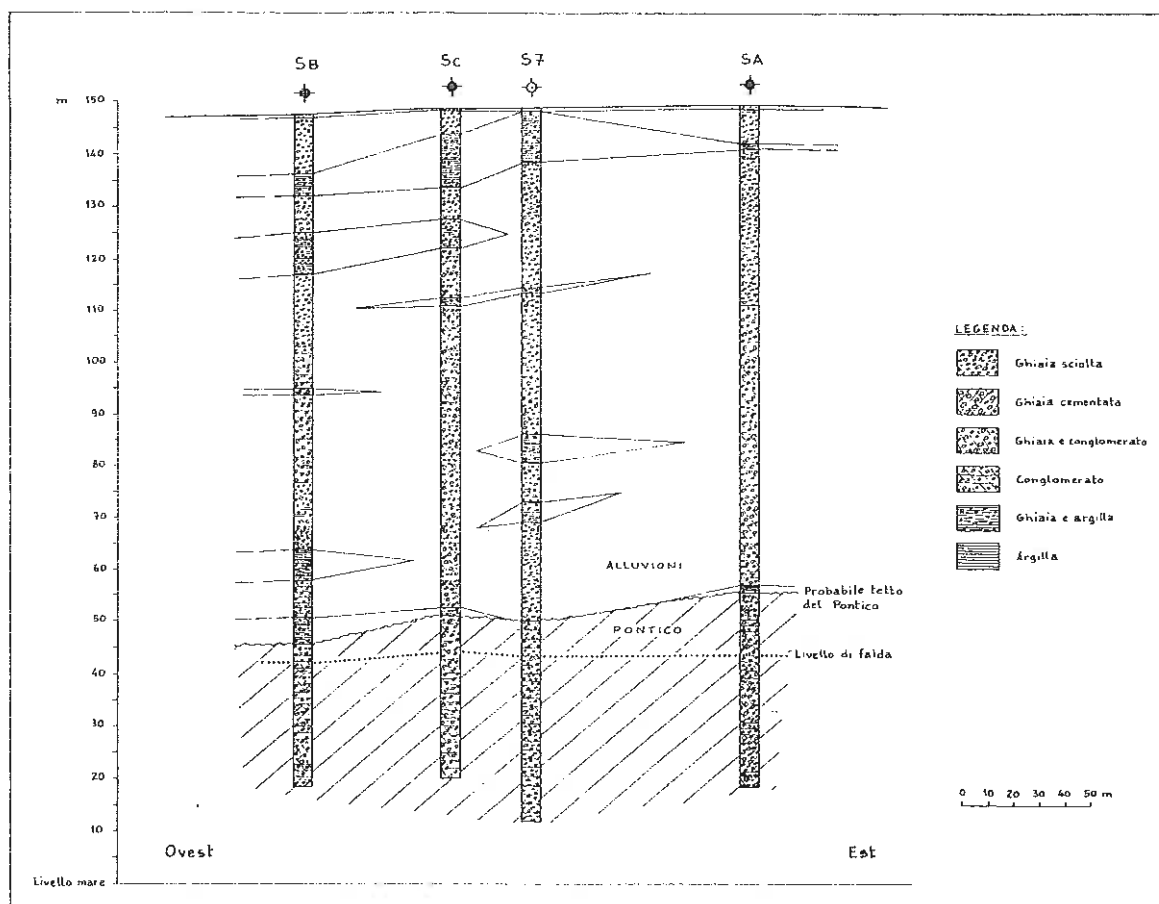


Fig. 11 - Sezione geologica A - A'

limose lenticolari frequenti, ha uno spessore variabile tra un centinaio di metri ad ovest ed una novantina di metri ad est. Essa poggia in discordanza sulla sottostante formazione del Pontico (Miocene) la cui litologia è prevalentemente conglomeratica e soggetta a fratturazione.

La circolazione idrica di falda avviene nella formazione antica, con livello statico stabilizzato mediamente intorno a 103 metri dal p.c (situazione del Novembre 1992).

Il parametro trasmissività ottenuto dalle prove di portata, riferito ad una formazione almeno in parte fratturata, non è elevato ed è variabile da pozzo a pozzo in funzione del grado di fratturazione con valori dell'ordine di $10^{-3}/10^{-4}$ m²/s. In alternativa a questa interpretazione, che appare la più probabile, si potrebbero considerare i dati sperimentali come relativi ad un acquifero poroso con drenaggio immediato e

con forti perdite di carico iniziali: in questo caso anche i valori di trasmissività sarebbero più alti di quelli riferiti.

Tuttavia, anche sulla base dei valori di velocità della falda misurati con il metodo geofisico (vedi) si è più propensi ad interpretare il sistema acquifero pontico come un mezzo fratturato. Quando invece ci si sposta a sud, la piezometrica si avvicina sempre più alla quota del terreno fino ad affiorare sul fronte delle risorgive in quel di Pordenone. Di conseguenza, la falda già poco a valle della sezione considerata inizia a scorrere in terreni quaternari, come si evidenzia nelle sezioni longitudinali di TAV. 1, ed a circolare in un mezzo poroso: anche i parametri idrogeologici migliorano come dimostra la prova di portata sul pozzo Forcate (vedi).

4.2.1.6 - Prove di portata su altri pozzi profondi

Pozzo SPIA S7

Nel Novembre del 1992, in concomitanza con le prove di portata in corso sui sondaggi SA, SB, SC, è stata eseguita una prova a portata costante della durata di 113 minuti, alla portata di 2,8 l/s. L'abbassamento del livello all'interno del pozzo in prova è stato registrato da uno strumento automatico come per i precedenti tre sondaggi.

I dati sono stati riportati sul grafico bilogarithmico di Fig. 12.

Per confronto sul grafico è stata riportata la curva tipo di Theis. Risulta evidente che l'abbassamento reale è difforme dalla curva tipo, indicando che il comportamento della falda sottoposta al pompaggio differisce sia da quel-

lo di un acquifero confinato sia da quello di un acquifero freatico con drenaggio immediato.

L'interpretazione dei parametri quantitativi nonché del comportamento della falda è simile a quella eseguita per i sondaggi SA, SB, SC, ed è resa difficile dalle seguenti condizioni:

- il diametro ridotto del pozzo e la notevole profondità del livello statico determinano perdite di carico che, anche alla bassa portata di prova, possono rappresentare fino a 3/4 dell'abbassamento totale registrato (5 cm);
- non potendo variare la portata della pompa non si è potuto valutare la perdita di carico;
- la bassa portata di prova, determinando una minima sollecitazione della falda, non ha consentito di registrare valori di abbassamento negli altri sondaggi prossimi all'S7.

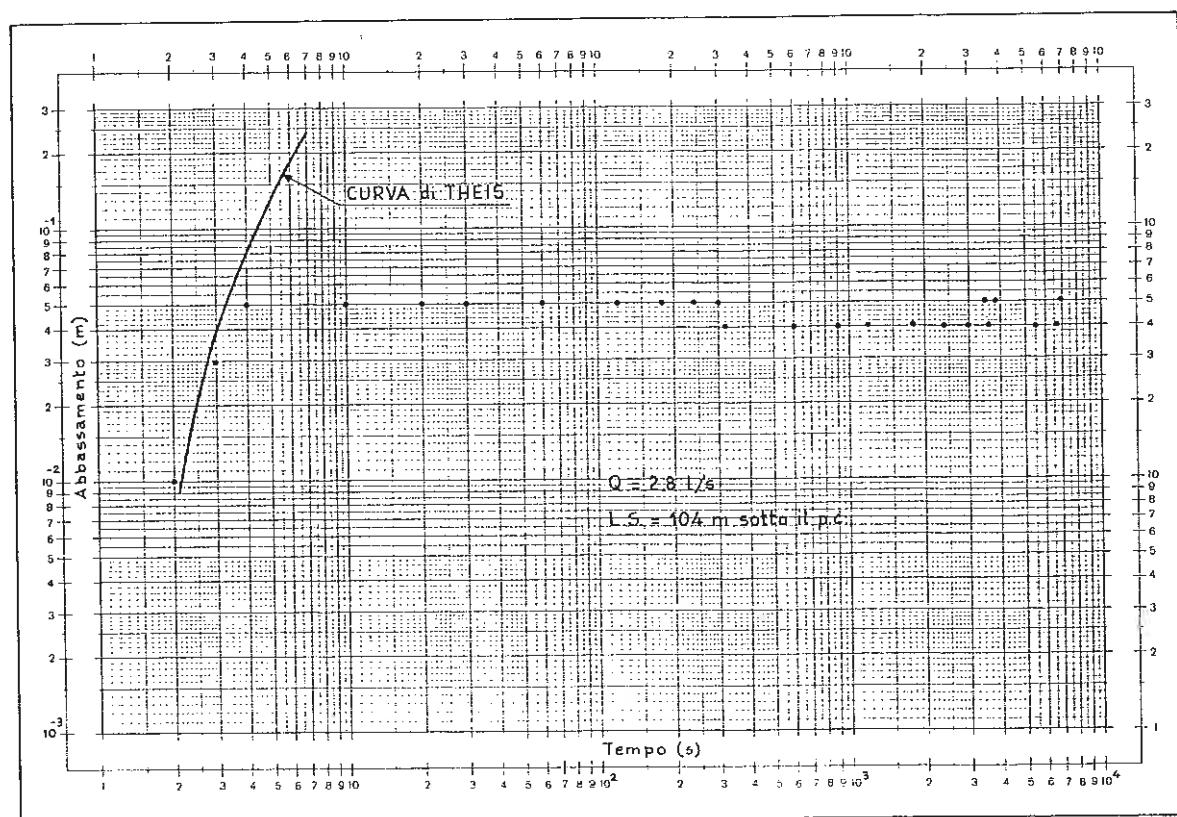


Fig. 12 - Sondaggio S7. Prova a portata costante (26/11/1992).
Grafico log - log abbassamento - tempo

I dati di prova, riportati in Fig. 12, possono essere compatibili con le interpretazioni del comportamento idraulico già esplicitate per le prove dei sondaggi SA e SC, e cioè:

- a) mezzo poroso, acquifero con drenaggio ritardato;
- b) mezzo fratturato;
- c) mezzo poroso, con drenaggio immediato.

Il quadro idrogeologico locale rende plausibile le soluzioni b e c. In particolare non si può escludere che il comportamento sia quello di un acquifero fratturato, per la presenza di conglomerati e ghiaie cementate nella sezione di profondità corrispondente alla falda.

In questo caso l'appiattimento delle curva bilogaritmica abbassamento/tempo, indica una Trasmissività di massima di $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

In Fig. 13 sono riportati i dati della prova di portata su grafico semi-logaritmico, interpretati con il metodo di Jacob; questo tipo di interpretazione fornisce un valore di Trasmissività pari a $3,4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ valore, questo, troppo elevato per il tipo di acquifero e quindi privo di significato.

POZZO INFA

All'interno dello stabilimento INFA esiste un pozzo profondo, usato per l'approvvigionamento di acqua ad uso civile ed industriale. Esso attinge dalla falda freatica, con livello piezometrico stabilizzato intorno a 110 metri sotto p.c. Durante le indagini preliminari muovendo verso monte dal pozzo dell'acquedotto di Fontanafredda, il pozzo INFA fu il primo punto d'acqua che non risultò inquinato dai solventi. La circostanza fu poi confermata dalle ulteriori perforazioni eseguite subito a monte dell'area INFA (S8-S9), che risultarono sempre indenni dalle sostanze in questione.

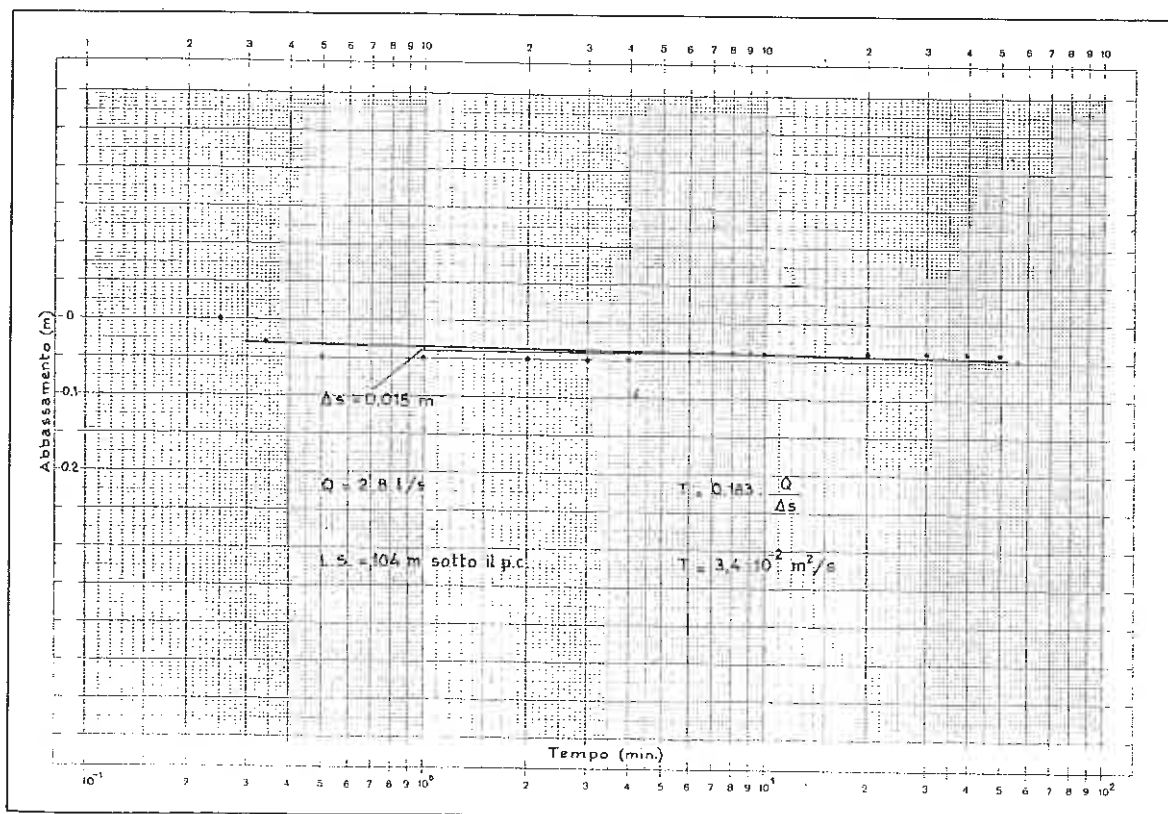


Fig. 13 - Sondaggio 57. Prova a portata costante (26/11/1992).
Grafico semi - log abbassamento - tempo

Il pozzo è profondo 150 metri, ha la pompa installata a 130 metri e gli viene attribuita una portata di 28 l/s.

Dal quadro geologico regionale il pozzo INFA produce nei conglomerati fratturati del pontico.

Nel Luglio 97 è stato sottoposto ad una prova di portata che è consistita in una prima prova del tipo a gradini (SDT, Fig. 14), seguita da una prova a portata costante (Fig. 16).

I dati della prova sono risultati:

livello statico	111.60 metri da p.c.
portata di prova	29 l/s
abbassamento stabil.	26 cm
trasmissività	$2.64 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
portata specifica	1.11 l/s per 10 cm di abbassamento.

Il pozzo non ha raggiunto la portata critica ed i parametri B e C (Fig. 14) sono molto buoni.

POZZO FORCATE

I parametri idrogeologici dell'acquifero freatico circolante in mezzo poroso quaternario sono stati ottenuti mediante prova di portata in uno dei pozzi FORCATE, dell'acquedotto di Fontanafredda.

Il pozzo FORCATE 2 è profondo 65 metri ed i terreni attraversati sono ghiaiosi con qualche sottile intercalazione argillosa (fino a 4 metri di spessore) di ghiaia in matrice limo argillosa. Il livello piezometrico di partenza era 38.45 metri da p.c. al momento iniziale della prova (Luglio 1997).

Sono state eseguite una prova a gradini (SDT, Fig.15) seguita da una prova a portata costante (Fig.17).

I dati di prova, interpretati, hanno dato i seguenti parametri idrogeologici:

portata di prova	29.5 l/s
abbassamento stabil.	17 cm
trasmissività	$3.95 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
portata specifica	1.73 l/s per 10 cm di abbassamento.

Il pozzo non ha ancora raggiunto la portata critica.

Confrontando i dati caratteristici di questo pozzo con quelli dei pozzi produttivi nell'acquifero conglomeratico pontico si evidenzia che i parametri idrogeologici dell'acquifero quaternario poroso sono migliori di quelli dell'acquifero fratturato; pur risultando anche questi ultimi valori di tutto rispetto.

4.2.1.7 - Misure di velocità e di direzione del deflusso di falda

Nell'Ottobre 1992 sono state eseguite misure di direzione e velocità del deflusso di falda in corrispondenza del pozzo SPIA S7 e del nuovo sondaggio SA.

La scelta dei pozzi su cui eseguire le prove è stata dettata da esigenze logistiche.

Una volta stabilito che la zona idrogeologicamente più favorevole fosse quella dei tre pozzi nuovi SA-SB-SC e del vicino SPIA 7, in quanto ubicati subito a valle dell'area da cui ha preso avvio l'inquinamento, la scelta su SA e su SPIA 7 è stata obbligata perchè gli altri pozzi erano nel frattempo stati inglobati nell'area urbanizzata.

La presenza del manto di cemento attorno ai pozzi impedisce infatti l'ottenimento di risultati attendibili da prove basate su stendimenti geoelettrici.

La velocità e la direzione del deflusso sono state determinate con il metodo Stanudin. I risultati sono illustrati nelle Figg. 18 e 19.

Si ricorda che il metodo Stanudin è stato ampiamente collaudato con attività ultra ventennale fino a profondità della falda di circa 40 m sotto il p.c. Sebbene siano state eseguite misure Stanudin per falde ubicate a profondità maggiore (fino a circa 100 m), non esiste a tutt'oggi una casistica sufficiente a verificarne la validità a questa profondità. Ciò implica che i risultati delle misure in oggetto, adottati cautevolmente, assumono un significato di orientamento nel quadro generale idrogeologico.

Pozzo INFA
 Step Drawdown Test
 Data: 7/7/1997
 L.S. = 111.60 m dal p.c.

Q (m ³ /s)	s (m)	Qs	s/Q	B*Q
0.0125	0.10	0.1250	8.00	0.09
0.0195	0.16	0.1219	8.21	0.15
0.0290	0.25	0.1160	8.62	0.22

Grafico Tempo/Abbassamento

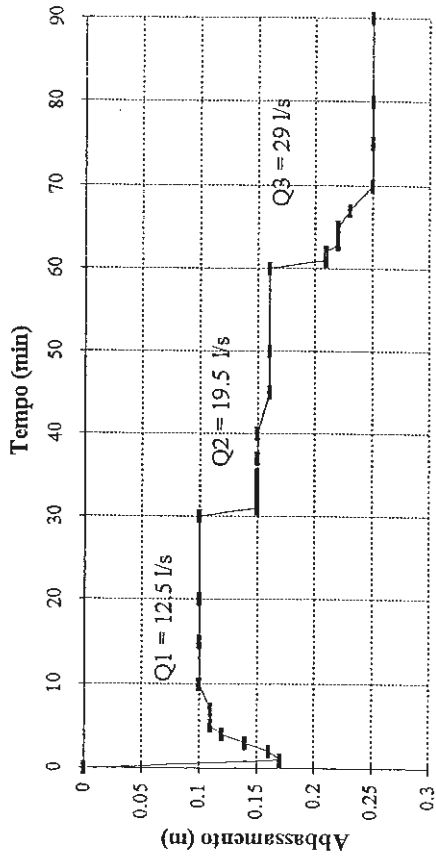


Grafico Portata/Abbassamento specifico

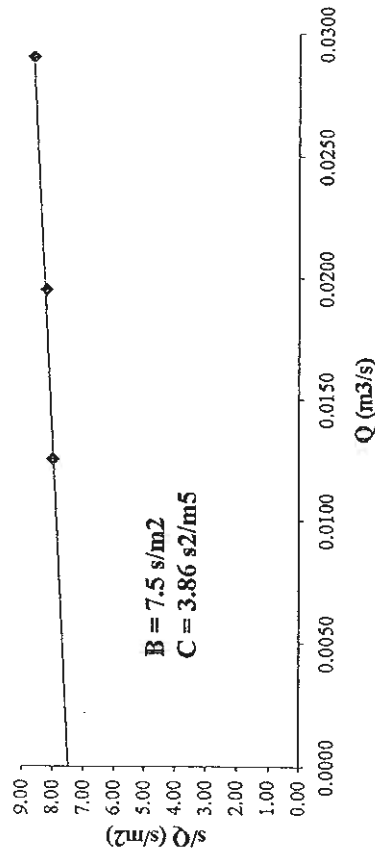


Grafico Portata/Abbassamento

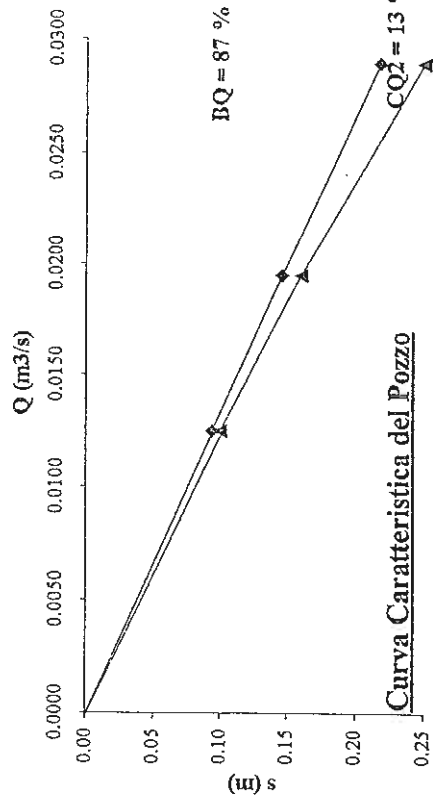
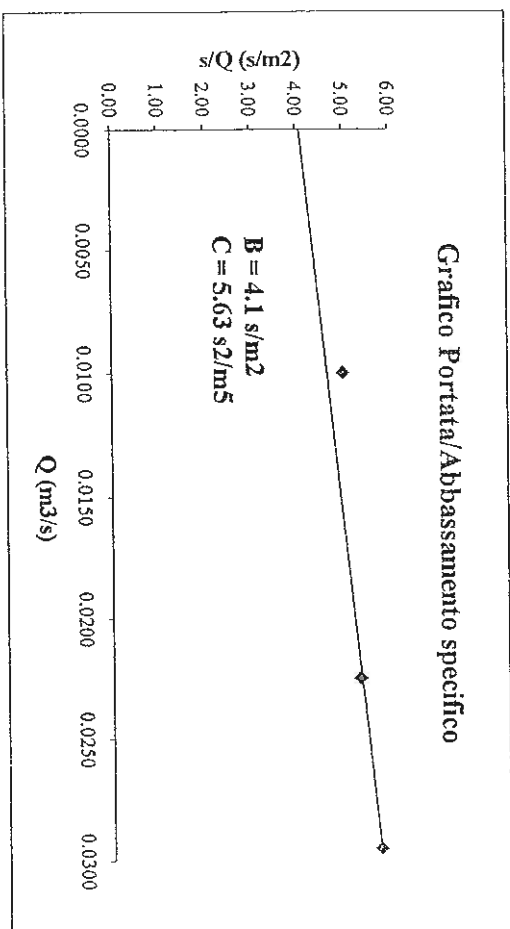
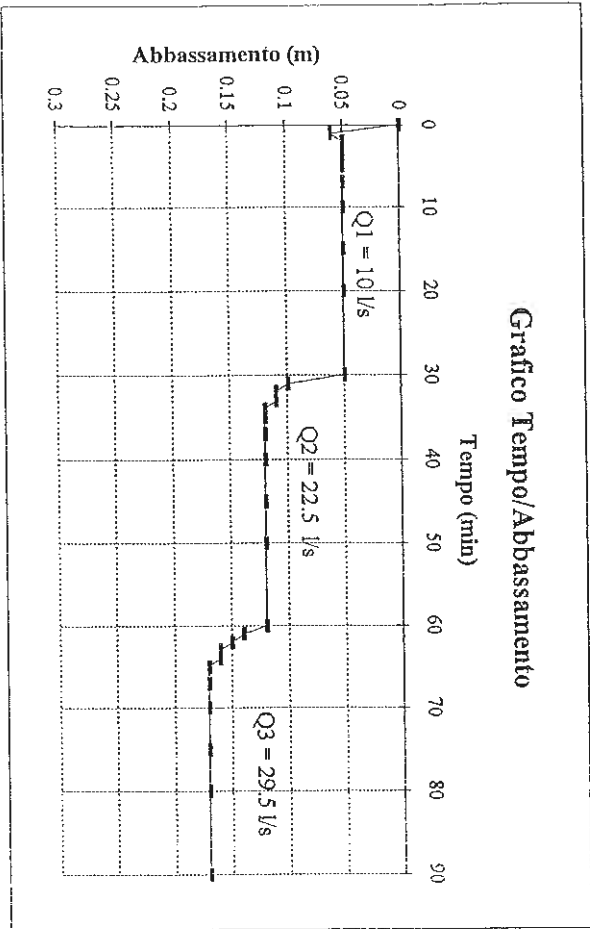


Fig. 14 - Pozzo INFA. Step Drawdown test (07/07/1997)



Pozzo FORCATE 2
 Step Drawdown Test
 Data: 9/7/1997
 L.S. = 38.45 m dal p.c.

Q (m ³ /s)	s (m)	Qs	s/Q	B*Q
0.0100	0.05	0.2000	5.00	0.04
0.0225	0.12	0.1875	5.33	0.09
0.0295	0.17	0.1735	5.76	0.12

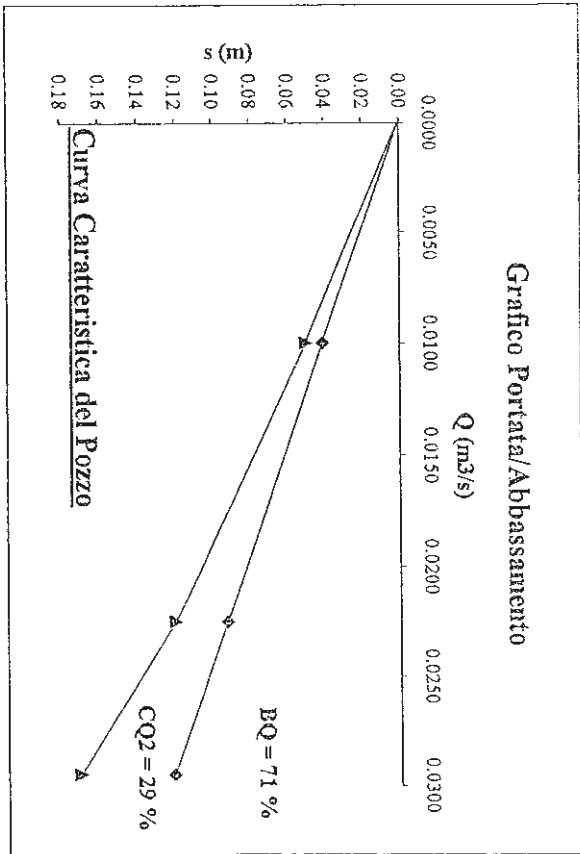


Fig. 15 - Pozzo Forcate 2. Step Drawdown Test (09/07/1997)

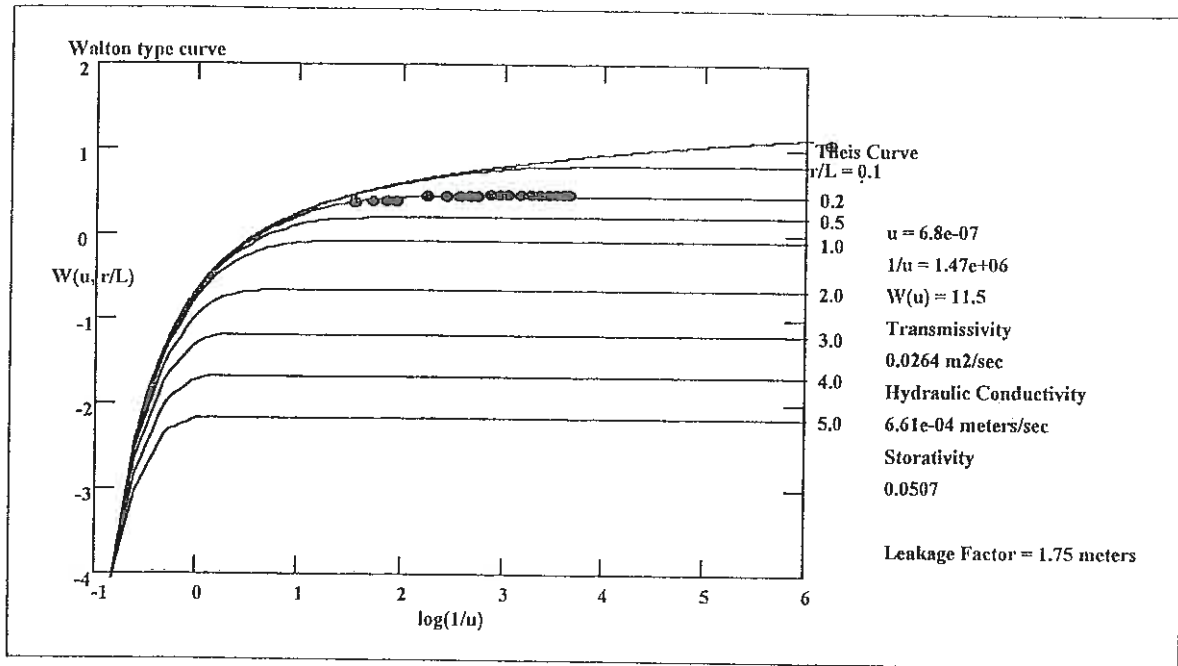


Fig. 16 - Pozzo INFA. Prova a portata costante (07/07/1997)

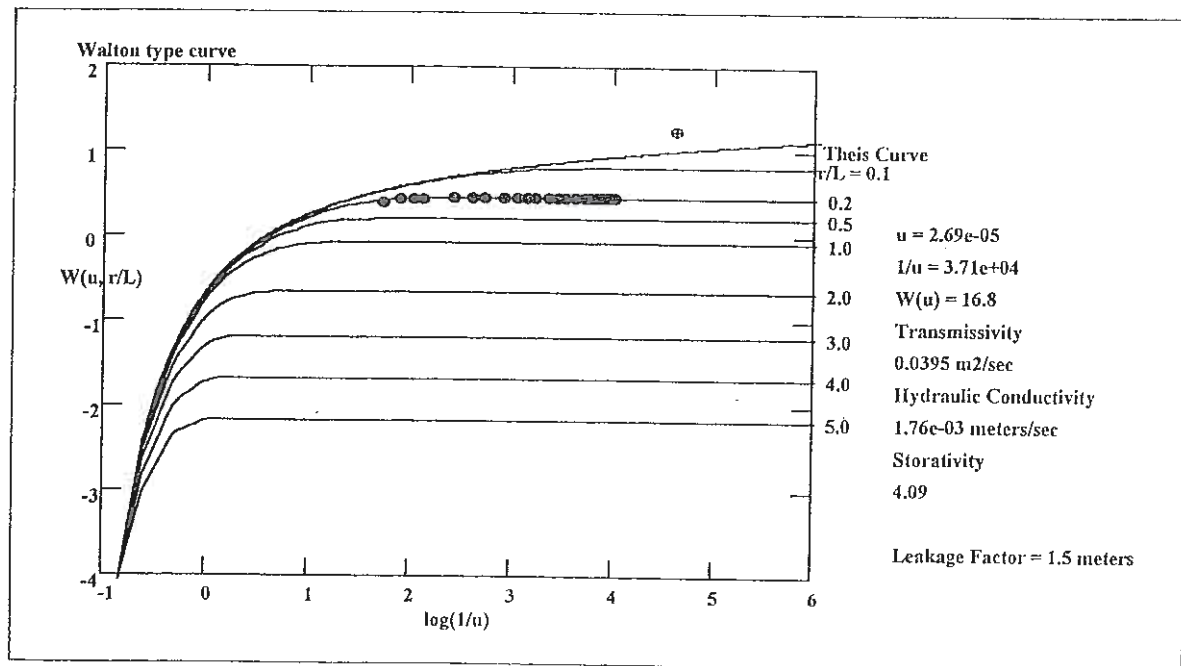


Fig. 17 - Pozzo Forcate 2. Prova a portata costante (29/07/1997)

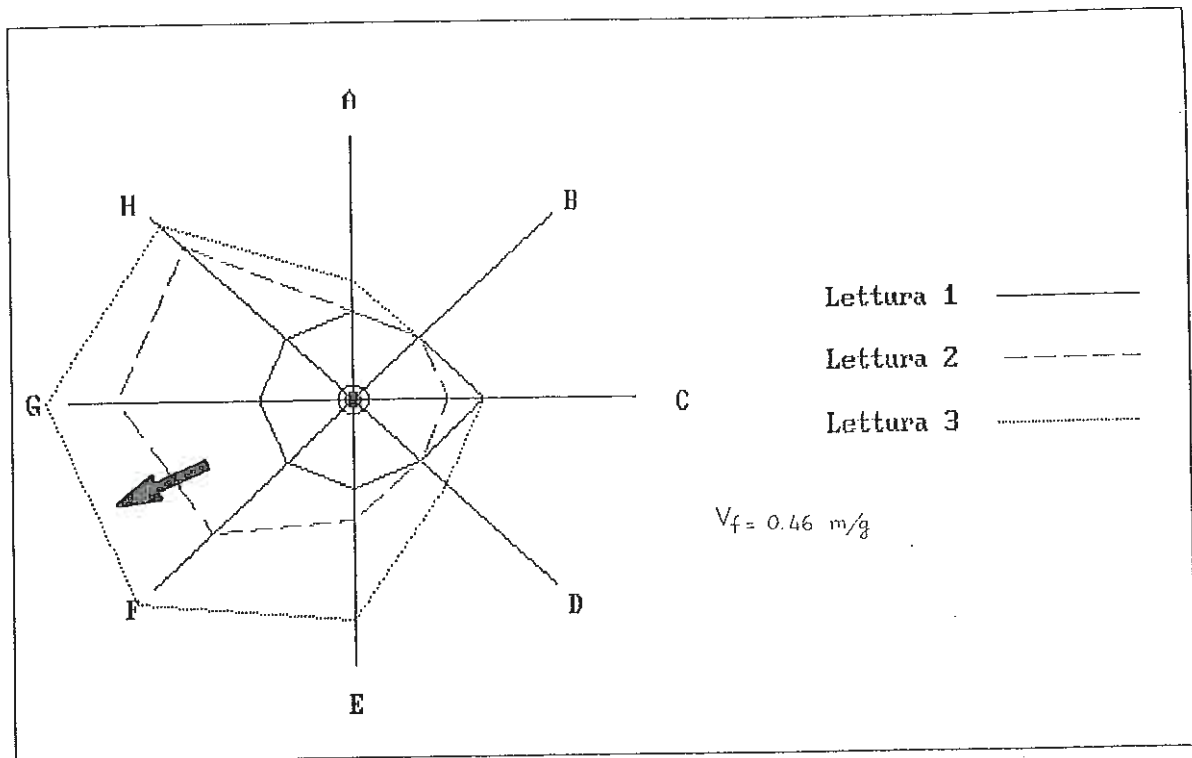


Fig. 18 - Pozzo S7. Misure di flusso Stanudin

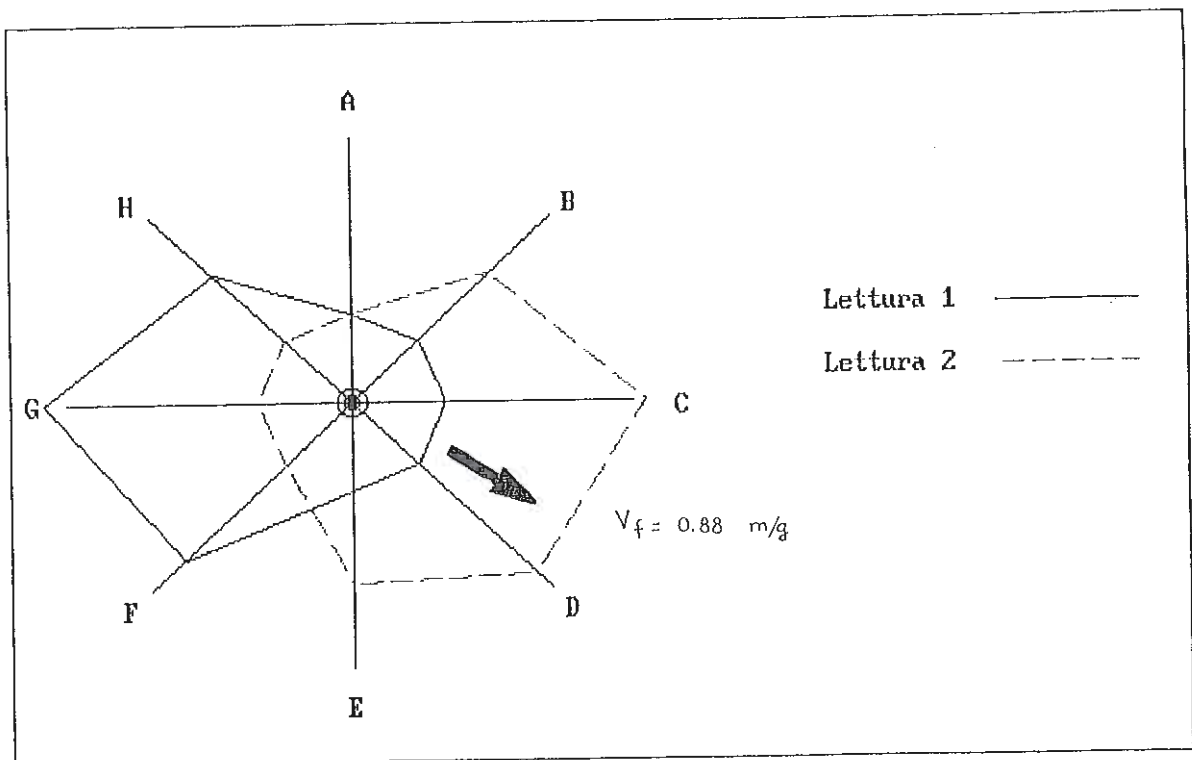


Fig. 19 - Pozzo SA. Misure di flusso Stanudin

Nel caso specifico, nell'intorno dell'S7 non vi erano ostacoli ad impedire la corretta esecuzione della prova ed i risultati sono di buona affidabilità. Subito ad ovest del piezometro SA si ha invece la strada asfaltata; questa situazione ha comportato delle anomalie del campo elettrico ma ha consentito egualmente l'esecuzione di misure sufficientemente attendibili restringendo la distanza fra i picchetti e ruotando leggermente alcune direzioni di misura

Dall'analisi delle misure eseguite sui sondaggi S7 e SA (Figg. 18 e 19, rispettivamente), risulta quanto segue:

Pozzo SPIA S7

$V_f \text{ max} = 0.46 \text{ m/giorno in direzione N}^\circ 270$

Sondaggio SA

$V_f \text{ max} = 0.88 \text{ m/giorno in direzione N}^\circ 150$

Il risultato si presta alle seguenti considerazioni:

- la media delle due misure indica un vettore diretto N. 120 con modulo pari a 0,67 m. La direzione risultante è in accordo con la trend piezometrica media regionale;
- i due sondaggi, benché ubicati a distanza inferiore a 100 m, indicano direzioni di deflusso divergenti di 120°. Questo sembra suggerire la locale presenza di canali di deflusso preferenziale, variabili anche a breve distanza, come può effettivamente verificarsi in mezzi disomogenei con flusso orientato secondo direzioni di frattura. Le dimensioni delle due misure corrispondono, oltretutto, a due linee di faglia e di lineazioni rilevate nel corso degli studi di neotettonica nei terreni di età terziaria, ai quali appartengono i conglomerati del Pontico cioè l'acquifero localmente inquinato.

I valori di velocità in falda ottenuti sono inferiori a quelli a suo tempo calcolati nello SPIA 1 nel corso della ricerca preliminare; si deve però ricordare che questi ultimi si riferivano

all'acquifero alluvionale, caratterizzato da permeabilità primaria per porosità delle ghiaie e ciottoli mentre quelli misurati con Stanudin caratterizzano l'acquifero conglomeratico pontico, permeabile per fratturazione e con 30-40% di passante fine in matrice. Si era comunque già commentato nel rapporto di FASE 1 che la velocità dello SPIA 1 risultava troppo elevata rispetto allo stesso parametro calcolato per lo stesso acquifero mediante la permeabilità. Sembra quindi ragionevole considerare per l'acquifero alluvionale poroso una velocità intermedia tra il valore suggerito dai dati della fase preliminare e quelli misurati nell'acquifero fratturato.

4.2.1.8 - Evoluzione del quadro piezometrico

Nel Giugno 92 è stata eseguita una visita ai pozzi che facevano parte della precedente rete di controllo piezometrico (Fig. 3) con il solo scopo di verificarne l'agibilità e di ottenere dai proprietari l'accesso per le misure da effettuare nelle campagne a seguire. La visita ha interessato circa trenta pozzi.

In seguito alla visita è stata selezionata la nuova rete di controllo piezometrico ed analitico. Essa è formata da 16 pozzi della precedente rete, ubicati in modo da interessare l'area dove la falda è inquinata.

Dopo la perforazione dei tre nuovi pozzi SA-SB-SC anche questi sono stati inseriti nella rete e le misure su di essi sono state continuate con regolarità sul pozzo SC (quello inquinato) e solo saltuariamente sugli altri due, per cause logistiche.

Le campagne effettuate nel periodo Luglio 92 - Luglio 93 sono state 16 (vedi Tab. 3). Nella tabella sono stati inseriti, per completezza di informazione, anche i dati di una misura supplementare (16.11.92) eseguita sui soli quattro pozzi dell'area più inquinata (S7-SA-SB-SC). Alla ripresa delle indagini, dopo l'iter di approvazione della variante al programma, nel Febbraio 1997, è stata eseguita una nuova campagna di misure sulla rete 1992-93 tentando, senza successo, di inserire nuovi punti di controllo.

Sono stati infatti cercati i pozzi a monte

Tabella 3

Campagne Piezometriche	Pozzo (Denominazione)	29/07/92		31/08/92		02/10/92		02/11/92		16/11/92		20/12/92		13/01/93		07/02/93		01/03/93	
		Quota p.c. (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)	Quota piezometrica (m. s.l.m.)
1	RO-SA	44,30	6,98	37,32	7,02	37,28	6,83	37,47	6,64	37,66	-	6,18	38,12	6,07	38,23	6,68	37,62	7,05	37,25
2	FA	64,80	26,25	38,55	26,02	38,78	26,95	37,85	25,45	39,35	-	24,73	40,05	24,96	39,84	25,36	39,44	26,00	38,80
3	194	75,30	-	-	36,04	39,26	35,48	39,82	35,32	39,98	-	34,36	40,94	34,65	40,65	35,27	40,03	35,94	39,36
4	S1	80,56	40,67	39,89	40,62	39,94	39,80	40,76	39,68	40,88	-	38,73	41,83	39,27	41,29	39,57	40,99	40,32	40,24
5	A1	83,50	43,36	40,14	43,41	40,09	42,80	40,70	42,63	40,87	-	41,40	42,10	41,82	41,68	42,47	41,03	43,20	40,30
6	A2	85,70	43,90	41,80	43,80	41,90	43,30	42,40	43,08	42,62	-	42,05	43,65	42,40	43,30	43,00	42,70	43,70	42,00
7	A3	81,90	42,10	39,80	-	-	-	-	41,27	40,63	-	40,23	41,67	40,54	41,36	41,16	40,74	41,90	40,00
8	S2	82,76	42,37	40,39	42,35	40,41	41,65	41,11	41,48	41,28	-	40,55	42,21	40,82	41,94	41,37	41,39	42,10	40,66
9	S3	92,20	50,25	41,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	S4	107,40	70,29	37,11	70,22	37,18	69,30	38,10	68,72	38,68	-	67,46	39,94	67,83	39,57	68,55	38,85	70,38	37,02
11	S5	120,00	78,72	41,28	78,72	41,28	78,41	41,59	76,91	43,09	-	75,62	44,38	75,72	44,28	76,72	43,28	77,67	42,33
12	S6	116,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	CA	130,25	-	-	89,00	41,25	88,12	42,13	86,84	43,41	-	85,22	45,03	85,60	44,65	86,70	43,55	87,70	42,55
14	S7	148,76	105,41	43,35	105,49	43,27	105,00	43,76	102,31	46,45	104,00	99,50	49,26	100,03	48,73	101,18	47,58	102,00	46,76
15	S8	155,80	115,00	40,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	S9	157,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	SA	149,50	-	-	-	-	-	-	103,67	45,83	104,75	100,86	48,64	101,39	48,11	-	-	-	-
18	SC	148,02	-	-	-	-	103,90	44,12	102,90	45,12	104,00	100,08	47,94	100,60	47,42	101,75	46,27	102,63	45,39
19	SB	147,37	-	-	-	-	-	-	-	-	102,57	44,80	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 3 - Dati piezometrici relativi ad alcuni pozzi della rete di controllo della medio-alta pianura pordenonese (1ª parte)

Tabella 3 - 2ª parte

n°	Categorie Piezometriche	14/03/93		05/04/93		18/04/93		03/05/93		31/05/93		17/06/93		05/07/93		23/07/93		23/02/97		
		Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)	Quota piezometrica (m, sotto p.c.)	Quota p.c. (m, s.l.m.)
1	RC-SA	44,30	7,53	36,77	7,73	36,57	7,88	36,42	8,26	36,04	8,83	35,47	8,88	35,42	9,02	35,28	9,09	35,21	-	-
2	FA	64,80	26,73	38,07	26,84	37,96	27,30	37,50	27,72	37,08	28,18	36,62	28,43	36,37	28,73	36,07	28,82	35,98	24,77	40,03
3	194	75,30	36,75	38,55	36,85	38,45	37,38	37,92	37,86	37,44	38,35	36,95	38,65	36,65	38,96	36,34	39,07	36,23	-	-
4	S1	80,56	40,79	39,77	41,27	39,29	41,70	38,86	-	-	-	-	-	-	-	-	Secco	-	38,79	41,77
5	A1	83,50	44,07	39,43	44,49	39,01	44,77	38,73	45,23	38,27	45,72	37,78	46,04	37,46	46,40	37,10	46,57	36,93	41,71	41,79
6	A2	85,70	44,55	41,15	44,98	40,72	45,21	40,49	45,69	40,01	46,14	39,56	46,48	39,22	46,82	38,88	46,94	38,76	42,03	43,67
7	A3	81,90	42,65	39,25	43,14	38,76	43,30	38,60	43,70	38,20	44,23	37,67	44,56	37,34	44,89	37,01	45,04	36,86	40,27	41,63
8	S2	82,76	42,63	40,13	43,11	39,65	43,68	39,08	44,18	38,58	44,70	38,06	46,50	36,26	48,03	34,73	Secco	-	40,57	42,19
9	S3	92,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,21	38,99	54,34	37,86	48,08	44,12
10	S4	107,40	70,13	37,27	70,63	36,77	71,44	35,96	72,02	35,38	72,48	34,92	73,08	34,32	73,62	33,78	74,22	33,18	67,75	39,65
11	S5	120,00	78,50	41,50	79,00	41,00	79,75	40,25	80,30	39,70	80,89	39,11	81,47	38,53	82,19	37,81	82,83	37,17	75,84	44,16
12	S6	116,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77,62	38,38	78,83	37,17	> 85,69	> 30,31
13	CA	130,25	88,45	41,80	89,10	41,15	89,90	40,35	90,42	39,83	91,06	39,19	-	-	93,24	37,01	93,90	36,35	85,76	44,49
14	S7	148,76	103,05	45,71	103,99	44,77	104,92	43,84	105,42	43,34	106,31	42,45	107,04	41,72	107,95	40,81	-	-	101,63	47,13
15	S8	155,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116,49	39,31	116,59	39,21	114,78	41,02
16	S9	157,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118,33	38,67	118,41	38,59	109,45	47,55
17	SA	149,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111,40	38,10	-	-
18	SC	148,02	103,70	44,32	104,58	43,44	105,44	42,58	106,00	42,02	106,90	41,12	107,62	40,40	108,59	39,43	109,83	38,19	-	-
19	SB	147,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109,34	38,03	-	-

Tabella 3 - Dati piezometrici relativi ad alcuni pozzi della rete di controllo della medio-alta pianura pordenonese (2ª parte)

dell'INFA che erano stati perforati negli anni 1987-88 e che erano serviti per delimitare la zona inquinata.

Nel corso della misura 1997 alcuni pozzi della rete precedente non sono più risultati agibili, mentre quelli a monte dell'INFA, ubicati su suoli agricoli, sono stati distrutti dai lavori con mezzi meccanici.

Nella tabella 3 sono riportati tutti i dati misurati ed il grafico di Fig. 20 ricostruisce l'andamento dell'anno piezometrico 1992-1993 in alcuni dei pozzi della rete, scelti strategicamente per offrire un quadro più completo dell'evoluzione piezometrica nel corso del periodo di osservazione.

I dati si possono commentare come segue.

Il periodo di osservazione sulla rete ha mostrato un livello di morbida in Dicembre 1992 (misura del 20.12, Fig. 20) ed un livello di magra nel Luglio 1993 (misura del 23.7, Fig. 21). Entrambi i dati si possono ritenere sicuri: l'incertezza per il dato di magra (non si è ancora rilevata infatti l'inversione di tendenza) è superabile dal momento che la magra dell'estate 92 è caduta in Giugno.

L'oscillazione stagionale per il periodo 1992-1993 della falda freatica è risultata variabile secondo l'asse nord-sud: ai massimi valori misurati nei pozzi settentrionali (circa 8.50 metri) fanno riscontro i minimi valori (inferiori a 3.00 metri) dei pozzi meridionali (Fig. 20) in accordo con la riduzione del gradiente idraulico della falda nella stessa direzione.

Relativamente alla geometria piezometrica,

tutti i dati della stagione, che sono riassunti nelle due carte piezometriche di morbida (Fig. 22) e di magra (Fig. 21), confermano la presenza del marcato asse di drenaggio diretto circa N-S, tra lo SPIA 7 ed il pozzo RO-SA, confermando in tal modo anche lo schema più generale che era stato ricostruito nel 1988 (Fig. 3) e che mostra una superficie piezometrica molto ondulata, con assi di drenaggio e dorsali positive che circoscrivono la circolazione sotterranea a strette fasce (sub-bacini) con direzione prevalentemente meridiana, geologicamente spiegabili con migliori condizioni di permeabilità, vuoi per granulometria più grossolana legata a paleovalvei, vuoi per fratturazione nei conglomerati di origine strutturale.

4.2.1.9 - Il quadro analitico in falda

Nel corso degli anni successivi al rapporto di FASE I sono continuate le operazioni di monitoraggio, in parte destinate a seguire lo sviluppo dell'inquinamento e in parte mirate all'individuazione di eventuali interventi di bonifica.

Complessivamente sono stati analizzati oltre 2000 campioni per la ricerca del Tetracloroetilene, del 1.1.1 Tricloroetano e del Tricloroetilene.

A distanza di 10 anni, l'inquinamento è tuttora presente nell'acquifero freatico nell'area interessata e l'esame dell'andamento delle concentrazioni suggerisce che il fenomeno è in attenuazione nei pozzi SPIA riferiti alla parte alta del conoide mentre, al contrario, qualche segnale di aumento della presenza di PCE è stato individuato in alcuni pozzi artesiani a valle della linea delle risorgive.

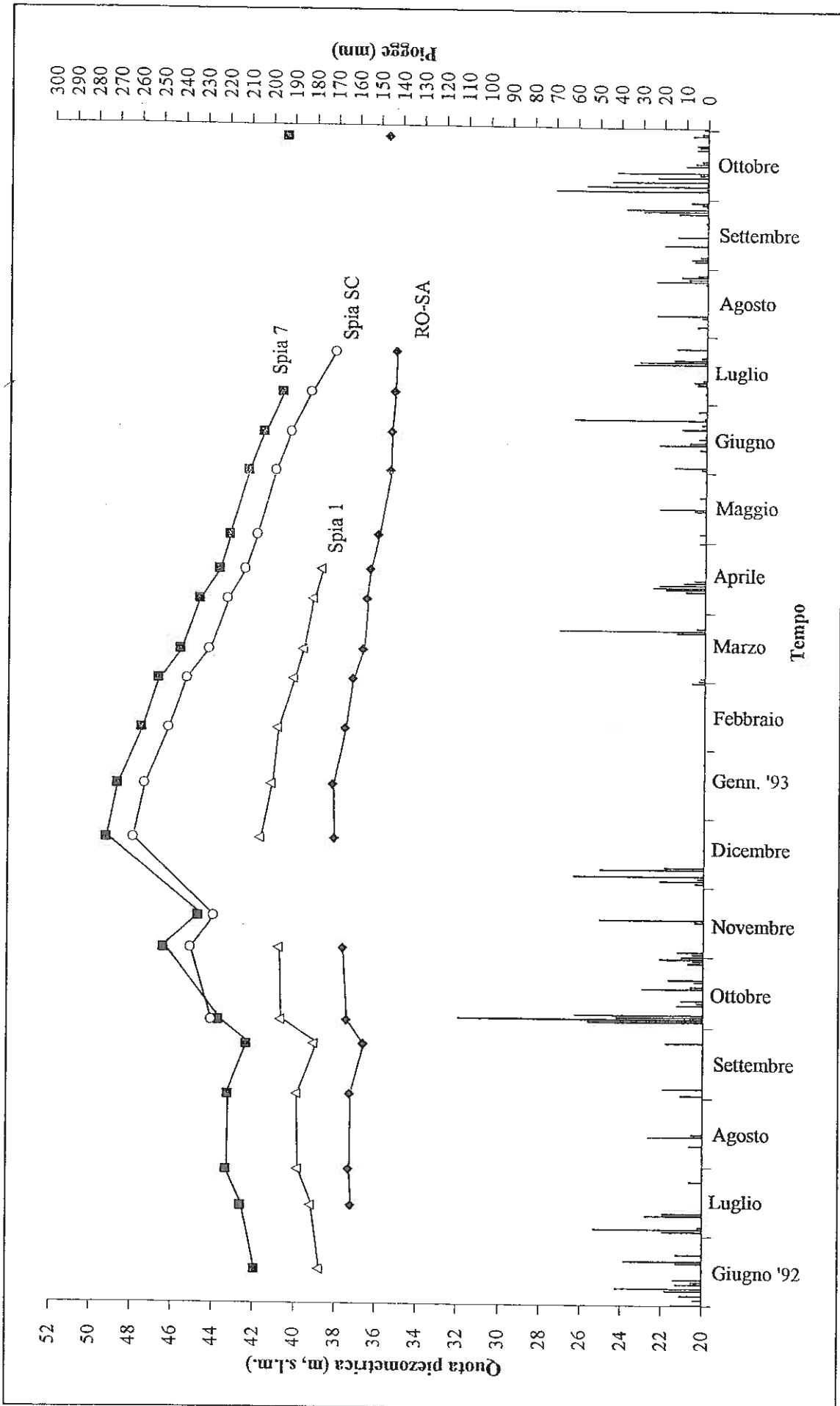


Fig. 20 - Pozzi spia S7, S1, SC e pozzo RO - SA. Andamento piezometrico nel periodo Giugno '92 - Ottobre '93 correlato con le piogge

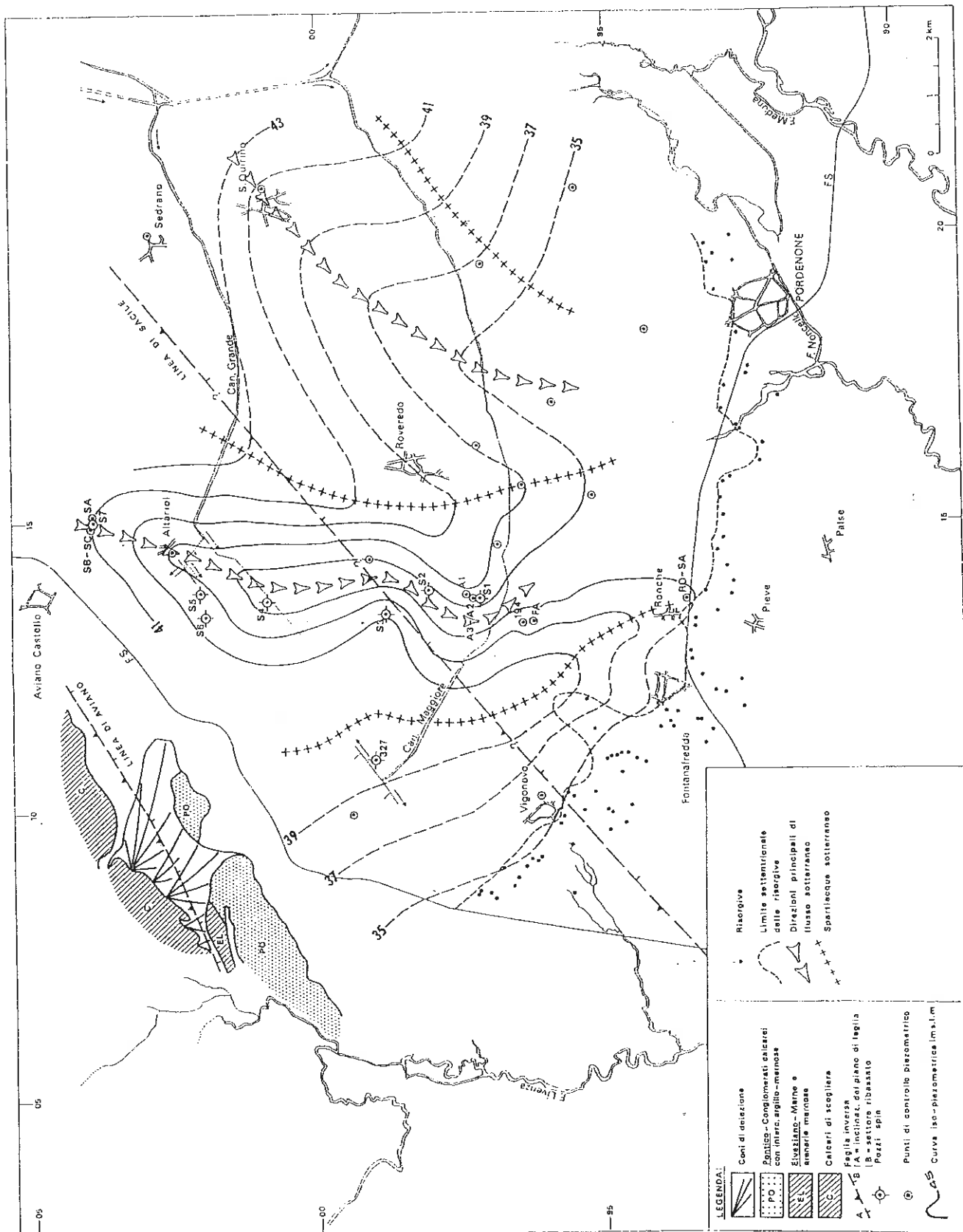


Fig. 21 - Carta piezometrica (magra - Luglio 1993)

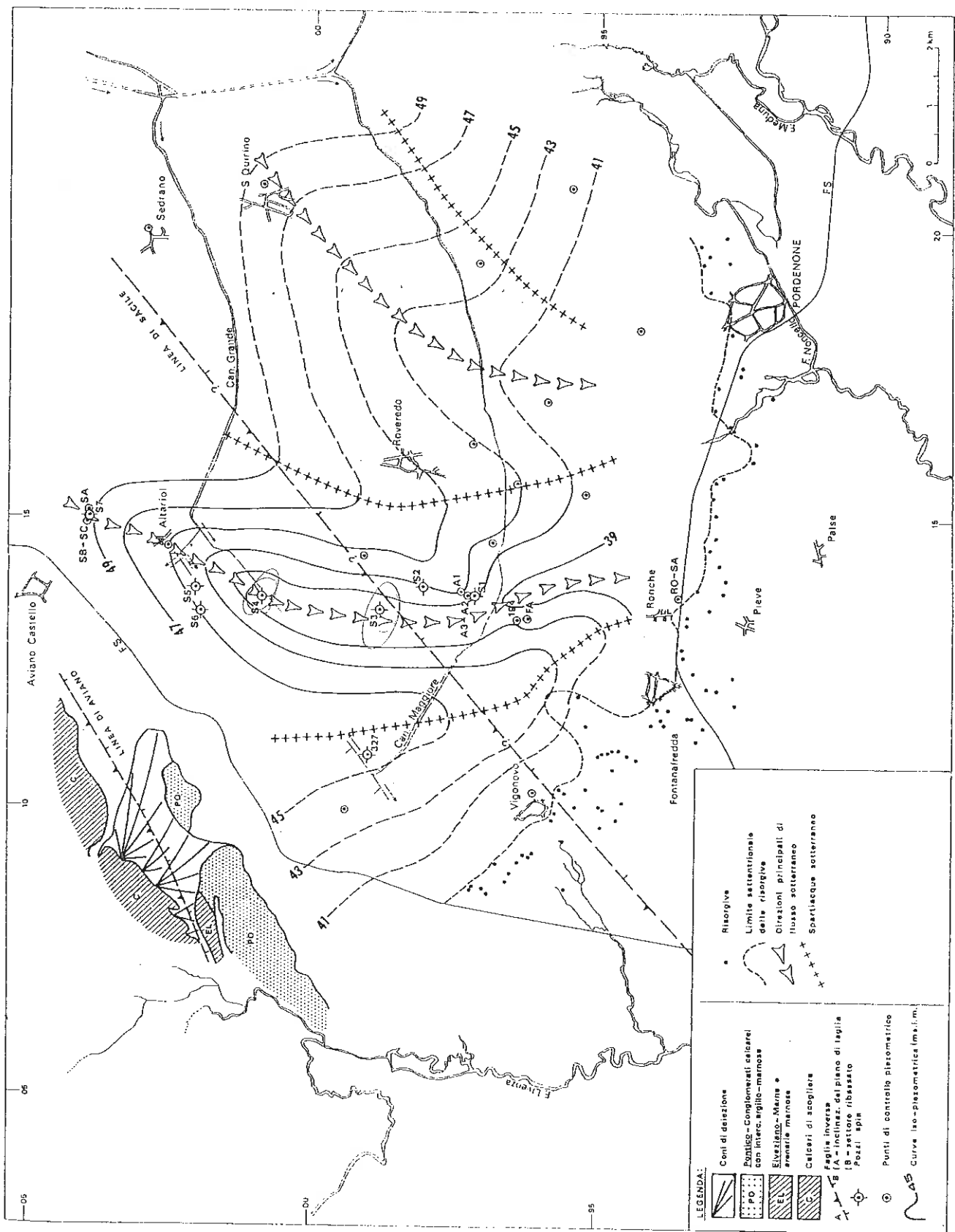


Fig. 22 - Carta piezometrica (morbida - Dicembre 1992)

Quanto sopra descritto può essere evidenziato dall'esame delle seguenti elaborazioni grafiche della concentrazione di solventi clorurati in alcuni pozzi spia scelti lungo l'asse centrale della zona interessata.

Sono stati privilegiati alcuni pozzi agibili della rete di controllo che disponevano di una serie di misure significative per durata e per tenori di inquinamento. Per tali ragioni non sono risultati idonei i nuovi pozzi SA ed SB (risultati poco inquinati e poi non più agibili per opere di urbanizzazione effettuate), sostituiti più opportunamente da SPIA 1 - SPIA 2 - SPIA 4 Aviano - SPIA 7 - Pozzo ex acquedotto Forcate - Pozzo Condominio Via Cavour - Risorgive Bagnador.

Pozzo SPIA n. 7 - Aviano (TAV. 3)

E' il più vicino alla sorgente dell'inquinamento e ha sempre presentato i valori più elevati. Si nota senz'altro una diminuzione delle concentrazioni nel corso degli anni con evidenti variabilità a testimonianza di una situazione ancora presente e in evoluzione.

Pozzo SPIA n. 4 - Aviano (TAV. 3)

In questo caso è ben evidenziata una tendenza alla diminuzione a partire dai primi anni fino alla situazione di oggi.

Pozzo ex acquedotto Forcate - Fontanafredda (TAV. 3)

Interessa, in particolare, vedere un andamento della concentrazione, in questo pozzo, nei primi mesi di indagine così come illustrato in Fig. 23.

Appare evidente che il fenomeno nel Marzo '87, pur già iniziato, era ancora nella sua prima fase di aumento fino ai valori massimi registrati nei primi mesi del 1988. Nel tempo, anche in questo caso valgono le considerazioni fatte per il pozzo SPIA 4 segnalando un calo ben evidente negli ultimi anni.

Pozzo Condominio Via Cavour - Porcia (TAV. 4)

In questo pozzo situato poco al di sotto della linea delle risorgive, si nota una fase di calo delle concentrazioni medie (circa 10 analisi anno), pur evidenziando, negli anni successivi, valori singoli su livelli paragonabili a quelli degli anni precedenti.

Nell'ambito di tale verifica dell'andamento nel tempo dell'inquinamento in alcuni pozzi privati artesiani nel Comune di Porcia, per i quali erano risultati disponibili i dati, si è tentato un confronto tra le concentrazioni di PCE e TCE riscontrate rispettivamente negli anni 1987 e 1997.

Nella rappresentazione riportata in Tab. 4 si possono notare alcune situazioni, soprattutto al di sotto della linea delle risorgive, di aumento delle concentrazioni attuali rispetto a quelle del 1987, comunque da riferirsi a campionamenti puntuali nel corso di ciascun anno e la cui tendenza dovrà essere verificata nel futuro.

Nel corso dei primi anni di indagine è stata evidenziata una situazione apparentemente contraddittoria riguardante la presenza di Tricloroetilene (TCE) accanto all'inquinante principale Tetracloroetilene (PCE); infatti, nei pozzi spia vicini alla fonte di inquinamento la concentrazione di PCE risultava in rapporto molto grande rispetto alla piccola concentrazione reperibile di TCE. Al contrario, nei pozzi spia più lontani, il rapporto PCE su TCE diventava sensibilmente più basso facendo ipotizzare una possibile ulteriore fonte di contaminazione, diversa da quella riscontrata nella zona industriale di Aviano, e dalla quale ci fosse un'immissione di TCE nella stessa falda.

Tale situazione è raffigurata nell'elaborazione grafica (TAV. 4) dove viene calcolato in vari periodi (anni 1987-1992) il valore del rapporto PCE su TCE in funzione della distanza dalla zona sorgente di contaminazione in Comune di Aviano.

Tab. 4 - Analisi pozzi privati anni 1987 - 1997. Falda artesianiana - Comune di Porcia

via	civ. n.	pozzo metri	DATI anno 1987			DATI anno 1997		
			tricloro- etilene	tetracloro- etilene	SOMMA (*)	tricloro- etilene	tetracloro- etilene	SOMMA
Bagnador	16	10	27	278	305	3	109	112
"	37	-	-	-	-	< 2	55	55
Bandiera	3	-	14	116	130	< 2	68	68
Baros	4	-	9	28	37	5	42	47
"	6	44	9	28	37	4	60	64
"	8	35	20	27	47	4	53	57
Bellini	1	12	24	112	136	< 2	41	41
Bodegan	1	-	-	-	-	< 2	< 2	-
Bottego	11	54	-	-	-	2	44	46
Brunins	8	20	-	-	-	< 2	< 2	-
"		33	9	15	24	3	15	18
"	13	60	-	-	-	< 2	< 2	-
"	85	60	-	-	-	< 2	< 2	-
Centrale	6	58	3,5	15	18,5	< 2	7	7
"	15	33	2	65	84	13	23	36
Ceolini	46	-	7	41	49	3	107	110
Colombo	4	-	0,5	48	52,7	< 2	< 2	-
"	50	40	1	38	49	2	40	42
"	54	-	1	52	61	3	56	59
Comuni	6	-	-	-	-	3	27	30
Carducci	12	13	-	1	2	< 2	< 2	-
"	35	22	-	-	-	< 2	< 2	-
D'Annunzio	18	-	-	-	-	2	30	32
della Centa	15	10	5	35	40	< 2	3	3
"	19	60	10	3	13	5	< 2	5
"	24	25	-	-	-	4	39	43
"	25	59	4	12	16	< 2	7	7
della Latteria	15	67	-	-	-	< 2	6	6
Ellero	18	-	8	22	30	3	63	66
Ferrovia	9	9	24	106	130	2	81	83
Fleming	2	28	8	21	29	2	41	43
Italia	19	15	0,4	4,4	6,5	< 2	12	12
"	55/a	31	16	100	116	2	91	93
Leopardi	2	-	4	4,5	8,5	< 2	12	12
Molinata	26	76	9	9	18	6	17	23
Pascoli		30	-	-	-	3	73	76
Pacinotti	21	30	-	-	-	3	98	101
"	25	-	-	-	-	3	84	87
Pamegai	8	-	11	11	22	5	43	48
Petrarca	8	-	6	24	30	2	35	37
Pieve	6	25	16	85	101	3	53	56
"	10	57	6	56	62	3	51	54
Pistola	3	12	-	-	-	< 2	51	51
Polo	2	67	5	20	25	< 2	11	11
Rivierasca	7	30	< 5	< 5	-	< 2	< 2	-
S. Angelo	43	28	8	23	31	3	39	42
S. Antonio	5	29	1	3	4	2	23	25
S. Martino	6/b	-	6	27	35	3	55	58
"	31	52	-	-	-	< 2	< 2	-
S. Rocco	20	40	5	42	47	-	-	-
"	28	11	19	135	154	-	-	-
S. Virgilio	3	-	-	-	-	< 2	< 2	-
Stazzon	7	55	-	-	-	< 2	< 2	-
Talponedo	29	16	-	-	-	3	110	113
Verdi	10	17	28	128	156	< 2	18	18
Villascura	38	25	2	9	11	3	66	69

(*) Somma = tricloroetilene + tetracloroetilene + 1.1.1 tricloroetano

Valori espressi in µg/L

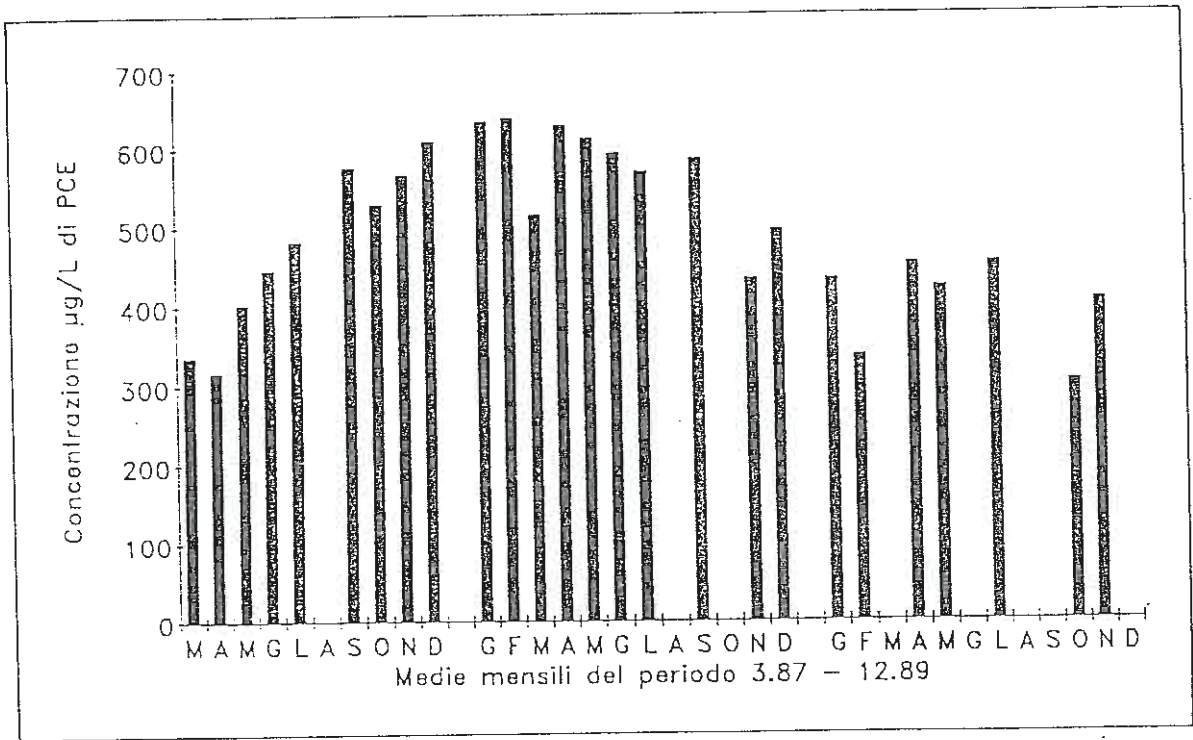


Fig. 23 - Acquedotto in loc. Forcate. Inquinamento a Fontanafredda

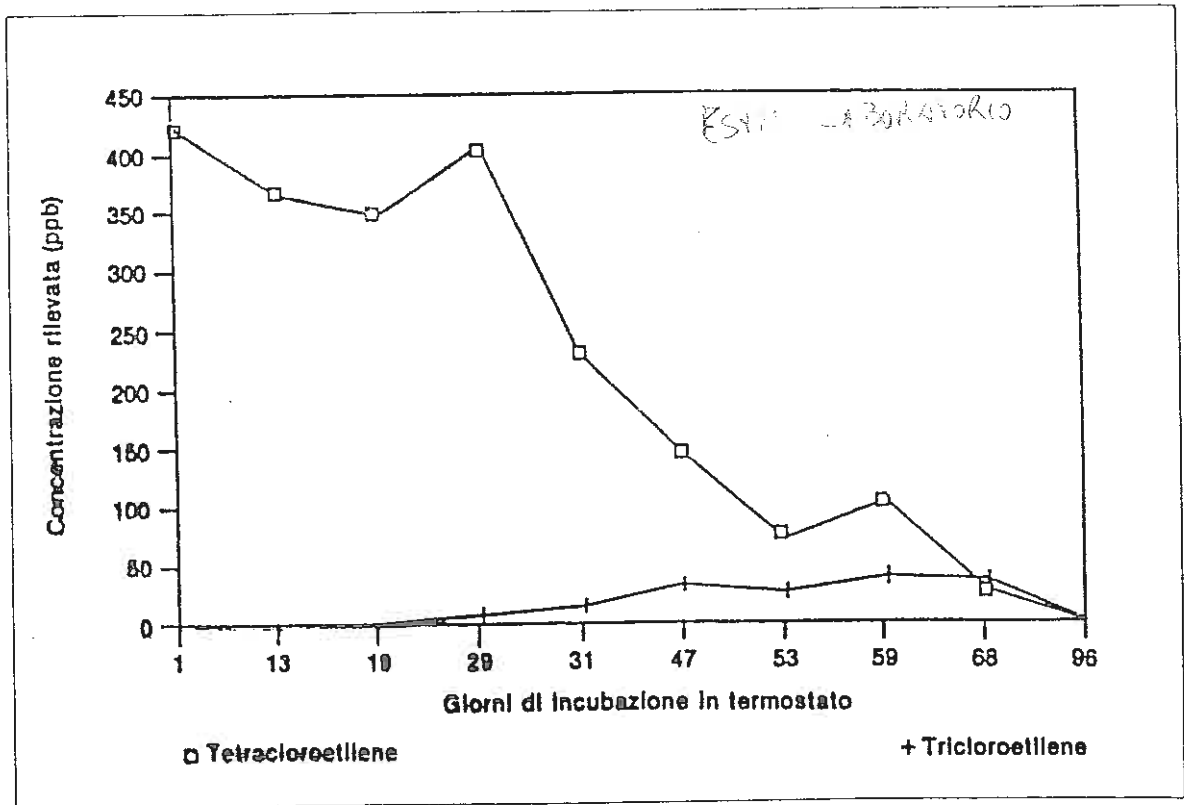


Fig. 234 - Trasformazione del Tetracloroetilene

Nel tentativo di fare chiarezza su questo non secondario aspetto, circa la presenza di Tetracloroetilene e Tricloroetilene, il PMP di Pordenone ha svolto, basandosi anche su ipotesi apparse nella letteratura scientifica, specifiche indagini sul destino del PCE presente in un terreno in funzione del tempo. I risultati degli esami di laboratorio evidenziano nelle condizioni assunte per l'esperimento, un calo della concentrazione di PCE e un corrispondente aumento della concentrazione di TCE dopo un periodo di incubazione di circa un mese, così come ad esempio viene evidenziato nella Fig. 24.

Le conclusioni tratte da questa indagine sono in pieno accordo con i risultati sperimentali delle analisi sui pozzi giustificando cioè il graduale aumento di TCE in funzione della distanza e quindi dei tempi di permanenza nel terreno del PCE presente all'origine e facendo così cadere l'ipotesi di altre fonti di inquinamento da TCE.

Nel corso delle analisi, condotte all'inizio del

1997, si è proceduto a prelievi di acque di risorgiva in Comune di Porcia su alcuni piccoli corsi d'acqua che si originano dalla linea delle risorgive traendo alimentazione dall'acquifero contaminato, così come illustrato in Fig. 25.

Contemporaneamente si è proceduto a una misura delle portate delle rogge nel punto di campionamento.

La situazione che ne emerge viene riassunta in Tab. 5, dove viene evidenziata la quantità giornaliera di Tetracloroetilene fuoriuscente attraverso le risorgive, risultando dal calcolo predetto una quantità di oltre 3 chili al giorno. Tuttavia, una valutazione complessiva del bilancio di tali solventi fuoriusciti nel corso degli anni e quindi immessi a suo tempo, molto più a monte, ad Aviano nell'acquifero, deve tener conto che nei primi anni di inquinamento le concentrazioni risultavano molto più elevate, così come risulta dall'esempio delle Risorgive Bagnador riportate in TAV. 4.

Tab. 5 - Valutazione quantitativa di PCE all'uscita delle risorgive

ACQUE SUPERFICIALI - COMUNE DI PORCIA

prelievi del 17 gennaio 1997

LUOGO PRELIEVO		TETRACLORO ETILENE µ/l	µg/l x l/sec = g/d	
RIO PIEVE	(portata 1000 l/sec)	4	4 x 1000 x 0.0864	345
RIO BAGNADOR	(portata 924 l/sec)	17	17 x 924 x 0.0864	1357
RIO MOLINATA	(portata 50 l/sec)	36	36 x 50 x 0.0864	155
RIO CUNISIEL-PONENTE	(portata 924 l/sec)	33	33 x 356 x 0.0864	1015
RIO CUNISIEL-LEVANTE	(portata 140 l/sec)	22	22 x 140 x 0.0864	266
RIO BUJON-RIVIERASCA	(portata 1347 l/sec)	2	2 x 1347 x 0.0864	232
				3.37 kg/d

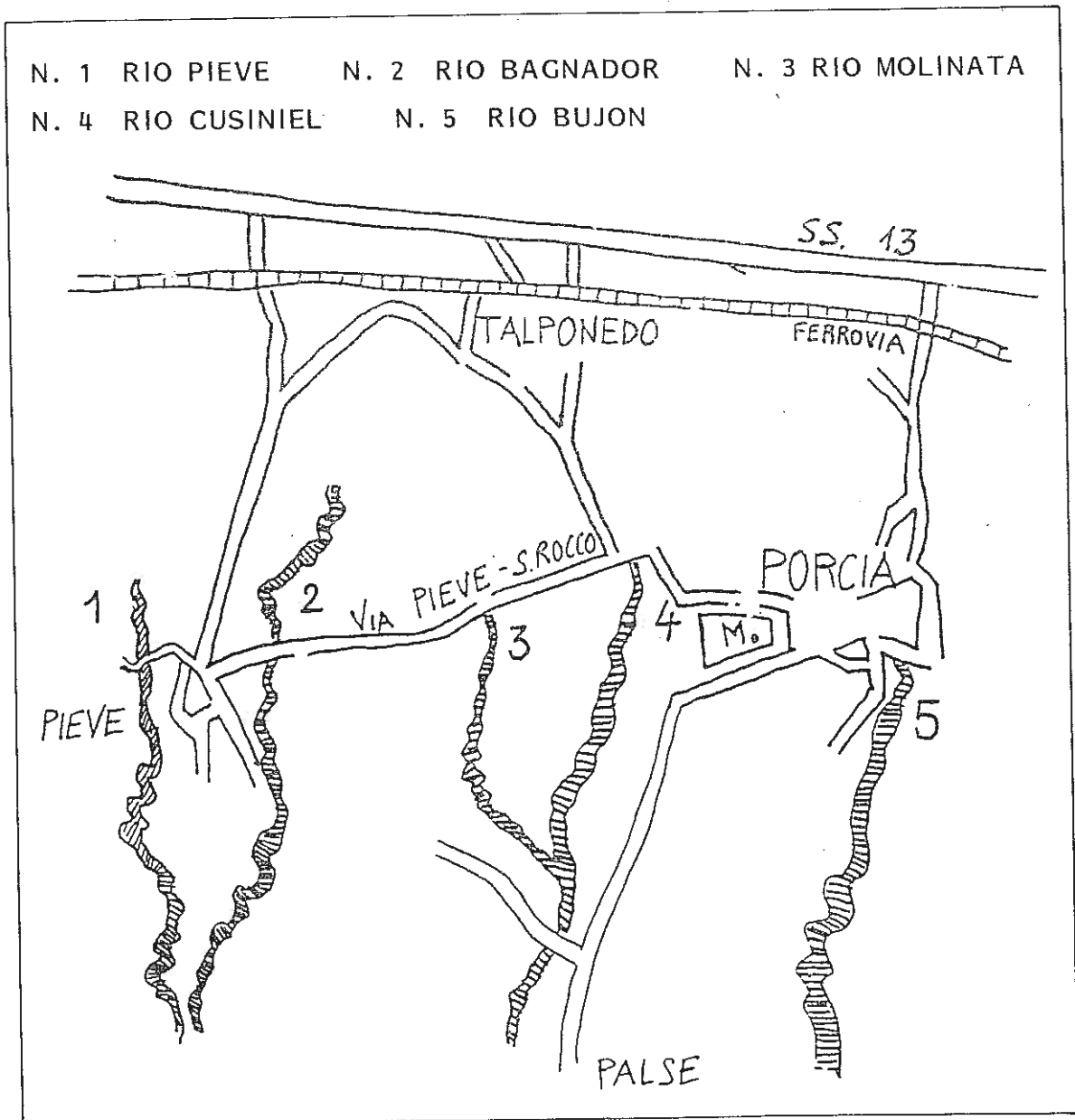


Fig. 25 - Punti in cui sono state eseguite le analisi delle acque superficiali (anno 1997)

Relativamente all'evoluzione dell'inquinamento in falda freatica si può fare riferimento ai diagrammi delle Figg. 26-29 che riportano graficamente l'andamento delle concentrazioni di tetracloroetilene (PCE) nel periodo di osservazione decennale 1987-1997.

Le quattro figure si riferiscono a quattro situazioni di falda diverse:

- Fig. 26: SPIA 7, il più inquinato, subito a valle dell'INFA con tetto della falda a oltre 100 metri di profondità sotto piano campagna.
- Fig. 27-28: SPIA 2 e SPIA 1 ubicati via via più a Sud e con tetto della falda freatica a profondità via via minori (mediamente 43 metri lo SPIA 2 e 40 metri lo SPIA 1) e con concentrazione dell'inquinante con valori più bassi.
- Fig. 29: risorgive Bagnador. La falda freatica affiora e passa nella rete idrografica superficiale.

Il quadro più ricco di dati è quello dello SPIA 7 (Fig. 26) soprattutto nel periodo 1987-1993; in seguito le campionature sono state diradate.

L'analisi dell'evoluzione nel pozzo citato mostra che nell'area di origine dell'inquinamento si è avuto:

- una tendenza a diminuire dal 1987 (9000 µg/l) a fine 1988 (4000 µg/l);
- una marcata ripresa all'inizio del 1989 con picchi di 12.000-13.000 µg/l ma con rapide cadute stagionali fino a 3000 µg/l;
- una tendenza a diminuire a partire dal secondo semestre 1990 con valori puntuali molto variabili stagionalmente e con una brusca caduta dei tenori a poche centinaia di µg/l nel secondo semestre 1993;

- una ripresa nel 1994 con valori puntuali oscillanti tra 5000 µg/l e 2-3000 µg/l anche se 1-2 analisi/anno non caratterizzano in modo significativo la tendenza.

Pur con andamento alterno, mediamente i valori del periodo decennale mostrano una tendenza a diminuire a partire dal 1990.

Anche lo SPIA 2 (Fig. 27) dopo i picchi della primavera inizio estate 1987 (300-400 µg/l), mostra una tendenza alla discesa alla fine del 1987 e, dopo una risalita nel primo semestre 1988, mostra una tendenza a scendere fino al 1992. Dopo questa data non si dispone di analisi e le uniche del periodo successivo (1997) con 25-35 µg/l confermerebbero l'andamento dello SPIA 7 anche se due soli dati non fanno testo.

I dati dello SPIA 1 (Fig. 28) pur lasciando scoperti tratti ancor più lunghi nel decennio considerato, fanno vedere che gli ultimi dati utili (1991-1992) tendono già all'azzeramento dell'inquinante rispetto ai picchi stagionali (40 µg/l) degli anni 1987-1988.

L'andamento del decennio si può spiegare confrontando il livello statico ed il tenore di PCE nello SPIA 7 con le piogge locali.

Innanzitutto l'analisi di dettaglio (Fig. 26) del periodo 1992-93, quando è stata eseguita mensilmente la campagna di misura dei livelli, ha confermato che sono bastati quattro mesi a piovosità praticamente nulla (Dicembre 92-Marzo 93) per far precipitare i tenori nello SPIA 7 da 7680 µg/l a 1608 µg/l. Non appena nell'Aprile-Maggio 93 riprende a piovere con una certa regolarità i tenori di PCE invertono la tendenza e risalgono; si mantengono costanti nel periodo estivo quando le piogge sono meno efficaci e riprendono a salire bruscamente con le piogge efficaci autunnali.

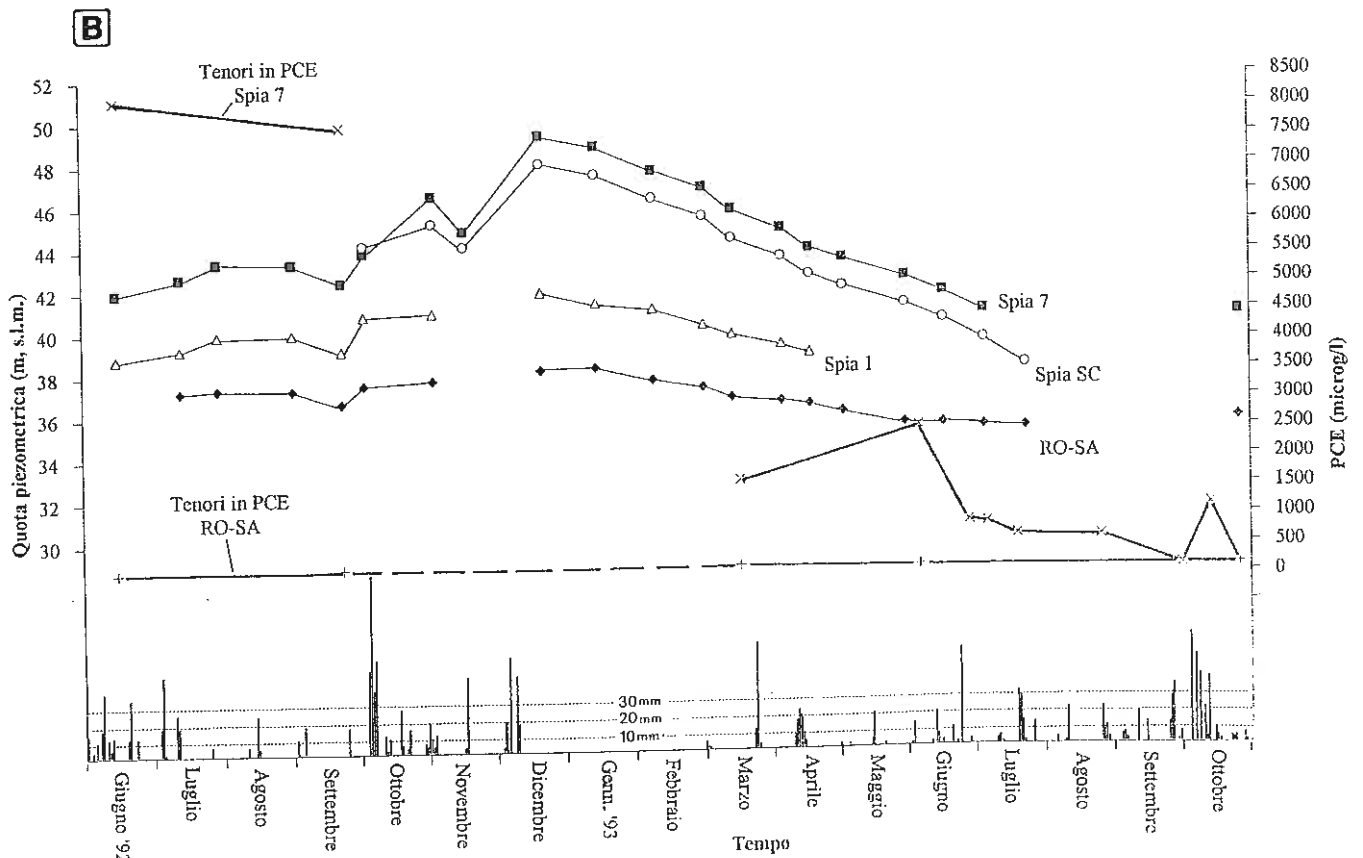
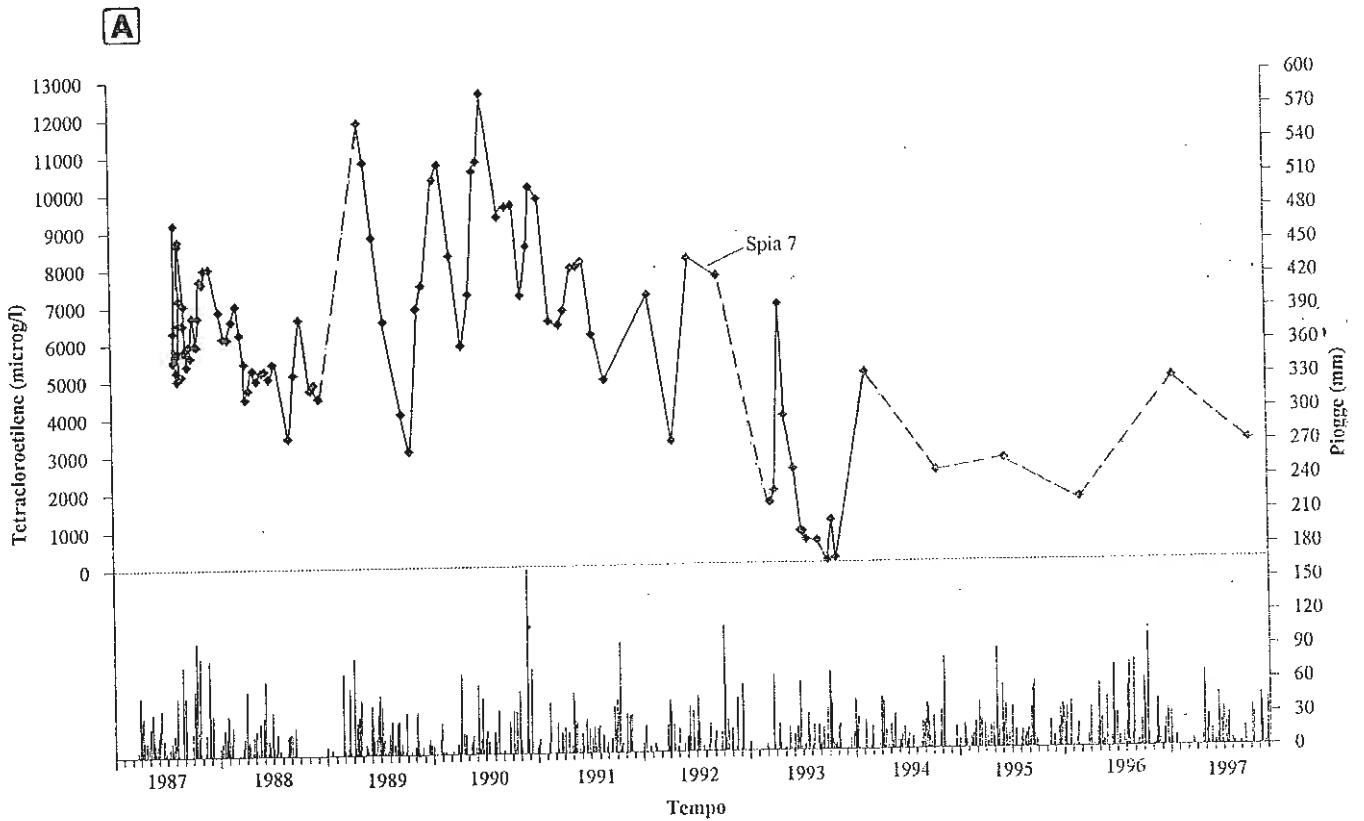


Fig. 26 - A - Pozzo spia 7. Andamento dell'inquinamento di tetracloroetilene nella falda freatica correlato con le piogge
 - B - Pozzi spia S7, S1, SC e pozzo RO-SA. Andamento piezometrico nel periodo Giugno '92 - Ottobre '93 correlato con le piogge e coi tenori di PCE

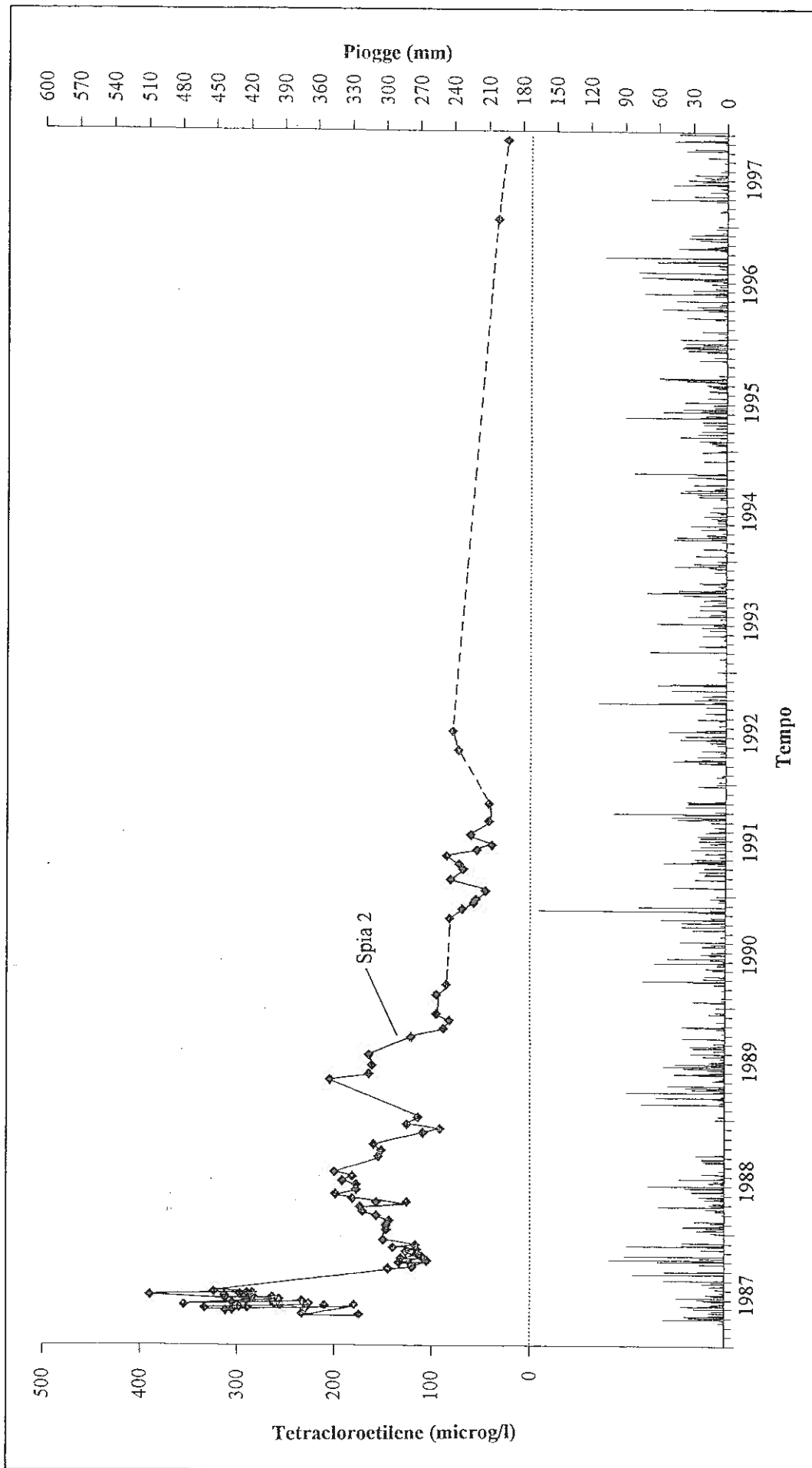


Fig. 27 - Pozzo Spia 2. Andamento dell'inquinamento di tetracloroetilene nella falda freatica correlato con le piogge

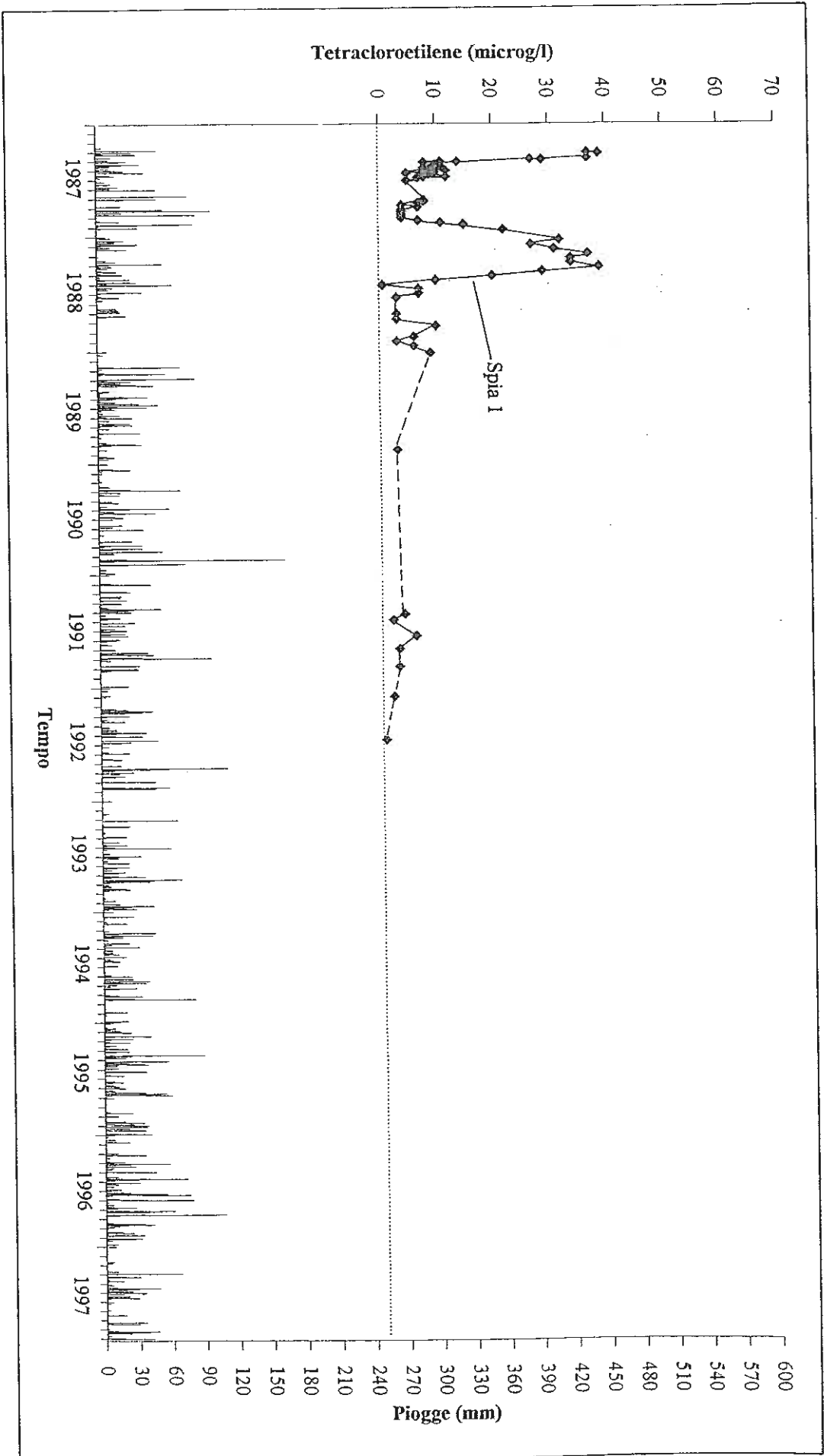


Fig. 28 - Pozzo spia 1. Andamento dell'inquinamento di tetracloroetilene nella falda freatica correlato con le piogge

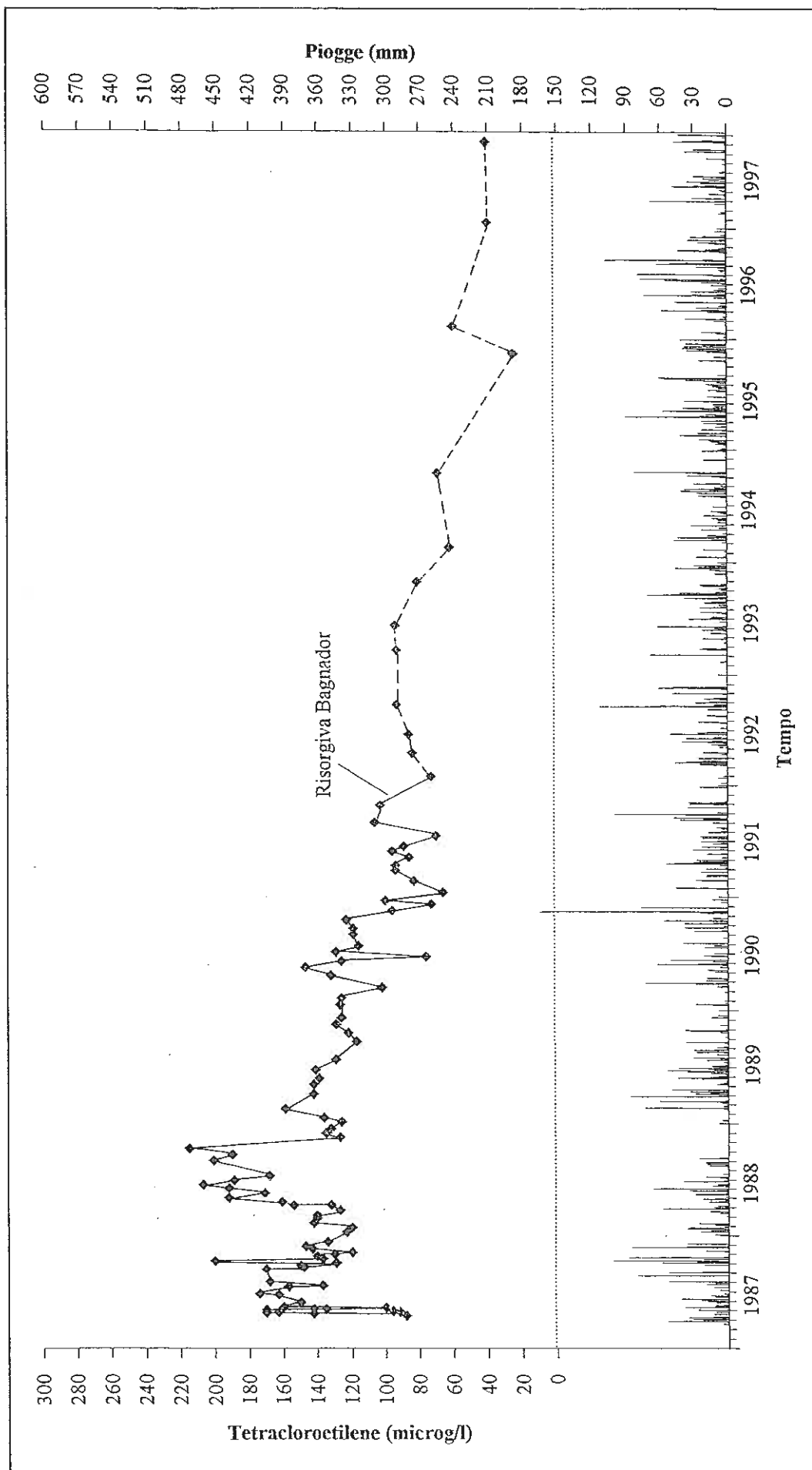


Fig. 29 - Risorgiva Bagnador. Andamento dell'inquinamento di tetracloroetilene nelle acque della risorgiva correlato con le piogge

Osservando ora l'intera decade, nella quale le piogge hanno avuto questi valori annuali (mm):

1987	> 1488	(10 mesi)
1988	> 1040	(11 mesi)
1989	1484	
1990	1272	
1991	1310	
1992	1360	
1993	1124	
1994	1211	
1995	1467	
1996	1817	
1997	> 981	(11 mesi)

si nota ancora una buona correlabilità tra piogge e tenori/livelli.

Infatti il calo in tenore di PCE di fine 1988 era già stato messo in relazione, in FASE 1, con una forte riduzione di piogge.

La marcata ripresa del 1989 coincide con un ritorno delle piogge sui valori del 1987.

Nei tre anni successivi (1990-1991-1992), a fronte di piogge pressochè uguali ma inferiori a quella del 1989, il tenore in PCE è sempre alto ma con picchi alterni e con tendenza a scendere fino alla ricordata caduta dell'estate 1993 in cui a seguito di alcuni mesi secchi cessa praticamente la desorbizione in falda ed i tenori scendono a poche centinaia di µg/l.

Nel 1995 e 1996 aumentano le piogge ed i tenori risalgono: i pochi dati di analisi non sono però sufficienti per concludere se vengano raggiunti i picchi elevati di fine 1989. Piuttosto, nel complesso, sembra comunque prevalere la tendenza a scendere, convalidata anche nel 1997 quando, dopo la marcata ripresa del Gennaio 97 in seguito alle intense piogge dell'estate-autunno 1996 si passa ad un 1997 poco piovoso (circa 1000 mm/anno) con caduta del tenore di PCE da 4830 µg/l del Gennaio a 3144 µg/l dell'Ottobre 97.

In sintesi, appare confermata:

- la correlabilità dell'andamento dei tenori con la piovosità;
- la tendenza generale dei tenori a scendere nel tempo che può essere spiegata con un generale calo della concentrazione dei solventi adsorbiti nei sedimenti dell'acquifero.

Considerata l'approssimazione di stima di tali misure non si può arrivare ad esprimere una cifra precisa, tuttavia, attraverso ambedue le modalità di calcolo, si può sostenere che l'inquinamento da PCE ha riguardato all'origine quantità molto ingenti di tale sostanza e dell'ordine di diverse tonnellate.

4.2.1.10 - Prove di diffusione

Il programma originario prevedeva una prova di diffusione nell'acquifero profondo utilizzando, come marker, del sale comune da inserire in un pozzo profondo da perforare nell'area INFA e come pozzi di monitoraggio i tre nuovi pozzi SA-SB-SC e l'esistente SPIA 7.

Quando, sulla base dei primi tre nuovi pozzi perforati, l'obiettivo delle indagini si è spostato sul settore superficiale, è parso più utile effettuare anche la prova di diffusione su quest'ultimo obiettivo.

Per i dettagli esecutivi e per i risultati si rimanda quindi al paragrafo successivo 4.2.2 ed in particolare a 4.2.2.2.

4.2.2 - Settore superficiale

4.2.2.1 - Generalità

Si è già detto che la totale assenza di inquinante nel settore non saturo all'altezza della sezione SPIA 7-SA-SB-SC, cioè nei primi 90 metri circa sotto il piano campagna e subito a valle dell'area indiziata quale origine dell'evento, aveva orientato la ricerca verso il settore più superficiale ubicato a nord dei pozzi profondi, dove in passato si era riscontrata, a piccola pro-

fondità, la più elevata concentrazione di inquinante nel terreno ed una modesta circolazione idrica, non continua, al tetto di una lenticella argillosa.

Inoltre, la esigua larghezza della fascia inquinata, sia all'altezza della sezione critica sopra menzionata che nel resto dell'area interessata dalla diffusione dell'inquinante, ha sempre indotto a supporre che una marcata canalizzazione, legata a particolari condizioni di permeabilità primaria o per fratturazione, avesse facilitato il diffondersi dell'inquinamento verso sud, seguendo la geometria piezometrica. Di conseguenza sembrava più che giustificata l'ipotesi di un analogo comportamento anche nel settore più superficiale, nel tratto tra INFA e sezione critica.

Pertanto, il fatto che negli scavi a suo tempo effettuati all'interno dell'INFA non si fossero trovati elementi chiari e convincenti sul percorso seguito dall'inquinante nella sua diffusione verso valle dal sito risultato fortemente impregnato di solventi, non escludeva la possibilità di un collegamento tra le parti.

Si avvalorava quindi sempre più l'ipotesi che tale collegamento dovesse esistere per cui è stato avviato il programma di scavi superficiali nell'area indiziata. I punti di controllo sono stati ubicati dapprima nel tratto tra INFA e la sezione critica e poi all'interno dell'INFA, seguendo le tracce suggerite via via dai risultati.

Permanendo il divieto da parte della proprietà di operare all'interno dello stabilimento, si è dovuto modificare il programma e gli scavi superficiali sono stati in parte ubicati anche a nord dell'INFA, cioè a monte rispetto alla direzione del flusso in entrata.

4.2.2.2 - Risultati ottenuti negli scavi

In concreto gli scavi (TAV. 5) sono stati eseguiti in tre momenti diversi:

- 13 scavi eseguiti all'interno dello stabilimento nel 1990 a cura dell'INFA e contrassegnati con i numeri da 1 a 13;

- 12 scavi tra sezione critica e margine meridionale della strada comunale che possa subito a sud della proprietà INFA, contrassegnati dalla sigla 1-11/92;

- 9 scavi eseguiti in parte a ridosso della recinzione INFA, lato sud, e in parte a nord della stessa recinzione, lato entrata, contrassegnati con le lettere A-H.

Gli scavi sono stati eseguiti in parte con escavatore (quelli del 1990); con impianto di perforazione a largo diametro tutti gli altri.

Quando è stata incontrata acqua in quantità campionabile il foro è stato adattato a pozzo spia mediante l'inserimento di tubi di cemento di diametro 80/100 centimetri, con aperture nel tratto inferiore per consentire il flusso idrico e con coperchio di chiusura, e/o con tubi in PVC 300.

L'ubicazione dei punti campionati e controllati è riportata in TAV. 5.

La profondità massima raggiunta dagli scavi è stata poco più di 10 metri e in Figg. 30-33 si riportano i profili litologici attraversati dagli scavi.

Le profondità raggiunte da ogni scavo sono state decise di volta in volta dal geologo incaricato dell'assistenza, in funzione della litologia attraversata e dalla presenza o meno della falda idrica superficiale.

La presenza dell'inquinante ha richiesto la massima cautela per impedire che si mettesse in comunicazione il sistema superficiale con quello profondo.

Per i dati rilevati riferirsi alla Tab. 6.

L'ubicazione degli scavi eseguiti a partire dal 1992 è stata decisa in base ai risultati analitici delle scarse acque ritrovate nei pozzetti eseguiti nel 1990 all'interno dello stabilimento INFA. Le analisi di allora hanno mostrato che nel pozzetto 2 l'acqua campionata al tetto della lente argillosa presentava le concentrazioni più elevate in solventi clorurati; ed era anche l'unico punto anomalo in un quadro entro i limiti.

Tabella 6 - Sintesi dei dati relativi agli scavi realizzati nell'area di studio

Scavo		Data di realizzazione	Profondità	Quota terreno	Presenza d'acqua
(n° progressivo)	(n° d'ordine)		(m, dal p.c.)	(m, s.l.m.)	(m, dal p.c.)
Sondaggio INFA		Settembre '87	31,00	152,90	9,00
1	1	Marzo '90	9,00	152,94	2,50
2	2	Marzo '90	7,10	152,98	7,00
3	3	Marzo '90	7,80	153,20	-
4	4	Marzo '90	8,50	153,00	-
5	5	Marzo '90	8,70	152,93	8,50
6	6	Marzo '90	8,50	152,95	-
7	7	Marzo '90	9,30	153,07	-
8	8	Marzo '90	10,10	153,40	10,00
9	9	Marzo '90	7,20	152,95	6,80
10	10	Marzo '90	6,50	152,98	6,30
11	11	Marzo '90	8,30	152,84	-
12	12	Marzo '90	7,30	152,88	-
13	13	Marzo '90	7,90	152,99	7,60
14 - 15	1/92 - 1 bis/92	Ott.-Nov. '92	7,00	150,20	3,50
16	2/92	Ott.-Nov. '92	6,50	149,30	-
17	3/92	Ott.-Nov. '92	6,50	148,90	6,10
18	4/92	Ott.-Nov. '92	7,00	148,82	-
19	5/92	Ott.-Nov. '92	6,50	150,22	6,00
20	6/92	Ott.-Nov. '92	7,30	149,91	-
21	7/92	Ott.-Nov. '92	7,00	150,25	6,80
22	8/92	Ott.-Nov. '92	7,00	150,21	-
23	9/92	Ott.-Nov. '92	7,00	150,35	6,80
24	10/92	Ott.-Nov. '92	7,00	150,56	-
25	11/92	Ott.-Nov. '92	7,00	150,63	4,10
26	A	Giu. - Ago. '97	7,15	150,76	7,02
27 - 28	B/B'	Giu. - Ago. '97	7,04	150,83	6,80
29	C	Giu. - Ago. '97	7,18	150,95	6,70
30	D	Giu. - Ago. '97	7,02	151,10	7,02
31	E	Giu. - Ago. '97	7,50	153,87	6,90
32	F	Giu. - Ago. '97	6,00	153,90	-
33	G	Giu. - Ago. '97	7,20	153,85	7,00
34	H	Giu. - Ago. '97	8,00	153,90	7,50

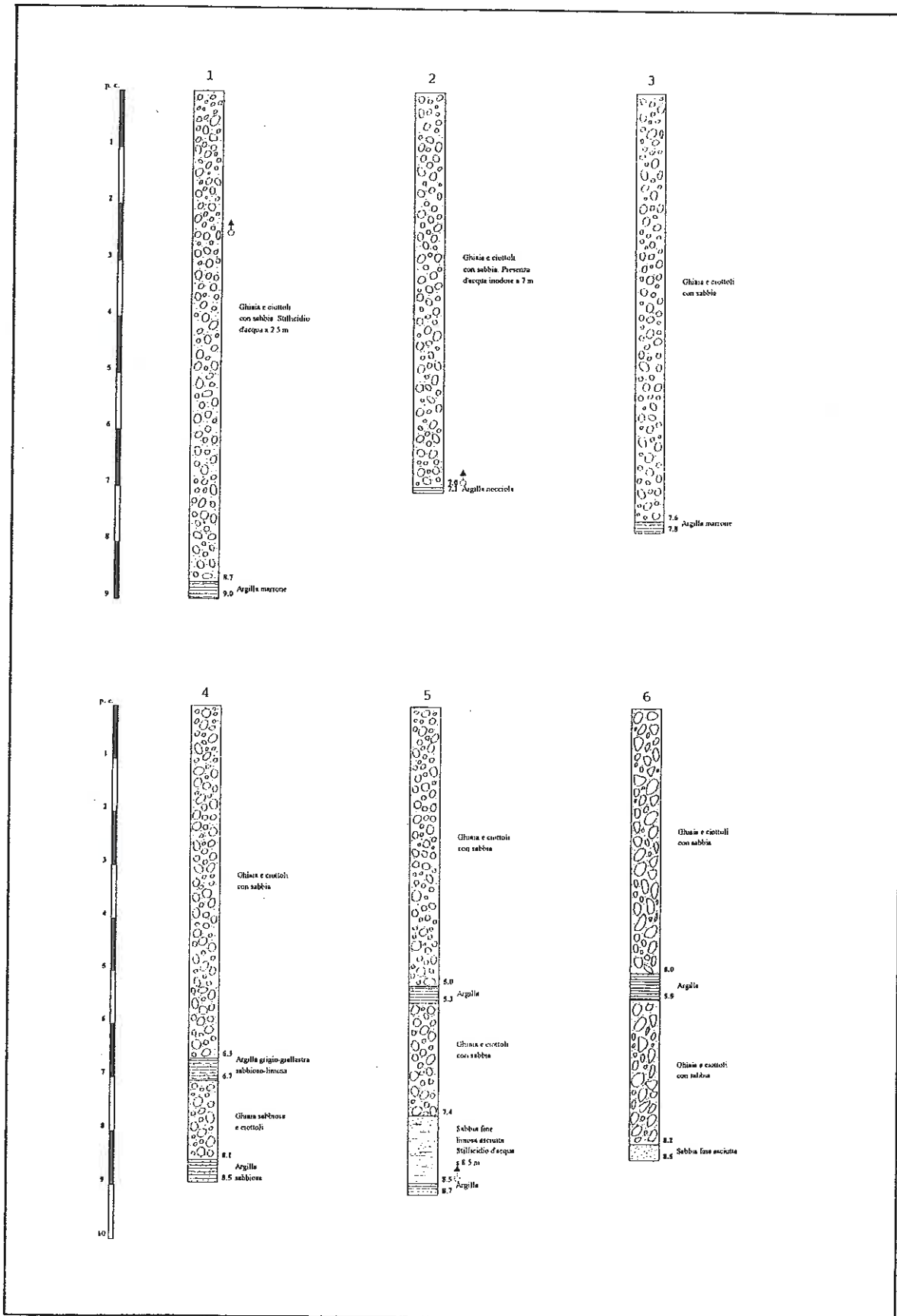


Fig. 30 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1990)

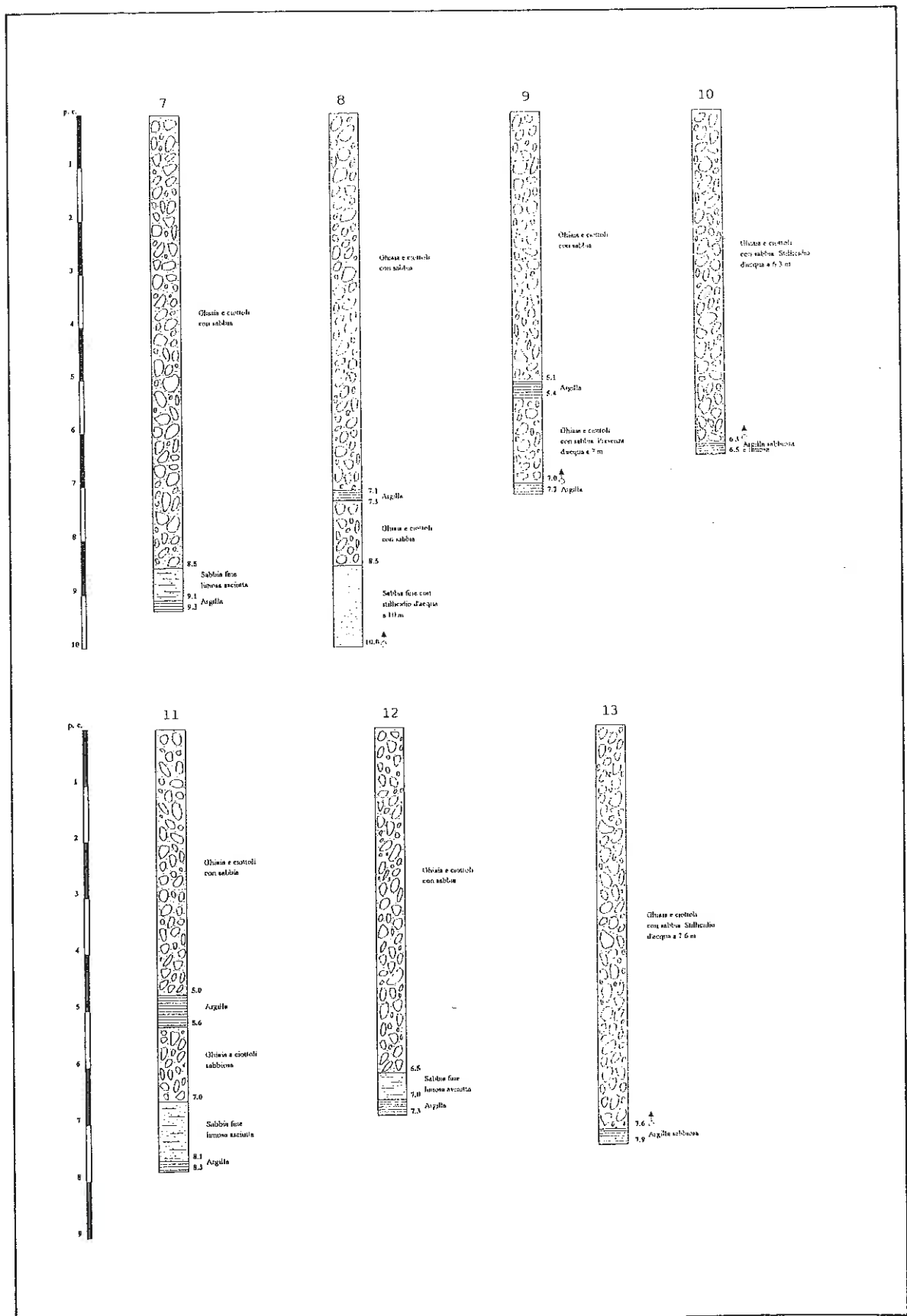


Fig. 31 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1990)

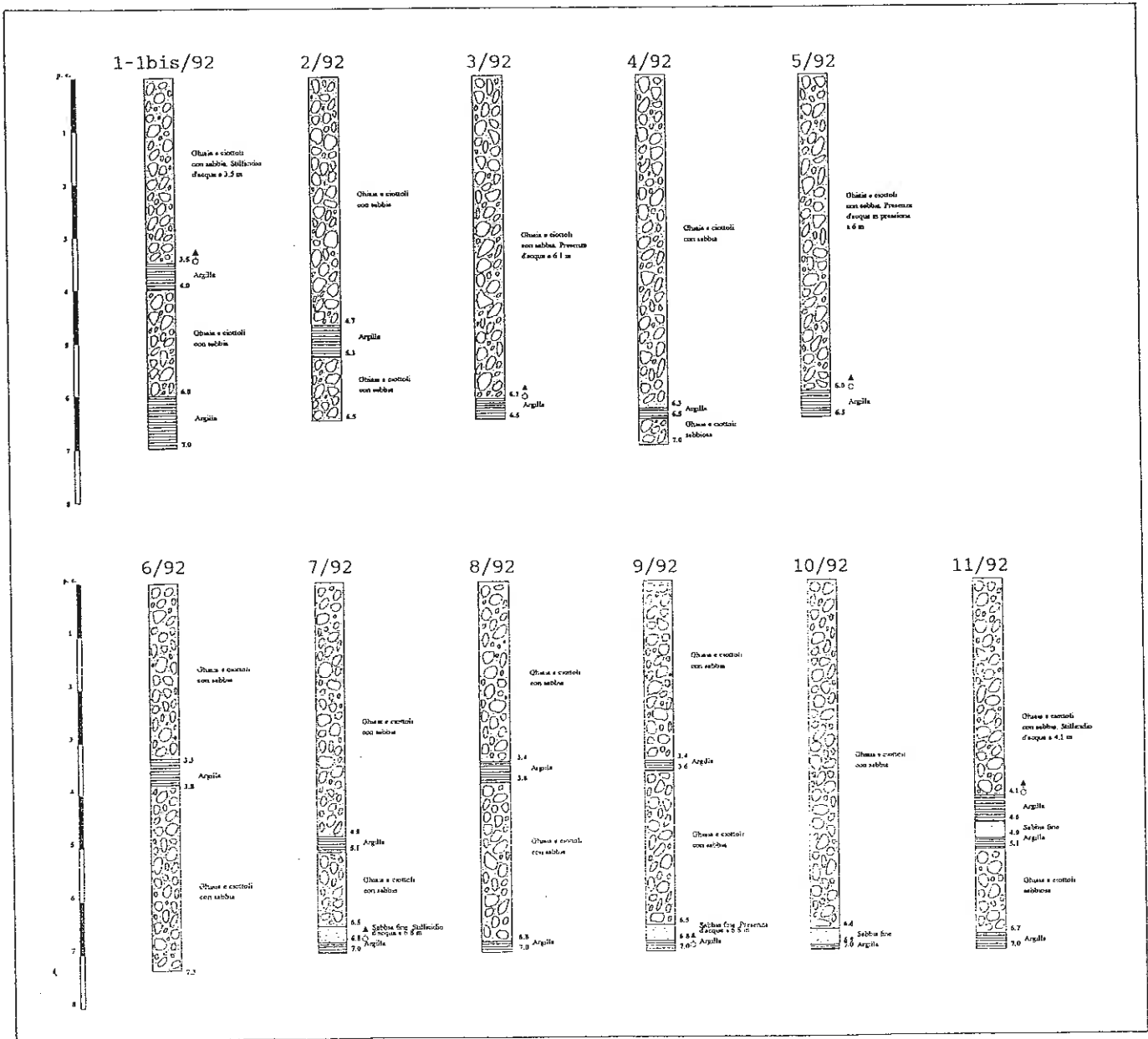


Fig. 32 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1992)

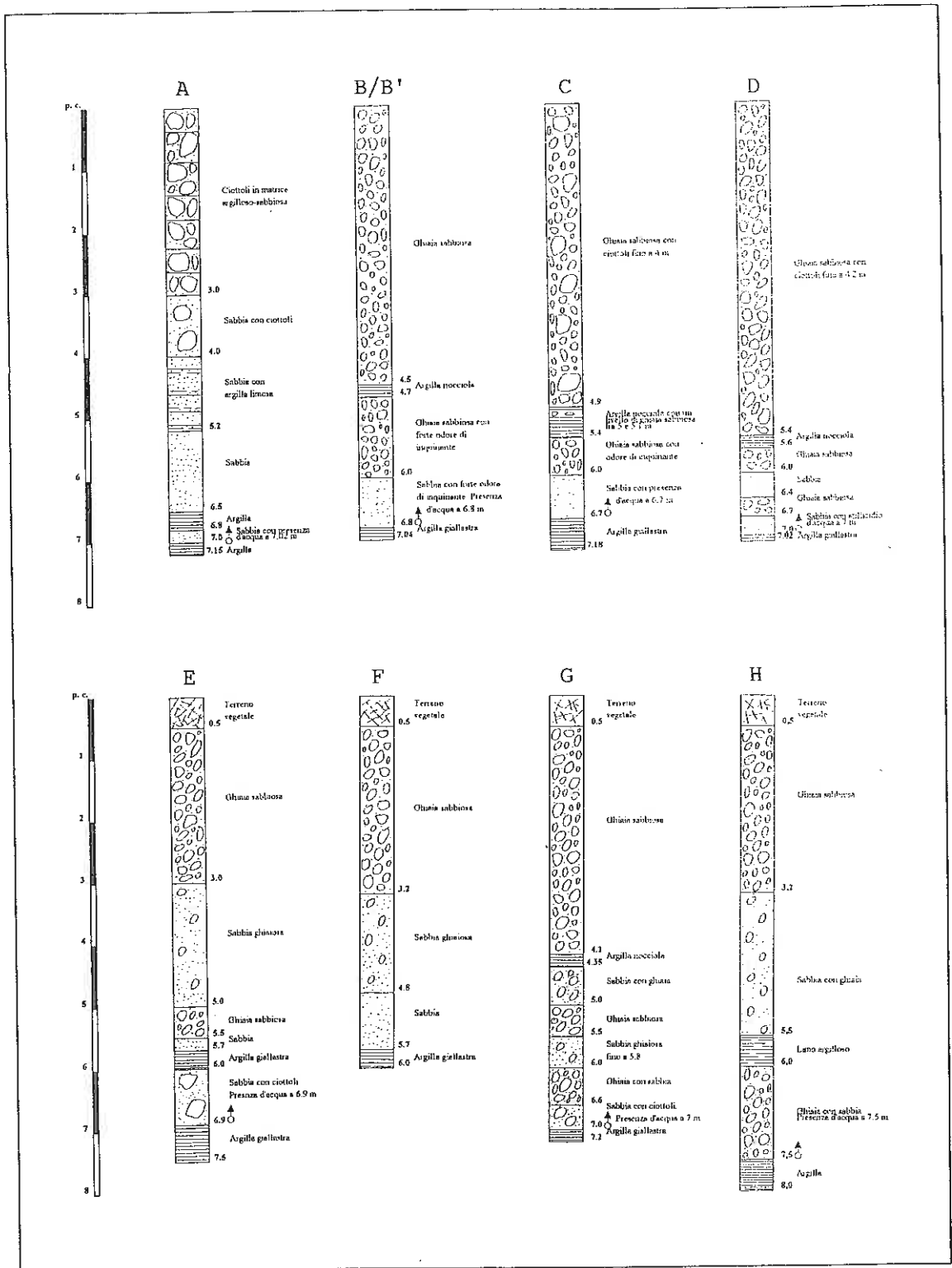


Fig. 33 - Area INFA. Litologia degli scavi superficiali (Campagna 1997)

Correlando questo punto (pozzetto 2) col sito S più a nord, dove il sondaggio eseguito nel 1987 nell'area sottostante il serbatoio dei solventi aveva mostrato elevate concentrazioni dei solventi stessi sia nel terreno che nell'acqua circolante in corrispondenza della lente argillosa, si è localizzata la fascia più probabile entro la quale si poteva ragionevolmente supporre che avvenisse la circolazione inquinata nel suo percorso verso sud.

Seguendo questa ipotesi è stata realizzata la fila di scavi 1992 trasversale alla direzione di flusso (sezione 3 di Fig. 35) ed ubicata a sud della strada a valle dell'INFA.

A conferma della validità dell'ipotesi di lavoro, nei tre scavi allineati sulla direttrice ricostruita è stata rilevata la debole circolazione idrica al tetto della lente argillosa e con presenza marcata di solventi clorurati.

Seguendo gli stessi criteri sono stati ubicati anche gli scavi successivi, sia a valle dell'INFA che a monte.

In base agli scavi eseguiti e mediante le sezioni di correlazione (Figg. 34-36 e TAV. 6) è stato ricostruito il modello litologico del tratto superficiale di terreno (primi dieci metri) entro il quale ha preso l'avvio la diffusione dei solventi trovati nel terreno sottostante il serbatoio all'interno dell'INFA.

Il modello può essere così commentato:

- il tratto è prevalentemente ghiaioso con matrice sabbiosa, caratterizzato da eterogeneità laterale e verticale tipica dei terreni alluvionali. Anche la permeabilità del terreno e la sua capacità di infiltrazione sono di conseguenza variabili da punto a punto, pur restando nel complesso buone;
- nei primi dieci metri esaminati in dettaglio sono presenti alcune piccole lenti argillose che hanno limitato sviluppo areale. La più estesa e che presenta continuità almeno nell'ambito dell'area di studio è la lente inferiore, il cui tetto è stato incontrato in quasi tutti gli scavi eseguiti.
- questo livello argilloso ha uno spessore di almeno un metro ma, non essendo mai stato attraversato interamente dagli scavi, potrebbe anche risultare maggiore. Nei tre sondaggi SA,SB,SC perforati poco più a valle, un equivalente livello a matrice argillosa presenta uno spessore di 3-4 metri;
- il tetto dell'intercalazione argillosa ha una componente di pendenza verso sud ed essendo impermeabile favorisce un flusso di circolazione idrica in questa direzione.

In questo tratto superficiale, nel 1987, è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo, ubicato nel sito del deposito dei solventi clorurati presso la ditta INFA (sito S nella pianta di TAV. 5). Esso ha raggiunto la profondità di 31 metri ed ha incontrato un livello di argilla compatta tra 7.60 ed 8.20 m. con circolazione idrica collegata.

Sotto il profilo idrogeologico questo tratto superficiale presenta buona permeabilità e buona capacità di infiltrazione dalla superficie; esso risulta alimentato dalle piogge e dalle percolazioni delle irrigazioni praticate su parti del territorio a monte della zona industriale di Aviano.

L'acqua di infiltrazione alimenta direttamente la falda freatica presente in tutta la pianura del pordenonese e che, nella zona in esame, ha il tetto a profondità di circa cento metri dal piano campagna.

In linea teorica l'acqua potrebbe raggiungere la falda secondo il percorso più breve, cioè sulla verticale. In pratica il percorso reale è condizionato da più fattori quali la disomogeneità litologica che si traduce in una permeabilità variabile da punto a punto; ciò provoca percorsi preferenziali legati alla geometria delle lenti più permeabili fino al caso della presenza di lenti argillose a permeabilità molto bassa al cui tetto si instaura una circolazione suborizzontale legata essenzialmente proprio alla geometria della superficie superiore della lente argillosa.

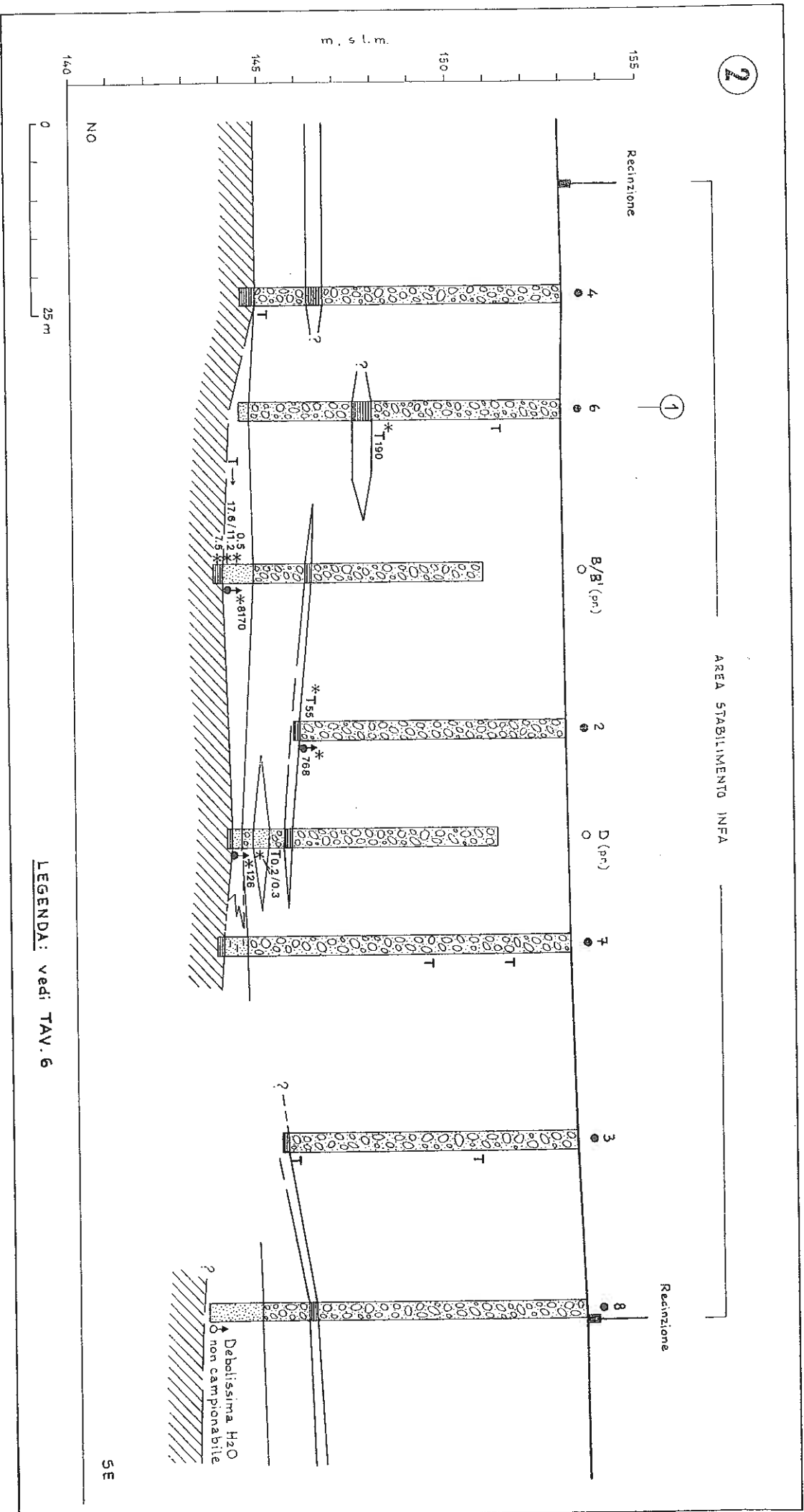


Fig. 34 - Area INFA. Sezione 2

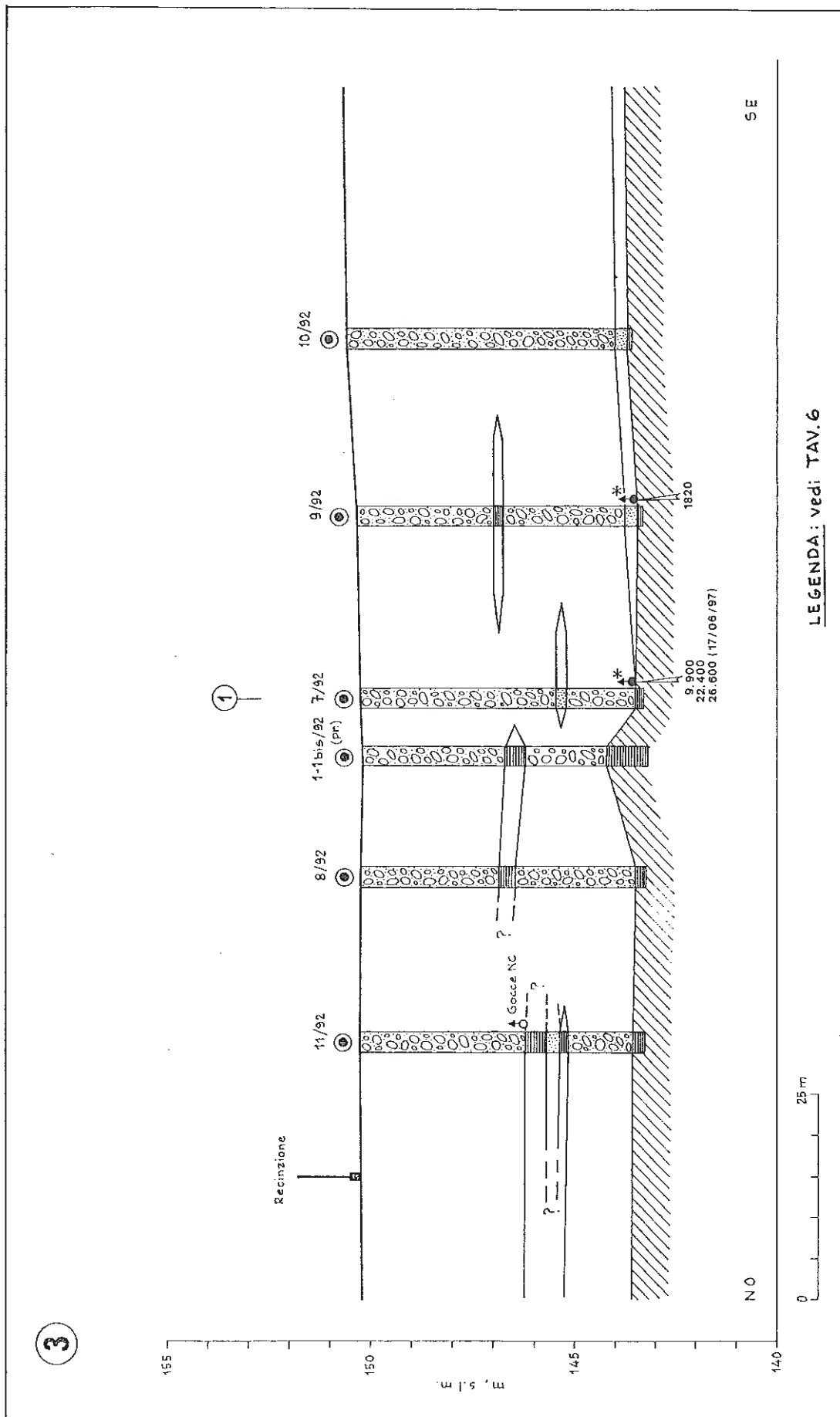
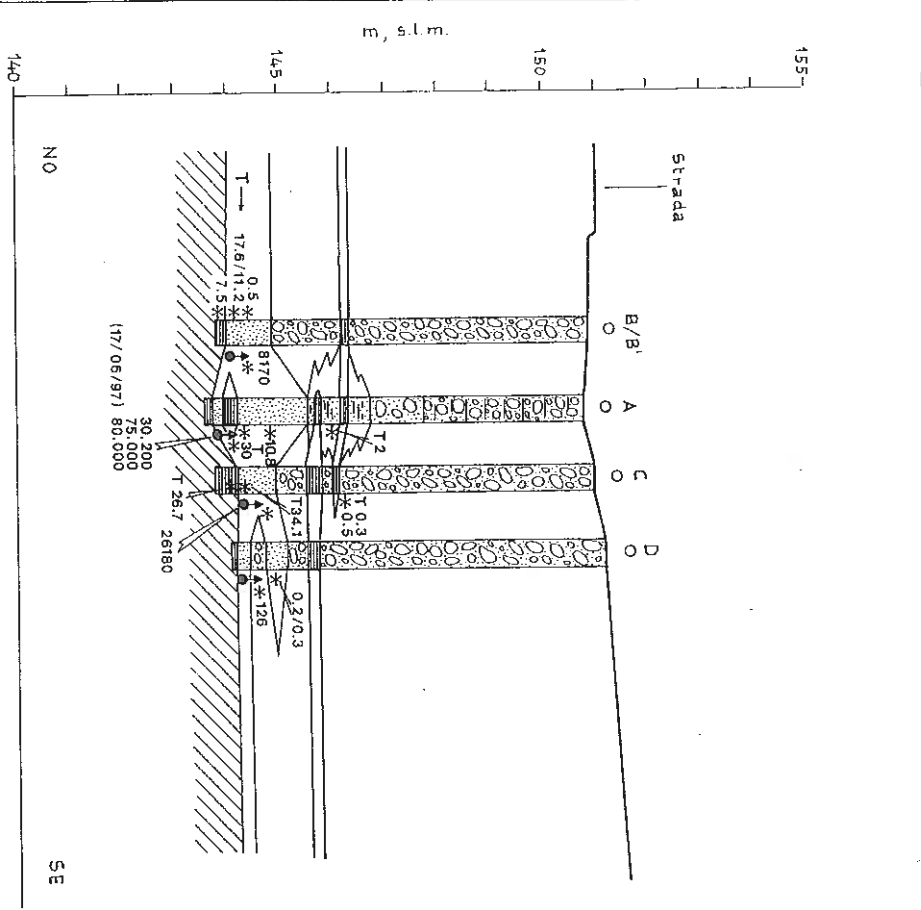
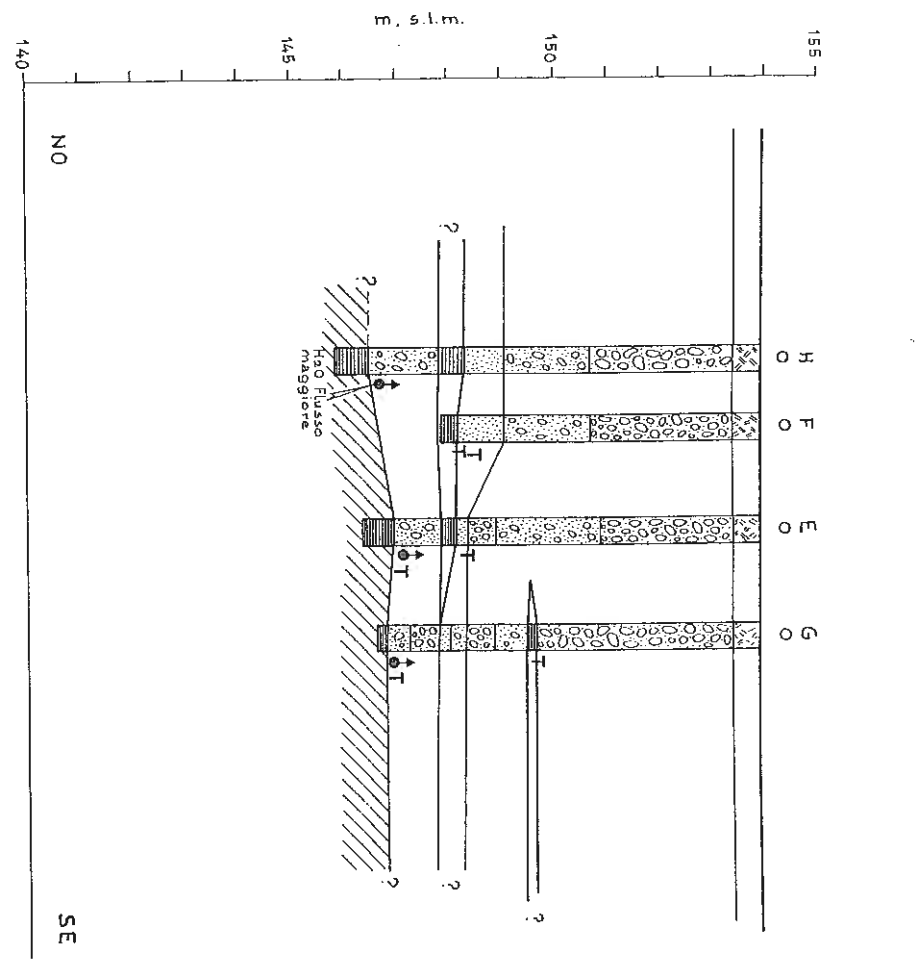


Fig. 35 - Area INFA. Sezione 3

4



5



LEGENDA: vedi TAV. 6

Fig. 36 - Area INFA. Sezioni 4 - 5

Lo studio della dinamica e della diffusione nel non saturo di un fluido inquinante deve tenere conto di entrambe le possibilità: infatti, anche se il corpo liquido finale sarà la falda freatica il percorso sotterraneo del fluido nel non saturo sarà condizionato dai fattori sopra ricordati e non seguirà quasi mai la discesa verticale.

Ecco quindi che localmente, al tetto delle lenticelle argillose presenti anche nei primi dieci metri di terreno studiato, e meglio ancora quando esse sono sufficientemente continue, si può instaurare una circolazione idrica che segue preferenzialmente i tratti più depressi della superficie del livello argilloso e/o i settori ghiaioso-sabbiosi basali a granulometria migliore.

Il risultato pertanto è una circolazione non laminare, estremamente discontinua e, soprattutto nei periodi siccitosi, scarsamente alimentata, che si risolve in una disseminazione di rivoli sotterranei difficilmente localizzabili e di portata estremamente bassa.

Questa condizione è stata dimostrata dagli esperimenti eseguiti sulla rete degli scavi. Essi sono consistiti in prove di svuotamento dei due scavi tra quelli attrezzati a pozzetto ispezionabile ed in prove di diffusione di salamoia per tentare di ricostruire la circolazione sotterranea superficiale.

Le PROVE DI SVUOTAMENTO con misura del recupero di livello a volume noto sono state eseguite in due momenti diversi sui due pozzetti attrezzati 7/92 ed A, ubicati a valle dell'INFA e dove sono state evidenziate le circolazioni idriche più consistenti ed i tenori di solvente più elevati.

Il giorno 8.7.97 nello scavo 7/92, svuotato mediante pompa e col livello statico del fluido a -6.30 metri dal piano campagna, è stata eseguita la prova di recupero (Fig. 37) che ha consentito di misurare una portata di 0.52 mc/giorno.

Il giorno 11.9.97 nello scavo A, ubicato immediatamente a ridosso della recinzione sud INFA, è stata eseguita analoga prova partendo da un livello statico del fluido a quota -6.49 metri dal piano campagna.

Il calcolo dopo recupero (Fig. 38) ha dato una portata di 0.22 mc/giorno.

In merito alla PROVA DI DIFFUSIONE si è operato come segue:

- sono stati eseguiti tre scavi nelle ghiaie superficiali, molto vicini tra di loro, ubicati a monte del vecchio sondaggio 1987 (TAV. 5), profondi circa un metro, da utilizzare come punto di immissione di acqua e di salamoia da ricercare più a valle;
- sono stati utilizzati i pozzetti 7/92, 8/92, 9/92 come punti di controllo della eventuale variazione di salinità a valle per effetto dell'immissione della salamoia a monte;
- la prova è iniziata l'8.3.93 con l'immissione di 2 l/s nello scavo 3 di acqua non additivata, proveniente dal pozzo profondo dello stabilimento INFA, ed è continuata fino al 13.3.93 per la taratura del sistema, consistente nella misura dei livelli nel 7/92, il più ricco d'acqua, e negli altri due pozzetti. Nel primo si eseguivano almeno una volta al giorno svuotamenti con pompa per prelevare campioni d'acqua da analizzare per solventi e cloruri;
- dopo una sospensione di 36 ore, l'immissione è ripresa il 15.3 con la stessa portata di 2 l/s ed il giorno 16.3 sono stati aggiunti all'acqua 150 chili di cloruro di sodio e l'immissione è poi continuata con acqua di pozzo fino al 26.3 quando è stata sospesa;
- il 29.3 essa è ripresa nello scavo 2 con una portata di un l/s ed è continuata fino al 7.4 quando l'immissione è cessata;
- nuova ripresa il 17.5 dell'immissione nello scavo 1 con una portata di 1.5 l/s e con versamento nello scavo il 19.5 di 300 kg. di cloruro di sodio;
- la prova termina il 20.5 con chiusura della pompa di immissione nello scavo mentre continuano le misure di cloruri e di solventi nel pozzetto 7/92.

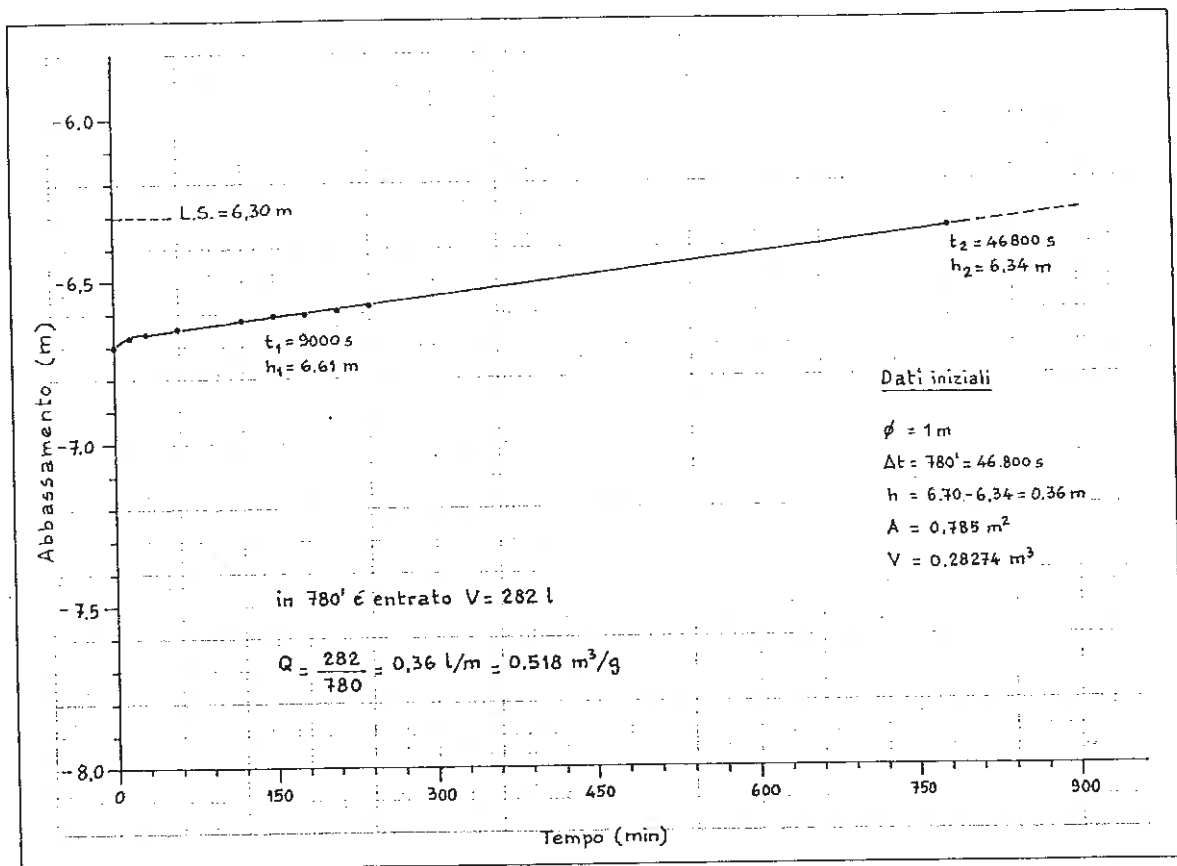


Fig. 37 - Pozzetto 7/92. Prova di svuotamento e recupero (08/07/1997)

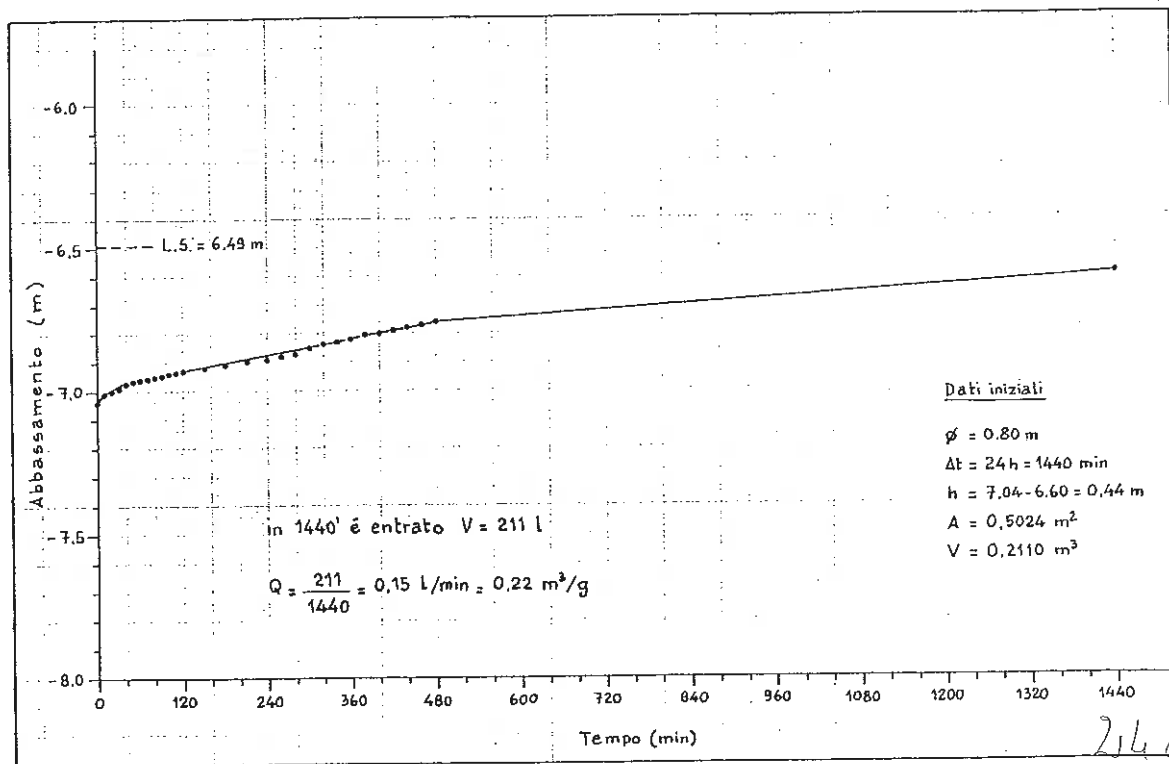


Fig. 38 - Pozzetto A. Prova di svuotamento e recupero (10/09/1997)

Per offrire un quadro d'insieme dei risultati della prova di diffusione e facilitare la comprensione del commento che segue, sono state preparate le TAVV. 7-8-9.

In figura sono stati graficizzati gli andamenti di alcuni parametri nel tempo. Essi sono:

- la piovosità giornaliera in mm;
- i livelli della falda superficiale nei tre pozzetti 7/92, 8/92, 9/92;
- i tenori dei tre solventi inquinanti negli stessi tre pozzetti;
- il tenore in cloruri nel 7/92;
- i volumi di acqua immessi a monte.

Facendo riferimento alle TAVV. 7-8-9 si possono commentare i dati di prova.

Innanzitutto si deve osservare che la prima parte della prova, quella fino al 23.3.93 si può ritenere la più significativa per l'interpretazione dei dati in quanto le condizioni climatologiche (totale assenza di piogge) sono state ottimali, risultando il quadro influenzato solo dalle infiltrazioni locali, peraltro non definibili.

Passando al commento, i punti salienti sono:

LIVELLI NEI POZZETTI: la necessità di continui svuotamenti del pozzetto 7/92 per prelevare campioni di fluido da analizzare ha impedito una chiara interpretazione della risposta dei livelli nei pozzetti; il fatto rilevabile è la maggiore sensibilità alle piogge rispetto all'immissione. Ma ciò si spiega anche con la bassa portata immessa artificialmente e la sua dispersione nel sottosuolo dal sito puntuale di immissione mentre quando piove, anche se per pochi millimetri, la ricarica è uniforme su un'estesa porzione di terreno permeabile e la portata in arrivo ai pozzetti è senza dubbio maggiore.

Ciononostante, nella fase iniziale della prova con immissione nello scavo 3, il livello in 7/92 tende a recuperare dopo i frequenti svuotamenti con pompa, allineandosi sui valori alti. Scende invece di circa 30 cm, nonostante la pioggia del 24.3.93, non appena la portata di immissione cessa nello scavo 3 e non accenna a risalire quando, due giorni dopo, riprende l'immissione nello scavo 2 (ubicato a pochi

metri di distanza dal 3) con portata dimezzata. Questo comportamento dimostra che basta un debole spostamento del punto di immissione perchè l'acqua immessa segua prevalentemente percorsi sotterranei differenti.

Si osservi il comportamento dei due pozzetti contigui: dopo un accenno di risalita in entrambi per effetto della pioggia del 24.3, dal primo aprile in poi, per effetto dell'immissione nello scavo 2 con cambio di portata, l'uno accenna a scendere (9/92) e l'altro a salire. E' chiaro che si tratta di variazioni centimetriche che indicano una tendenza, come è ragionevole attendersi vista la scarsa presenza di acqua nei due pozzetti.

Quando tra il 10 ed il 13 Aprile 1993 piove, bastano 10-30 mm/giorno di pioggia per far risalire quasi contemporaneamente tutti e tre i livelli nei pozzetti.

Viceversa tutti e tre risultano insensibili alla prova di immissione di 1.5 l/s nello scavo 1 del 18-21 Maggio 1993. Anche in questo caso è bastato uno spostamento di pochi metri del punto di immissione per cambiare il percorso sotterraneo.

TENORI DEGLI INQUINANTI: appare chiara la tendenza alla risalita di tutti e tre i parametri all'inizio della prova nello scavo 3 nel pozzetto 7/92.

I tenori al quarto giorno di prova sono raddoppiati o triplicati, tendono a scendere con la sospensione dell'immissione del 14.3 1993 per risalire immediatamente alla ripresa della prova qualche giorno dopo.

Il rapporto stretto tra carico idraulico e tenore di inquinante era già stato rilevato e segnalato come comportamento caratteristico in falda freatica nel rapporto di FASE 1, quando si interpretò il dato come frutto di rotture di legami nelle sostanze adsorbite nei terreni a granulometria più fine, con rilascio dei solventi inquinanti nel circuito liquido.

Lo stesso fenomeno spiega altrettanto ragionevolmente il comportamento rilevato nella falda sospesa superficiale durante le variazioni di carico imposte dall'immissione durante le prove.

Questo comportamento farebbe pensare alla presenza di sostanze inquinanti adsorbite nei

terreni, specialmente quando essi sono fini (sabbie fini, limi, argille).

IMMISSIONI DI SALAMOIA: si è detto che in due momenti diversi all'acqua immessa è stato aggiunto del sale per verificare le eventuali variazioni di cloruri nei tre pozzetti SPIA. L'immissione è avvenuta il 16.3.1993, durante la prova a 2 l/s nello scavo 3, in ragione di 150 chili di cloruro di sodio.

La seconda immissione è avvenuta il 19.5.1993, durante la prova a 1,5 l/s nello scavo 1, in ragione di 300 chili di cloruro di sodio.

Dalle TAVV. 7-8-9 si osserva che l'andamento del tenore nel pozzetto 7/92 sembra indifferente alla variazione di salinità in entrata in entrambe le prove. I valori più alti rilevati nel pozzetto precedentemente ai due momenti dell'immissione rendono inattendibile un possibile rapporto tra entrata e risposta che si leggerebbe con le deboli riprese di salinità registrate dopo ogni prova.

Le prove eseguite nella rete degli scavi superficiali hanno quindi mostrato che esiste la possibilità pratica di procedere ad un intervento di dilavamento del terreno superficiale anche se

la variabilità di permeabilità dei terreni e della morfologia della lente argillosa che sostiene la circolazione locale rende difficile la localizzazione del settore dove operare l'immissione, soprattutto per la deficitaria conoscenza del settore superficiale all'interno dell'INFA.

4.2.2.3 - Quadro analitico

Per una migliore comprensione della situazione di inquinamento delle aree e delle superfici nelle immediate vicinanze dello stabilimento INFA e cioè nella zona compresa tra il pozzo SPIA 7 (altamente inquinato) e i pozzi SPIA 8 e 9 (totalmente esenti da inquinamento), si devono ricordare i risultati delle indagini condotte nel 1987 su disposizioni della magistratura e comunque già oggetto di rapporto alle autorità competenti.

Nel Luglio 1987 personale ispettivo della USL ha tra l'altro prelevato dei campioni di terreno nell'area dello stoccaggio dei SOLVENTI CLORURATI all'interno dello stabilimento (punto indicato con S - sondaggio - nella planimetria TAV. 5) con i seguenti esiti:

1,1,1, TRICLOROETANO TETRACLOROETILENE

- CAMP. NRG 3857/87 (Prof. 0,7 m)	0,3 g/Kg	3,84 g/Kg
- CAMP. NRG 3868/87 (Prof. 2,0 m)	1,34 g/Kg	12 g/Kg

Nella stessa area in data 1, 2 e 3 Settembre 1987 con perforazione a secco si è provveduto a carotare il terreno da 0 a 31 metri dal piano campagna prelevando nel contempo campioni del terreno per ogni metro di profondità per un

totale di 32 campioni.

L'analisi ha evidenziato una forte presenza di SOLVENTI CLORURATI presenti nel terreno alle seguenti profondità:

1,1,1, TRICLOROETANO TETRACLOROETILENE

- CAMP. NRG 4419/87 (prof. 5-6 m)	<50 µg/Kg	0,005 g/Kg
- CAMP. NRG 4420/87 (prof. 6-7 m)	-	2,7 g/Kg
- CAMP. NRG 4421/87 (prof. 7-7,6 m)	-	6,3 g/Kg

Alla profondità di 9 metri si è ritrovata una presenza di acqua sostenuta da un orizzonte di argilla che è risultata anche molto inquinata:

- CAMP. NRG 4424/87 2.250 µg/l Tricloroetano 180.000 µg/l Tetracloroetilene.

Al di sotto della faldina e del relativo strato di argilla a 9 metri di profondità, le analisi hanno dato praticamente ESITO NEGATIVO per la ricerca dei SOLVENTI CLORURATI.

Alla luce di quanto sopra riportato si può segnalare che l'indagine ha evidenziato nel terreno dell'area di stoccaggio una pesantissima situazione di inquinamento da SOLVENTI CLORURATI.

A titolo di confronto si riportano le concentrazioni di TETRACLOROETILENE che fanno scattare la necessità di bonifica per un terreno contaminato, secondo una tabella allegata alla delibera 20/4/1993 N. 167 della Regione Toscana "PIANO DI BONIFICA DI AREE INQUINATE DELLA REGIONE TOSCANA":

- Suolo Agricolo
mg/Kg 0,1 di terreno secco
- Suolo Residenziale
mg/Kg 5 di terreno secco
- Suolo Industriale
mg/Kg 14 di terreno secco

significando quindi che i valori riscontrati nel terreno INFA sono fino a diverse centinaia di volte più inquinati di quelli che devono essere soggetti a bonifica secondo la norma sopra ricordata.

Vi è inoltre un altro aspetto non secondario a considerare riguardante la presenza dei singoli SOLVENTI CLORURATI nei due siti sottostanti l'area di deposito campionati ed esaminati.

Nei prelievi del Luglio 1987 vi è presenza contemporanea, a 2 metri di profondità, appena sotto i serbatoi dei due solventi in stoccaggio presso l'INFA e precisamente 1,1,1 Tricloroetano e Tetracloroetilene.

Al contrario negli scavi del Settembre 1987 nella stessa zona ma in un sito differente appena più discosto dai serbatoi e soprattutto a profondità maggiori con sotto una lente di argilla impermeabile e in presenza di acqua, è stata rinvenuta concentrazione molto elevata di Tetracloroetilene mentre il 1,1,1 Tricloroetano è su livelli nel campione d'acqua, dove è risultato misurabile, molto meno significativi in rapporto alla presenza del Tetracloroetilene.

Al proposito si ricorda, come già riferito in altra parte della relazione, che in falda, nel pozzo SPIA più vicino alla fonte dell'inquinamento, la presenza dominante è quella del Tetracloroetilene con concentrazioni di 1,1,1 Tricloroetano e di Tricloroetilene molto più basse e quasi trascurabili in rapporto al solvente che appare quasi l'unico agente dell'inquinamento.

In buona sostanza si ritiene che nel caso dello scavo superficiale fermatosi a 2 metri del Luglio 1987 si sia stati in presenza di un fatto limitato e riconducibile a sversamenti puntuali derivanti da ambedue i serbatoi dei solventi presenti nell'area.

La situazione registrata negli scavi del Settembre 1987 con predominanza assoluta del Tetracloroetilene risulta invece più immediatamente comparabile con quella rinvenuta nei pozzi SPIA della falda profonda più vicini.

Infatti il valore medio del rapporto Tetracloroetilene/1,1,1 Tricloroetano nel pozzo SPIA 7 nel mese di Ottobre 1987 risulta di 58,9, significativamente vicino a quello riscontrato nel campione d'acqua della faldina a 9 metri di profondità che è risultato di 80.

La fase successiva delle indagini che ha riguardato gli strati superficiali del suolo all'interno della recinzione dello stabilimento è stata effettuata su iniziativa della Ditta INFA in collaborazione con la USL n. 11 per quanto ha riguardato campionamenti e analisi.

I punti esaminati sono riportati nella planimetria di TAV. 5 e per ciascuno di essi si è provveduto a effettuare uno scavo secondo il dettaglio di posizione e profondità riportato nelle Figg. 30-33 e nelle sezioni di Figg. 34-36 e TAV. 6.

Tutti i campioni di terreno prelevati alla massima profondità dei fori praticati (variabile dai cinque metri del punto 6 ai dieci metri del punto 8) hanno dato ESITO NEGATIVO per la presenza di solventi clorurati con la eccezione dei punti 2,5 e 6 risultati invece positivi per la presenza di Tetracloroetilene (PCE). Le concentrazioni rilevate (rispettivamente 55, 45 e 190 µg/Kg) sono decisamente modeste, tuttavia è significativa la collocazione delle posizioni ubicate sul fronte di scorrimento della falda a valle della zona di stoccaggio dei solventi INFA.

Contemporaneamente al prelievo dei campioni di terreno, dove è stato possibile, si è provveduto al campionamento di acqua dal fondo dei fori nei punti 2 e 9.

Mentre il campione di acqua di cui al punto 9 è risultato esente da inquinamento l'acqua prelevata nel punto 2 a sette metri di profondità, ha evidenziato presenza di Tetracloroetilene (768 µg/l) in concentrazione significativa .

Anche in questo caso la presenza di 1,1,1 Tricloroetano è risultata a livello di tracce confermando la assoluta predominanza dell'inquinante Tetracloroetilene (PCE) già richiamata dall'esame dell'acqua del pozzo SPIA 7 e del materiale che impregnava il terreno a livello della faldina sospesa a 9 metri di profondità nella zona di stoccaggio dei solventi dell'INFA.

Tutti i dati analitici relativi a questa parte di indagine realizzata nel Marzo 1990 su 13 pozzi all'interno della Ditta INFA sono raccolti in Tab. 7. Nell'autunno 1992 si è proceduto a una ulteriore serie di scavi nei terreni a valle dello

stabilimento, così come illustrato nella planimetria di TAV. 5, a profondità comprese tra un minimo di 6,5 metri e un massimo di 7,3 metri, per un totale di dodici punti.

In particolare si è proceduto al campionamento di acqua negli scavi più vicini (20 metri a valle) e paralleli alla recinzione sud dello stabilimento, identificati con le sigle 7/92 (pozzo in cemento di sette metri di profondità), 8/92 (pozzo in PVC 10 m a nord del pozzo in cemento della profondità di sette metri) e 9/92 (pozzo in PVC 10 m a sud del pozzo in cemento della profondità di sette metri).

I risultati analitici sono riportati in Tab. 8.

Il punto di gran lunga più inquinato è il pozzo in cemento di sigla 7/92 dove i valori di Tetracloroetilene (PCE) variano molto fino a concentrazioni massime di quasi 70.000 µg/L riscontrate nell'Aprile 1993 in coincidenza con delle prove di lisciviazione eseguite mediante introduzione di acqua pulita nella zona a monte dello stoccaggio dei solventi INFA. In ogni caso anche gli ultimi dati del Luglio 1997 corrispondono ad alcune decine di migliaia di µg/l.

I risultati riportati in Tab. 8 per questo pozzo fanno riferimento a campioni dell'acqua prelevati con la pompa sommersa dopo aver prima provveduto alla completa svuotatura dell'acqua preesistente e averne lasciato risalire il livello, avendo constatato che l'acqua non rinnovata aveva solitamente valori anche molto inferiori a quelli ottenuti dopo la svuotatura e il prelievo dell'acqua di nuova affluenza.

Tab. 7 - Dati analitici negli scavi 1990

SCAVI INTERNO Stabilimento

IN. FA. Spa - AVIANO

Campioni terreno

Anno 1990

R. G. n°	Data prelievo	Punto scavo	Prof. m	PCE $\mu\text{g}/\text{kg}$	TCE $\mu\text{g}/\text{kg}$	1.1.1. Tricloroetano $\mu\text{g}/\text{kg}$
1175	21/03/90	2	7.00	55	< 20	< 20
1176	21/03/90	3	7.60	< 20	< 20	< 20
1186	21/03/90	1	9.00	< 20	< 20	< 20
1189	21/03/90	4	8.10	< 20	< 20	< 20
1190	22/03/90	10	6.30	< 20	< 20	< 20
1191	22/03/90	13	7.60	< 20	< 20	< 20
1192	22/03/90	12	6.60	< 20	< 20	< 20
1248	27/03/90	9	6.80	< 20	< 20	< 20
1249	27/03/90	6	5.00	190	< 20	< 20
1250	27/03/90	5	8.50	45	< 20	< 20
1270	27/03/90	11	7.20	< 20	< 20	< 20
1271	27/03/90	8	10.00	< 20	< 20	< 20
1272	27/03/90	7	9.10	< 20	< 20	< 20

Campioni acqua nello scavo

R. G. n°	Data prelievo	Punto scavo	Prof. m	PCE $\mu\text{g}/\text{l}$	TCE $\mu\text{g}/\text{l}$	1.1.1. Tricloroetano $\mu\text{g}/\text{l}$
1174	21/03/90	2	7.00	768	25	6
1251	27/03/90	9	< 2	< 2	< 2	< 2

Tab. 8 - Dati analitici negli scavi 1992

POZZI SPIA

Comune di AVIANO

Pozzo in cemento 7/92

GELCARNI

R. G. n°	Data prelievo	PCE µg/l	TCE µg/l	1,1,1. Tricloroetano µg/l
3453/92	01/12/92	25300	< 2	17
3583/92	15/12/92	4861	27	< 2
3626/92	22/12/92	4608	62	< 2
105/93	19/01/93	22400	510	20
1117/93	14/04/93	69100	487	29
1206/93	20/04/93	58700	424	23
1292/93	26/04/93	51800	436	18
1471/93	05/05/93	38800	243	20
1931/93	01/06/93	37000	-	-
1989/93	07/06/93	46464	-	-
2478/93	19/07/93	34560	411	18
2836/93	25/08/93	21310	495	15
2534/94	11/10/94	10960	127	6
1377/95	13/06/95	13670	138	7
554/96	29/02/96	21800	106	2
76/97	14/01/97	20200	101	9
1864/97	17/06/97	26000	172	-
2085/97	08/07/97	34000	244	< 50

Scavo 5/92

R. G. n°	Data prelievo	PCE µg/l	TCE µg/l	1,1,1. Tricloroetano µg/l
3198/92	05/11/92	525	8	< 2

Pozzo in PVC 8/92

R. G. n°	Data prelievo	PCE µg/l	TCE µg/l	1,1,1. Tricloroetano µg/l
3582/92	15/12/92	893	4	< 2
3625/92	22/12/92	570	5	< 2
77/97	14/01/97	570	2	< 2

Pozzo in PVC 9/92

R. G. n°	Data prelievo	PCE µg/l	TCE µg/l	1,1,1. Tricloroetano µg/l
3584/92	15/12/92	12	< 2	< 2
3627/92	22/12/92	30	5	< 2
1083/93	14/04/93	76	8	< 2
78/97	14/01/97	24	2	< 2

Molto diversa è la situazione di inquinamento riscontrata nei due pozzi in PVC pure a poca distanza (circa 10 metri) rispettivamente a nord (8/92 e a sud del pozzo in cemento (9/92) dove le analisi evidenziano concentrazioni inferiori ai 1000 µg/l nel pozzo 8/92 e addirittura a livello di tracce nel pozzo 9/92 a significare, come sopra ricordato, che la zona di passaggio dell'inquinante è ristretta e focalizzata nella direttrice che unisce questo scavo 7/92 con il pozzo SPIA 7 situato 200 metri a valle.

Anche nei campioni di acqua rilevati dal pozzo 7/92 la presenza predominante è del Tetracloroetilene (PCE) rimanendo a livelli di tracce il 1,1,1 Tricloroetano così come evidenziato più a monte nella faldina sospesa nella zona di stoccaggio solventi INFA e nel campione di acqua prelevato dallo scavo 2 effettuato nel 1990 all'interno della recinzione INFA e naturalmente più a valle anche nella falda freatica alla profondità di 120 metri del pozzo SPIA 7.

Infine nell'estate 1997 si è provveduto all'ultima campagna di scavi immediatamente a monte e a valle della recinzione dello stabilimento INFA così come illustrato nella planimetria di TAV. 5 dove i nove scavi sono indicati con le lettere A ed H risultando doppio lo scavo effettuato nel punto B.

Gli scavi possono essere così descritti:

- **POZZO A**
In cemento, 20 metri a monte rispetto al precedente pozzo in cemento con sigla 7/92
- **POZZO B-B1**
In PVC 7,5 metri a Dx, nella direzione di flusso della falda, del POZZO A
- **POZZO C**
In PVC 6 metri a Sx, nella direzione di flusso della falda, del POZZO A
- **POZZO D**
In PVC 13 metri a Sx, nella direzione di flusso della falda, del POZZO A

- **POZZI E,F,G,H**

Sono stati terebrati immediatamente a monte dello stabilimento e paralleli con la recinzione nord.

In Tab. 9 vengono riassunti i dati analitici relativi ai campioni di terreno e di acqua prelevati nel corso delle operazioni.

L'esame dei risultati evidenzia uno stato di inquinamento di terreni prelevati durante lo scavo dei POZZI A, B e C con le concentrazioni più elevate in corrispondenza dell'orizzonte di argilla alla profondità di 6/7 metri dal piano campagna.

Il POZZO D, il più lontano della linea di maggior concentrazione, presenta solo tracce di Tetracloroetilene.

I campioni di acqua prelevati dal fondo degli scavi evidenziano abbondante presenza di solventi clorurati negli stessi POZZI A, B e C con le concentrazioni nettamente più elevate nel POZZO A dove si raggiungono livelli di PCE di 80.000 µg/l, che risulta il valore più elevato mai riscontrato nei campioni di acqua sotterranea all'esterno dello stabilimento durante le presenti indagini. Come segnalato in altra parte della relazione, le portate di acqua di questa faldina sospesa sono molto basse.

Anche nel POZZO C (6 metri a Sx del POZZO A) si raggiungono concentrazioni elevate e superiori a quelle del pozzo B - B1. Di molto inferiori nel pozzo D.

Anche in questo caso, come negli altri siti di acqua, inquinati a monte e a valle e soprattutto nel flusso della falda freatica profonda, la presenza predominante è quella del Tetracloroetilene (PCE) con presenza trascurabile degli altri solventi clorurati.

Assenza completa di solventi clorurati nei campioni di terreno e di acqua (dove rinvenuta) nei POZZI E, F, G e H scavati a monte dell'INFA.

Tab. 9 - Dati analitici negli scavi 1997

SCAVI PERIMETRO
Campioni terreno

Stabilimento IN.F.A. Spa AVIANO
Anno 1997

R. G. n°	Data prelievo	Punto scavo	Prof. m	PCE µg/kg	TCE µg/kg
1829	16/06/97	Pozzo A	4.8	2000	-
1830	16/06/97	Pozzo A	6.0	10800	-
2330	29/07/97	Pozzo B - B1	6.5	500	< 50
2331	29/07/97	Pozzo B - B1	7.0	17600	< 50
2332	29/07/97	Pozzo B - B1	7.0	11200	< 50
2333	29/07/97	Pozzo B - B1	7.1	7500	< 50
2350	30/07/97	Pozzo C	5.1	300	< 50
2351	30/07/97	Pozzo C	5.1	500	< 50
2352	30/07/97	Pozzo C	6.9	34100	60
2353	30/07/97	Pozzo C	7.0	26700	< 50
2356	30/07/97	Pozzo D	6.5	200	< 50
2357	30/07/97	Pozzo D	7.0	300	< 50
2450	06/08/97	Pozzo E	5.7	< 50	< 50
2451	06/08/97	Pozzo E	6.9	< 50	< 50
2452	06/08/97	Pozzo F	5.7	< 50	< 50
2453	06/08/97	Pozzo F	6.0	< 50	< 50
2454	06/08/97	Pozzo G	4.2	< 50	< 50
2455	06/08/97	Pozzo G	7.2	< 50	< 50
2565	29/08/97	Pozzo H	5.5	< 50	< 50
2566	29/08/97	Pozzo H	7.5	< 50	< 50

Campioni acqua nello scavo

R. G. n°	Data prelievo	Punto scavo	Prof. m	PCE µg/l	TCE µg/l
1831	16/06/97	Pozzo A	6.4	30200	-
1865	17/06/97	Pozzo A	6.4	75000	194
1866	17/06/97	Pozzo A	6.4	80000	236 (*)
2334	29/07/97	Pozzo B - B1	7.1	1830	10
2335	29/07/97	Pozzo B - B1	7.1	8170	10 (*)
2339	29/07/97	Pozzo B - B1	7.1	5640	6
2354	30/07/97	Pozzo C	7.0	26180	88
2358	30/07/97	Pozzo D	7.0	126	< 5
2454	06/08/97	Pozzo E	6.9	< 5	< 5
2456	06/08/97	Pozzo G	7.2	< 5	< 5

(*) dopo svuotamento

In merito all'evoluzione nel tempo del tenore dei solventi nel settore superficiale si può fare riferimento alla Fig. 39 che riporta i risultati analitici misurati nel pozzo di controllo 7/92 ed alle sezioni di Figg. 34-36 e TAV. 6 che danno una chiara idea della geometria che controlla la circolazione della falda sospesa.

Dalla citata figura si può desumere una tendenza verso un calo del solvente PCE nel tempo, almeno nel pozzo 7/92. I più alti tenori misurati nello scavo A del 1997 non si possono infatti correlare con quelli del 7/92 perchè si è già detto che bastano pochi metri di spostamento laterale per intercettare un filetto di flusso diverso (Fig. 36) ciò significa che negli anni passati il tenore di PCE del filetto passante per il pozzetto A sarebbe potuto risultare più inquinato rispetto al dato odierno.

Come si discuterà nel capitolo conclusivo, la scarsità dei dati non consente quindi di trarre sicuri orientamenti sull'evoluzione dell'inquinante nel tempo; almeno per quanto si riferisce al settore superficiale nella ristretta area dell'INFA.

4.3 - Conclusioni di FASE 2 - Linee generali di intervento

4.3.1 - Il quadro conoscitivo al 1997

Al termine della seconda fase delle indagini i dati aggiornati indicano che a distanza di dieci anni dalla sua prima evidenza il fenomeno d'inquinamento è tuttora in atto con una tendenza evolutiva verso un miglioramento dei parametri sia in senso quantitativo che di estensione areale, almeno nell'area dell'acquifero freatico.

Un altro elemento conoscitivo messo in luce dalle indagini è il possibile percorso del fluido inquinante dal punto, ben localizzato, della sua immissione nel terreno fino al suo destino ultimo riconoscibile nella falda freatica e, più in generale, nel sistema idrogeologico della pianura pordenonese.

Si hanno quindi, ora, elementi sufficienti per tentare un programma realistico di intervento.

Iniziando proprio dalle ipotesi sul percorso, si esamina per punti lo schema evolutivo dell'inquinamento.

a. Un punto fermo è rappresentato dal sondaggio, profondo 31 metri, eseguito nel Settembre 1987 nel corso della perizia ordinata dal Giudice del Tribunale.

Ubicato nella zona del serbatoio del solvente clorurato all'interno dello stabilimento INFA, il sondaggio, eseguito a carotaggio continuo, quindi elemento di sicuro affidamento per la natura dei campioni attraversati e raccolti e per le relative risposte analitiche, ha messo in evidenza una fra le più elevate concentrazioni di inquinante nel sistema.

Infatti, nei primi 8 metri di profondità, nei terreni alluvionali sono stati trovati tenori crescenti di PCE fino ai 6.360 mg/kg dell'intervallo tra 7,0 e 7,6 m, cioè poco sopra il tetto della prima intercalazione argillosa. Parallelamente, nell'acqua circolante al tetto della lente argillosa sono stati misurati 180.000 µg/l sempre di PCE.

Sempre all'interno dell'INFA, in alcuni campioni di materiale terroso prelevati nel Luglio dello stesso anno in punti diversi ma vicini alle vasche dei solventi, sono stati trovati tenori di PCE fino a 12.000 mg/kg a piccola profondità (scavi fino a 2 metri).

In pratica le prime indagini hanno localizzato nel settore nord dello stabilimento, in prossimità del serbatoio di stoccaggio dei solventi clorurati, il più elevato tenore di inquinante sia nel terreno che nel fluido circolante nella esigua falda sospesa, legata al tetto della lente argillosa intercalata nei terreni permeabili alluvionali.

b. Nel 1990, a cura della proprietà dello stabilimento, sono stati eseguiti scavi all'interno dell'area con lo scopo di localizzare i settori impregnati e di procedere alla loro bonifica.

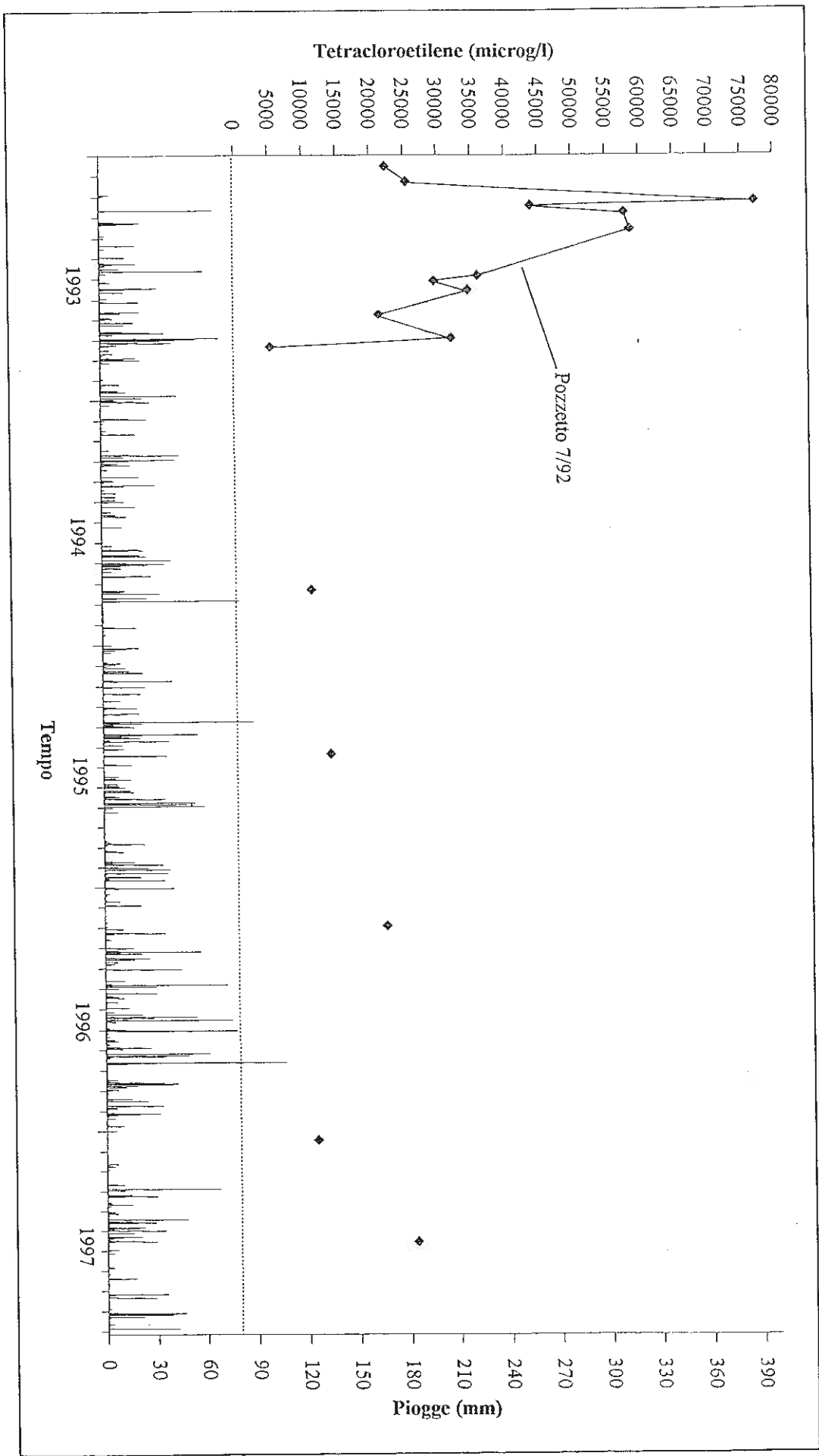


Fig. 39 - Pozzetto 7/92. Andamento dell'inquinamento di tetracloroetilene nella falda superficiale sospesa correlato con le piogge

Dei tredici scavi eseguiti solo uno ha mostrato presenza nell'acqua di fondo di solventi in modesta concentrazione, la proprietà ha allora attivato un programma di ottimizzazione delle sole infrastrutture.

- c. Il programma di FASE 1, anche sulla base dei negativi risultati delle ricerche fino allora effettuate nel settore superficiale, è stato concentrato sulla definizione dell'estensione geografica della falda interessata dall'inquinamento, quindi al solo settore profondo.

I risultati sono stati resi noti nella pubblicazione relativa.

- d. Nel corso della FASE 2, quella di cui si riferisce in questo rapporto, la ricerca dell'inquinante nel settore non saturo di alluvioni, cioè nei primi cento metri sotto il piano campagna, nella sezione tarata dallo SPIA 7, cioè del pozzo spia più inquinato di tutta l'area ed ubicato poco a valle dell'INFA, è risultata negativa.

Il dato negativo ha interessato tre sondaggi profondi SA-SB-SC.

Gli stessi sondaggi hanno anche mostrato un basso tenore di solventi nella falda incontrata sotto i cento metri di profondità, suggerendo la possibilità di una canalizzazione dell'inquinante e di una sua mobilitazione in una sezione molto ristretta all'interno dell'acquifero.

La stessa ipotesi diventava sostenibile anche per il percorso di diffusione dalla superficie fino al tetto della falda, spiegando l'insuccesso della ricerca di solventi nel tratto superficiale all'interno dell'INFA (campagna di scavi 1990).

- e. Nel corso della FASE 2 si è allora orientata la seconda parte del programma originario alla ricerca del percorso preferenziale seguito dal solvente nel suo tragitto dai siti fortemente contaminati nell'area del serbatoio all'interno dell'INFA fino al tetto della falda profonda.

Lo schema risultante è il seguente:

- la lente argillosa tra 6 e 7 metri circa di

profondità sostiene al suo tetto una debole circolazione idrica alimentata dalle piogge, dall'irrigazione stagionale e dalle eventuali perdite delle tubazioni interrate. Il flusso è fortemente canalizzato ed interessa un sezione di pochi metri di larghezza, controllata da una depressione morfologica al tetto della lente.

- Gli scavi eseguiti a monte ed a valle dello stabilimento INFA dimostrano che tutta l'acqua in ingresso al tetto della lente non è inquinata mentre quella in uscita subito a valle della recinzione sud dell'INFA è inquinata da solventi clorurati entro una ristretta sezione.

- La direttrice del flusso inquinato è allineata secondo la linea congiungente l'ex serbatoio dei solventi INFA ed il pozzetto 7/92 e, più ancora a sud, verso lo SPIA 7, cioè verso il pozzo con la falda più inquinata (Figg.30-36 e TAVV. 5-6).

- Lo schema più probabile di diffusione come primo atto è stato ed è quindi legato alla messa in trasporto del solvente adsorbito nei primi metri al tetto della lente argillosa, ad opera della falda sospesa, ed al suo defluire verso sud entro la stretta fascia dove avviene la circolazione superficiale.

Subito a valle del pozzetto 7/92 viene a mancare la continuità della lente argillosa che, chiudendosi, consente al fluido inquinato di scendere in profondità e, seguendo percorsi legati alla permeabilità dei terreni attraversati, quindi probabilmente complessi come quelli ricostruiti, di raggiungere finalmente la falda a monte dello SPIA 7.

Da qui la dinamica dell'inquinamento segue la storia dell'acquifero freatico, diffondendosi come è stato messo in evidenza dallo schema del rapporto di FASE 1.

- f. I tenori dell'inquinante nei pozzetti spia superficiali subito a valle della recinzione sud dell'INFA nel periodo di tempo in cui sono stati eseguiti i controlli analitici, cioè dal 1993 ad oggi, hanno mostrato una debole tendenza al calo, con andamento alterno spiegabile con il differente

carico idraulico stagionale, cioè al variare del regime di pioggia e dell'irrigazione a monte.

L'entità del calo è valutabile più come tendenza, essendosi diradate le campionature: infatti nel periodo 1994-1997 si dispone di un solo dato analitico all'anno che non consente di trarre sicure conclusioni. Se però si confronta la media delle concentrazioni del 1993 con la media dei pochi dati degli anni successivi si può avanzare ragionevolmente l'ipotesi del debole calo tra il 1993 ed oggi.

Almeno un dato però è sicuro.

All'interno dell'area INFA il terreno superficiale (i primi 6-8 metri) contiene ancora solventi clorurati adsorbiti, che vengono via via portati in soluzione dalla circolazione idrica che alimenta la falda sospesa e poi la freatica seppur con portate modeste, valutabili, nella sezione interessata, dell'ordine di alcune centinaia di litri/giorno.

Anche se i tenori di PCE sono molto variabili resta il fatto che questi tenori sono stati costantemente misurati pochi metri a valle dell'area INFA, a ridosso della recinzione; inoltre mentre il flusso in entrata (pozzetti E,F,G,H) è risultato del tutto esente da solventi, quello in uscita dallo stabilimento è sempre inquinato. La conclusione appare quindi ovvia: poichè si può escludere che negli ultimi anni siano avvenuti sversamenti di solventi all'interno dell'INFA, e poichè le prove di diffusione eseguite nell'arco di due mesi escludono che nella sezione di uscita a ridosso della recinzione a sud dell'INFA ci siano arrivi diversi da quelli messi in evidenza dai risultati ottenuti, non resta che l'ipotesi della presenza nei primi 6-8 metri di sottosuolo di quantità imprecisabili di solventi adsorbiti al tempo dell'originaria immissione.

- g. L'evoluzione dell'inquinamento nel sistema idrogeologico profondo è in fase calante nel tratto di territorio a monte delle risorgive, anche se si è lontani dall'esaurimento.

Il calo è evidente nei tenori dei singoli pozzi SPIA (Figg. 26-28) e delle risorgive (risorgiva Bagnador in Fig.29) che comportano una riduzione, seppur limitata, anche della superficie di falda interessata dai valori di inquinamento inferiori al limite di tolleranza pari a 30 µg/l (TAV. 10 confrontata con TAV. 2).

A valle delle risorgive i tenori nei pozzi artesiani della rete di controllo mostrano, in qualche caso invece una tendenza all'aumento, in accordo con la minore velocità di flusso che caratterizza le falde confinate rispetto alla falda freatica, che giustifica il ritardato arrivo del picco di inquinante nella falda più lenta e più distante dall'origine dell'immissione.

Si può infatti ipotizzare che vi sia in atto anche un allargamento della zona interessata a sud delle risorgive coinvolgente anche tratti finora non contaminati.

In conclusione, la risposta del sistema idrogeologico alla diffusione dell'inquinante, alla luce dei risultati di FASE 2, appare ricostruibile nella logica del quadro conoscitivo.

Prima del 1987 all'interno dell'area INFA, in un punto preferenziale (area del serbatoio dei solventi) ma anche in altri punti (discarica dei residui, altri) si sono verificate immissioni di inquinante (solventi clorurati) nel terreno permeabile alluvionale. Non si conosce se l'immissione sia avvenuta in un unico momento oppure distribuita in un certo intervallo di tempo.

La sua diffusione nel sottosuolo è avvenuta in fase liquida nel terreno non saturo, secondo percorsi non definibili ma certamente controllati dalla permeabilità dei terreni attraversati e dalla presenza di lenti argillose, intercalate a diverse profondità nel materasso ghiaioso-sabbioso-conglomeratico, potente qualche centinaio di metri e di età geologica diversa.

Lungo tutto il percorso sono avvenuti diffusi fenomeni di adsorbimento della sostanza inquinante ad opera dei terreni attraversati che, nella zona di immissione, hanno spessore non saturo di oltre cento metri.

La diffusione ha interessato sia il sistema freatico che, a maggiore distanza dal punto di immissione, il sistema confinato più profondo

che si sviluppa in modo consistente verso il settore meridionale della pianura.

Poichè la falda freatica verso sud è sempre meno profonda, essendo il suo gradiente idraulico inferiore alla pendenza morfologica del territorio, quando all'altezza di Pordenone essa affiora in superficie formando la fascia delle risorgive anche queste ultime risultano inquinate. Il fluido inquinato entra quindi nella rete di drenaggio superficiale e si diluisce velocemente fin sotto i valori limite.

I solventi clorurati hanno interessato la falda freatica in una fascia lunga dieci chilometri (pari alla distanza tra l'area INFA e la linea delle risorgive) e larga poco più di un chilometro; entro questa fascia i tenori di PCE sono sempre superiori al limite di accettabilità.

L'inquinante è presente anche a sud della linea delle risorgive nel sistema delle falde confinate, a profondità variabili fino al centinaio di metri, in funzione della geometria dei livelli artesiani permeabili intercalati tra le argille prevalenti.

Con la cessazione dell'immissione dell'inquinante, che si può ragionevolmente fissare in data anteriore al 1987, quando si è avuto il primo accertamento del fenomeno d'inquinamento è iniziata l'evoluzione della diffusione nel sistema idrogeologico secondo le regole dell'idrochimica e dell'idraulica delle falde.

Da allora il fattore prevalente che comanda l'evoluzione è la desorzione dell'inquinante adsorbito ed il suo passaggio in soluzione nel sistema.

La desorzione avviene lungo tutto il percorso che, per quanto concerne il tratto nel non saturo, è noto solo nel suo tratto iniziale, dove gli accertamenti di FASE 2 hanno permesso di definire con maggior precisione la geometria del sistema superficiale.

Una volta raggiunta la falda, la desorzione interessa tutta l'area inquinata, cioè oltre 10 chilometri quadrati.

I dati acquisiti suggeriscono che la concentrazione dell'inquinante adsorbito sia in fase calante.

Che questa sia una corretta chiave di lettura e di interpretazione del fenomeno in atto lo dimostrano il calo dei tenori nella rete dei pozzi spia freatici negli ultimi dieci anni e la tendenza al calo della concentrazione di inquinante nella circolazione superficiale dell'area INFA.

Una valutazione quantitativa dell'inquinante ancora presente nel sottosuolo sarebbe poco attendibile, come pure una stima del tempo necessario per la sua naturale eliminazione, sulla base dell'estrapolazione della curva dei tenori dello SPIA 7 nel tempo (Fig. 26) si può prevedere che occorranza ancora anni prima di rientrare nei limiti di accettabilità.

4.3.2 - Linee generali di intervento

In base al quadro ricostruito con gli accertamenti di FASE 2, volendo tentare un risanamento si dovrà agire su diversi piani e con interventi mirati in ciascuno dei settori messi a fuoco.

Occorre infatti considerare che l'inquinamento si è sviluppato su tre differenti linee: pur avendo avuto la stessa origine, l'iter evolutivo si è differenziato nel tempo e nello spazio come conseguenza della diversità delle caratteristiche idrogeologiche del sistema acquifero della medio-alta pianura pordenonese. Queste differenziazioni sono riconoscibili come segue:

- a. terreno non saturo tra il piano campagna ed il tetto della falda freatica nella ristretta area immediatamente a valle dello stabilimento dell'INFA;
- b. falda freatica su un'estensione di oltre 10 kmq con il tetto a profondità decrescenti tra 100 metri (area INFA) e piano campagna (area risorgive);
- c. falde confinate su un'area di circa 2 kmq, a valle delle risorgive ed a profondità finora accertata inferiore a 100 metri.

Per ciascuna di queste situazioni vanno progettate, se del caso, tipologie di intervento diverse.

4.3.2.1 - Non saturo area INFA.

Un intervento specifico in questa zona può riguardare il risanamento del terreno e, di conseguenza, anche della falda sospesa il cui inquinamento è strettamente legato alla presenza dei solventi adsorbiti.

Nella fascia di profondità nota e definita (6-8 metri) si può ricorrere a differenti tecnologie tra le quali si segnalano:

- il trattamento microbiologico del terreno, tramite le tecniche già impiegate in laboratorio e anche in casi pratici (in situ, onsite e offsite);
- la tecnica della nebulizzazione, col supporto dell'aerazione, hanno dato, singolarmente o accoppiate, risultati pratici nella bonifica di falde in Lombardia;
- il trattamento chimico-fisico, tra cui il lavaggio del terreno sembra prestarsi bene anche al caso in esame, almeno per la bonifica al tetto della lente argillosa.

Indipendentemente dalla scelta metodologica, prima di passare all'eventuale fase operativa occorre tenere presente la necessità di conoscere la situazione del sottosuolo all'interno dell'INFA, che è nota solo parzialmente per il divieto di accesso all'interno del recinto con i mezzi di scavo.

Occorre anche non trascurare le difficoltà di operare all'interno di una unità produttiva, completa di strutture, capannoni, uffici ed infrastrutture che sono un evidente vincolo per la libertà di manovra necessaria.

Alla luce del quadro conoscitivo e, soprattutto, delle prove di infiltrazione eseguite, queste difficoltà logistiche sembrano più facilmente superabili col sistema del lavaggio: si può procedere con iniezioni del fluido, eventualmente additivato, a monte dello stabilimento con raccolta del percolato mediante trincea drenante ubicata subito a valle della recinzione INFA, nella stessa posizione dei pozzetti A,B,C,D e/o 7-8-9/92.

In ogni caso, occorrerà accertare la situazione all'interno dello stabilimento.

L'intervento ha l'indubbio vantaggio di eliminare il flusso inquinante proveniente dall'area

di origine, dove sono stati a suo tempo misurati i tenori più elevati di solvente clorurato, oltre quello di bonificare un terreno ancora oggi sede di solventi adsorbiti, più facilmente risanabili almeno fino al tetto della lente argillosa.

E' bene tuttavia segnalare che la quantità di solvente che fuoriesce dall'area INFA con flusso naturale è solo una piccola frazione dell'intero trasporto di inquinante che si registra nella falda freatica. Questo intervento, pur importante per la bonifica di un sito inquinato, non avrà riflessi immediati e/o definitivi sulla situazione della falda freatica a valle.

4.3.2.2 - Falda freatica

Un intervento sulla falda freatica è condizionato dalla grande estensione dell'area inquinata, dalla profondità operativa su almeno la metà dell'area stessa e dalla elevata concentrazione dei solventi.

Il tutto si traduce in un costo di intervento molto oneroso, ravvisabile in parecchi miliardi di Lit.

Si è detto che il processo naturale di ritorno ai tenori accettabili potrà richiedere alcuni anni ancora e che l'emergenza acquedottistica è stata affrontata e superata poco dopo la scoperta dell'inquinamento: è pertanto opportuno vagliare attentamente la situazione e scegliere con oculatezza se intervenire; e nel caso, come farlo.

Tra le diverse possibilità si suggerisce di prendere in considerazione le seguenti alternative:

- a. Intervenire all'uscita in superficie del sistema freatico, intercettando il flusso inquinato prima del suo ingresso nella rete idrografica delle rogge di risorgiva.
Effettuare uno strippaggio con impianto di superficie, rimettendo il fluido disinquinato nello stesso sistema delle rogge.
I vantaggi sono limitati alla ristretta zona a valle delle risorgive.
- b. Intervenire nella zona settentrionale più inquinata, cioè nella zona dello SPIA 7 e subito a valle.
Realizzare una barriera di contenimento

idrogeologico alla profondità della falda freatica per bloccare il flusso inquinato verso valle; realizzare un impianto in loco di strippaggio del fluido estratto che, una volta trattato, potrà essere reiniettato in falda (accelerando il fenomeno della desorzione) oppure convogliato nella più vicina rete di drenaggio esistente. Un uso intelligente potrà essere il "riuso" di questa risorsa a fini agricoli od industriali, nello spirito della legislazione vigente che raccomanda questa pratica.

Questa alternativa accelera il ritorno alla normalità in quanto interviene sull'area a tenori più alti e, pur lasciando il settore a valle nelle condizioni di naturale risanamento, riduce l'apporto non indifferente che in esso confluisce dalla zona più inquinata.

- c. Mantenere la situazione attuale ma intensificare la rete di controllo quali-quantitativa su tutta l'area per seguire l'evoluzione dell'inquinamento nello spazio e nel tempo, pronti ad intervenire in caso di necessità.

La frequenza dei controlli dovrà essere almeno mensile e dovrà essere abbinata alle misure di livello freatico e confrontata con le piogge.

4.3.2.3 - Falde confinate

E' il settore meno noto del sistema, con tenori d'inquinante non elevati ed estesi attualmente su una superficie molto minore di quella interessata dal sistema freatico.

Essendo alimentato da monte, esso dipende dagli arrivi di solventi da nord, cioè dal sistema freatico.

Sembra quindi logico non intervenire sul solo sistema confinato che trarrebbe invece immediati benefici da eventuali interventi a monte.

Qualora l'orientamento fosse quello di un programma drastico di risanamento di tutta l'area, allora anche sul sistema confinato si potrà adattare il programma descritto al punto b. di 4.3.2.2. che risulta però di difficile attuazione stante anche la molteplicità degli acquiferi artesiani a profondità diverse ormai interessati dall'inquinamento.

In questa zona a sud delle risorgive si ritiene invece importante l'intensificazione e l'allargamento del monitoraggio dei pozzi di approvvigionamento autonomo della popolazione per registrare eventuali superamenti dei limiti di potabilità dell'acqua per la presenza di solventi clorurati e nella consapevolezza che, a causa della ridotta velocità di flusso negli acquiferi confinati, i tempi di recupero e di autorisanamento saranno presumibilmente estremamente lunghi.

Concludendo, il quadro conoscitivo ricostruito con le indagini di FASE 2 consente, a chi tocca il compito di dare una soluzione al problema dell'inquinamento da solventi clorurati, di prendere le decisioni del caso. Pur nella sua complessità lo scenario alla fine del 1997 è delineato schematicamente e la situazione può essere affrontata con diverse soluzioni tra le quali scegliere in funzione della valutazione di rischio ambientale che l'Ente responsabile attribuirà all'episodio, dopo aver valutato tutti gli aspetti del problema.

Indubbiamente i tempi di un ritorno alla normalità con processi naturali sono lunghi: sembra quindi più che necessario programmare interventi che accelerino l'evoluzione consentendo il pieno recupero del territorio riportato alla sua originaria integrità.

Gli elementi conoscitivi disponibili consentono quindi al tecnico che sarà incaricato, di studiare uno o più progetti preliminari di intervento e di valutare per ciascuno di essi il rapporto costo/beneficio .

Una volta operata una scelta, prima di passare alla FASE 3 operativa (progetto definitivo/esecutivo) sarà quasi certamente necessario procedere a verifiche puntuali e mirate di fattibilità, ricorrendo, se del caso, ad un cantiere pilota che consenta di sperimentare la/le tecnologia/e che il Progettista riterrà più idonee per risolvere il problema.

Vista la lunghezza dei tempi preparatori, si consiglia comunque di impostare un immediato ed efficace programma di controllo quali-quantitativo e di approfondimenti dei sistemi

idrogeologici interessati dall'inquinamento e, più precisamente:

- a) accertare la condizione del non saturo all'interno dell'area INFA;
- b) effettuare una campagna di misure mensili dei livelli e dei tenori di PCE nella rete di controllo dell'acquifero freatico da protrarre nel tempo fino all'inizio delle operazioni di cantiere;
- c) campagna di misure di portata delle risorgive con frequenza mensile per la durata di almeno un anno con analisi del fluido per definire il bilancio in uscita dell'inquinante;
- d) effettuare una campagna di misure mensili dei livelli e dei tenori nella rete di controllo, opportunamente ampliata verso sud, dell'acquifero artesiano a valle delle risorgive.

Hanno concorso alla presente pubblicazione:

AZIENDA PER I SERVIZI SANITARI N. 6 "FRIULI OCCIDENTALE" - PORDENONE

Dipartimento di Prevenzione

Servizio Igiene Pubblica

Dott. Gianni CAVALLINI

D. ssa Emanuela ZAMPARO

Isp. Ig. Sante BISCONTIN

Isp. Ig. Franca PUSIOL

Sig. Roberto CAO

Sig. Valentino VILLANOVA

Presidio Multizonale di Prevenzione

Dott. Alberto CARNIEL

D. ssa Clorinda DEL BIANCO

Dott. Antonio GABELLI

p. i. Riccardo PERIN

p. i. Renato ROSSI

Sig.a Anita ZANIN

GETAS PETROGEO S.r.l. - PISA

Dott. Giuseppe GHEZZI

Dott. Giuseppe BELLOMO

Dott. Damiano PORSIA

Dott. Icilio MARINAZ

LA PRESENTE PUBBLICAZIONE È STATA REDATTA SU INIZIATIVA DELLA DIREZIONE REGIONALE DELL'AMBIENTE ED INCARICO ALLA AZIENDA PER I SERVIZI SANITARI N. 6 "FRIULI OCCIDENTALE" DI PORDENONE, AI SENSI DELLA CONVENZIONE Rep. N. 5708 dd. 18/12/1991 - ATTO AGGIUNTIVO Prot. N. 6402 dd. 02/11/1995 "STUDIO SULLA PERMANENZA E DIFFUSIONE DI MATERIALI INQUINANTI NEL SOTTOSUOLO IN UN'AREA IN COMUNE DI AVIANO".