

# **APPLICAZIONE DELLA TOMOGRAFIA ELETTRICA IN AREE SOGGETTE A FENOMENI DI "SINKHOLES" (CISTERNA DI LATINA, LT)**

**MENGHINI ANTONIO, PAGANO GIUSEPPE & FLORIS STEFANO**

S.Te.G.A., Studio di Tecnologie e Geologia per l'Ambiente, Viterbo

---

## **PREMESSA**

Su richiesta e per conto dell'Amm.ne Comunale di Cisterna di Latina (LT), durante il mese di Maggio 2002, abbiamo effettuato una prospezione geofisica per la ricerca di "sinkholes", in località Doganella. A tale scopo sono stati realizzati n°6 profili di tomografia elettrica; la relazione che segue riporta le risultanze emerse dall'indagine.

## **1. DESCRIZIONE DEL METODO**

La tomografia elettrica utilizza la propagazione della corrente elettrica continua nel sottosuolo; l'esecuzione di un profilo tomografico prevede lo stendimento di una serie di picchetti metallici, che vengono utilizzati tanto come elettrodi di corrente che di potenziale. Attraverso i primi (chiamati A e B) si immette nel terreno una corrente continua I, per poi rilevare la differenza di potenziale V che si instaura tra gli altri due elettrodi (chiamati M e N), posti simmetricamente al centro dell'allineamento tra i primi due. Una volta conosciuti I e V si calcola la resistività elettrica apparente relativa alla configurazione elettrodica utilizzata; spostando lateralmente il dispositivo elettrodico si rilevano le variazioni orizzontali della resistività, mentre con il progressivo allargamento della distanza che intercorre tra le due coppie di elettrodi si esplorano strati via via più profondi, per cui alla fine si ottiene una sezione di resistività apparente. La tecnica tomografica è stata messa a punto in tempi recenti, grazie ai notevoli progressi dell'elettronica digitale e della modellistica geofisica, che, attraverso l'analisi del comportamento della resistività apparente al variare della disposizione mutua degli elettrodi, è in grado di fornire la distribuzione delle resistività intrinseche nel sottosuolo, e quindi un contributo significativo alla definizione delle proprietà fisiche e geometriche dei volumi investigati.

## **2. MODALITÀ DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI**

Nel caso specifico è stato utilizzato un georesistivimetro RS-2 SYSCAL della IRIS, cavi a 64 elettrodi, con spaziatura elettrodica di 10 metri, alimentazione tramite gruppo elettrogeno, dispositivo di commutazione automatica, elettrodi in acciaio inox. Con tale dispositivo si ottiene una profondità di esplorazione di circa 100 metri. L'ubicazione dei 6 profili è riportata nella Fig. 1.

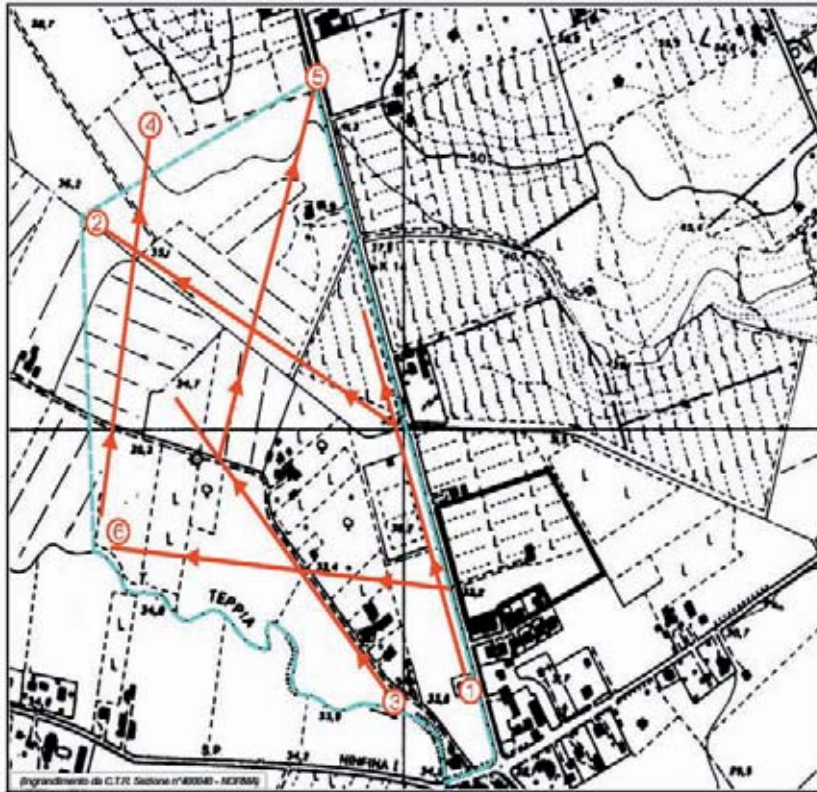


Fig.1 -Ubicazione dei profili di tomografia elettrica.

Questi sono stati realizzati utilizzando il quadripolo Wenner, che prevede la stessa spaziatura ( $n$ ) tra gli elettrodi consecutivi, per cui in pratica si ha  $AM = MN = NB$ .

L'inversione dei dati di resistività apparente è stata ottenuta utilizzando un algoritmo di inversione basato su un procedimento di deconvoluzione dei minimi quadrati (software Res2Dinv di R. Barker - Birmingham University), che consente di ricavare sezioni bidimensionali del terreno indagato tramite moduli di calcolo alle differenze finite o agli elementi finiti, tenendo anche conto delle correzioni topografiche.

Per ciascun profilo viene riportata, dall'alto verso il basso, la pseudosezione misurata, quella calcolata, che deriva dal modello 2D, e la sezione bidimensionale che si ricava dall'inversione dei dati. Viene inoltre indicato l'errore quadratico medio (RMS error), che fornisce in percentuale lo scarto tra i valori misurati e quelli calcolati: più basso è il valore, maggiore è la corrispondenza tra i dati di campagna e quelli del modello.

La scala colorimetrica consente di visualizzare immediatamente le varie classi di resistività, passando dai valori minimi, in blu, ai massimi, in rosso. E' stata adottata una scala quasi-logaritmica, in modo da amplificare le variazioni più contenute di resistività, saturando invece i valori più elevati:

- $< 1 \Omega m$
- $1-2 \Omega m$
- $2-5 \Omega m$
- $5-10 \Omega m$
- $10-20 \Omega m$
- $20-30 \Omega m$

- 30-40  $\Omega\text{m}$
- 40-60  $\Omega\text{m}$
- 60-80  $\Omega\text{m}$
- 80-100  $\Omega\text{m}$
- 100-200  $\Omega\text{m}$
- 200-300  $\Omega\text{m}$
- 300-400  $\Omega\text{m}$
- 400-500  $\Omega\text{m}$
- 500-1000  $\Omega\text{m}$
- 1000-2000  $\Omega\text{m}$
- > 2000  $\Omega\text{m}$

Per facilitare poi il confronto tra i vari profili, è stata mantenuta sempre la stessa scala colorimetrica.

### 3. RISULTATI

Il Profilo n°1 presenta un orientamento SSE-NNW (Fig.2); l'errore RMS è molto basso, pari al 3,3 %. Si mette in luce un'esigua e frammentaria copertura a media resistività (30-60  $\Omega\text{m}$ ) riconducibile alla coltre più superficiale delle Piroclastiti (P); se ne riconoscono spessori variabili tra 5 e 10 metri. Tenendo conto che la spaziatura elettrodica è di 10 m, è molto probabile che i profili non siano in grado di cogliere pienamente l'effettivo spessore di questa prima formazione. Quest'ultima ricopre un terreno decisamente conduttivo (5-20  $\Omega\text{m}$ ), assimilabile a Piroclastiti incoerenti e/o argillificate (Pi). In tale litotipo potrebbero essere inserite anche le alternanze di limo e travertini, nonché di cineriti, incontrate nel corso del sondaggio PSSD-1, realizzato presso il Centro Anziani dall'Università degli Studi di Roma 3. Lo spessore di questa formazione conduttiva è notevole e varia da un minimo di 20 m (al centro del profilo), sino ad un massimo di circa 70 m. Lateralmente poi si riconoscono passaggi verso litologie più resistenti, assimilabili a facies piroclastiche più compatte.

A partire da una profondità di circa 70-80 m, si rileva un graduale incremento dei valori di resistività, con un primo strato a 50-100  $\Omega\text{m}$ , seguito in profondità da un substrato marcatamente resistivo (100-200  $\Omega\text{m}$ ); sempre con riferimento al sondaggio meccanico, ciò potrebbe indicare la presenza via via più massiccia di livelli di travertino litoide, alternati agli orizzonti vulcanoclastici (PT), sino al raggiungimento dei Travertini inferiori (Ti).

Va sottolineata la mancanza di continuità di questi ultimi che, proprio nella parte centrale del profilo sembrano interrotti da un corpo anomalo conduttivo, in prima approssimazione riconducibile ad un "sinkhole", colmato da materiale piroclastico.

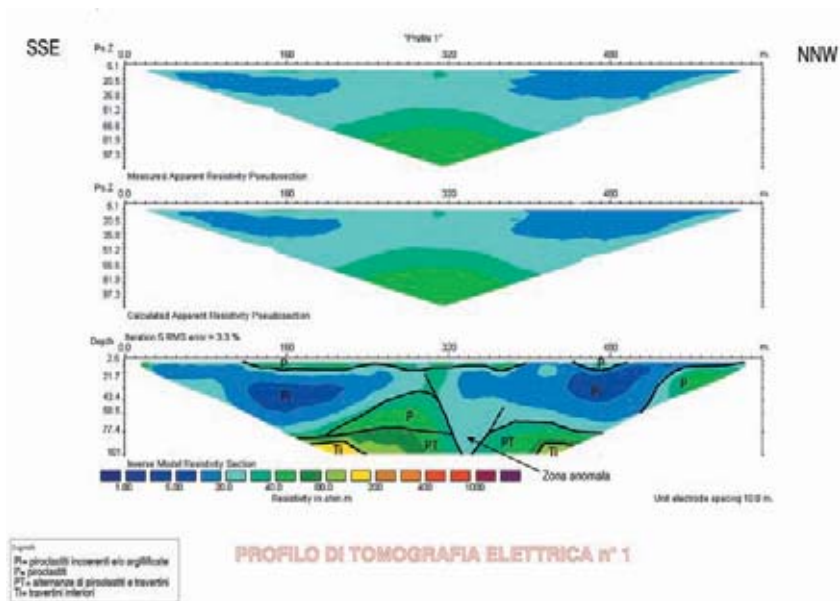


Fig.2 - Profilo n°1.

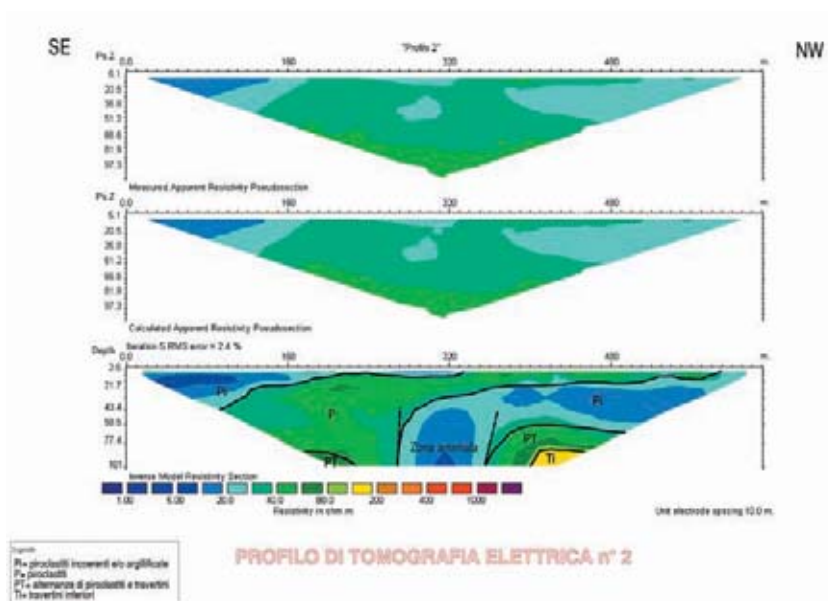


Fig.3 - Profilo n°2.

Una struttura simile appare ancora più evidente sul Profilo n°2 (Fig.3), orientato da SE a NW, dove, sempre nella parte centrale, si riconosce un'ampia zona anomala, di circa 90 m di larghezza, posta a circa 40-50 m di profondità. Quest'ultima interrompe decisamente la continuità degli orizzonti piroclastici e travertinosi, i quali, sulla metà nord-occidentale del profilo, sembrano iniziare già ad una profondità di circa 60 metri.

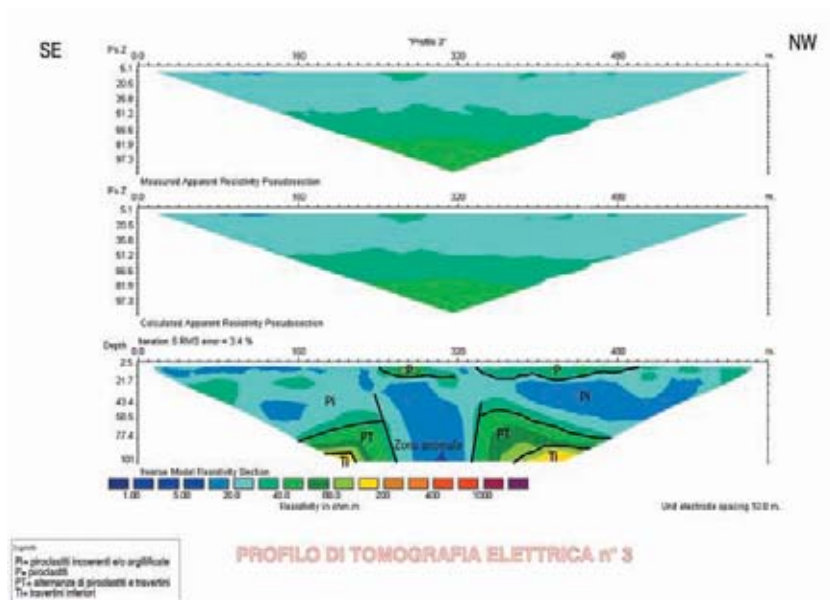


Fig.4 - Profilo n°3.

Lo stesso vale per il Profilo n°3 (Fig.4), con direzione SE-NW, che, tra le progressive dei 250 e 330 m, mostra un evidente corpo conduttivo che sembra interrompere la continuità del substrato travertinoso. Questo giace a circa 90 m di profondità. L'ampiezza della struttura anomala è sempre nell'ordine degli 80 m, mentre il tetto sembra localizzarsi ad una profondità di circa 60 m.

Lungo il Profilo n°4 (Fig.5), condotto da SSW a NNE, la zona anomala appare meno marcata, anche se l'interruzione della stratificazione profonda è comunque netta. Qui le alternanze di piroclastiti e travertini si attestano sempre intorno ai 60 m di profondità, con il tetto dei travertini inferiori che giace ad 80-90 m.

Il quadro non muta poi sostanzialmente sui Profili n°5 (Fig.6) e n°6 (Fig.7), dove ritroviamo praticamente nella stessa posizione la struttura anomala conduttiva, caratterizzata sempre da una larghezza di 70-90 metri. La profondità delle alternanze piroclastico-travertinose e dei travertini inferiori si correla ottimamente con quella rilevata dai precedenti profili.

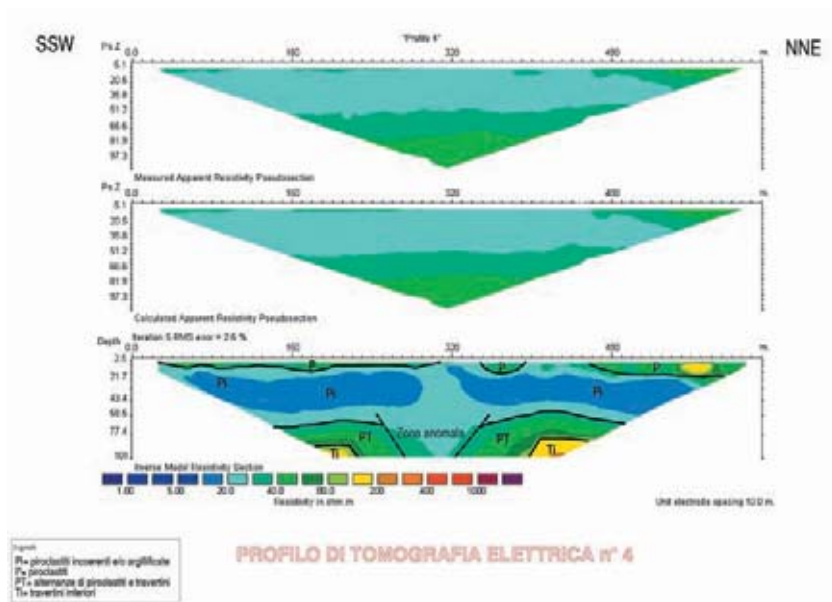


Fig.5 - Profilo n°4.

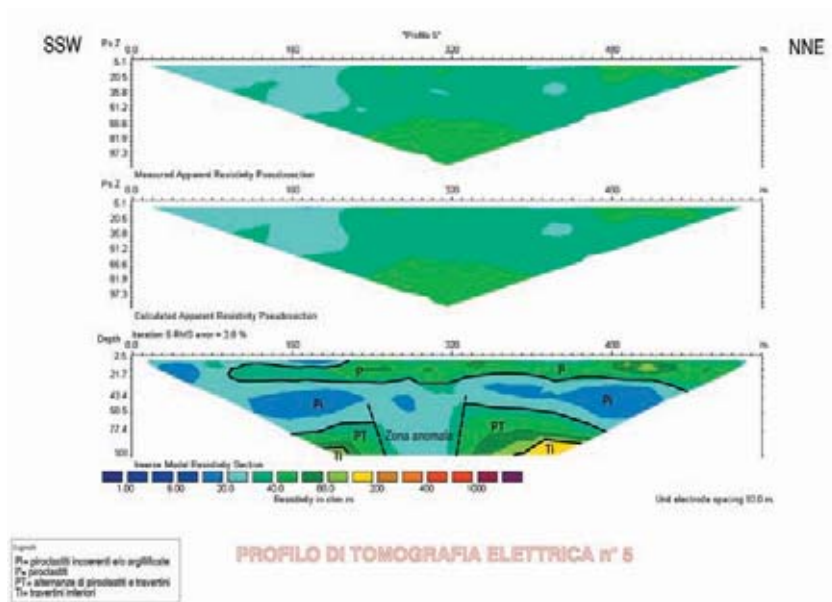


Fig.6 - Profilo n°5.

Per avere un'idea dei rapporti che intercorrono tra le varie strutture anomale, potenzialmente riconducibili a "sinkholes", sono state costruite una serie di "vertical slices", correlando i valori di resistività assoluta che si ricavano dai singoli modelli 2D, a profondità via via crescenti.

Partendo da quota -20 m dal p.c. (Fig.8) si mettono in luce condizioni di bassa resistività, legate alla presenza delle Piroclastiti incoerenti o argillificate (Pi). Si riconoscono



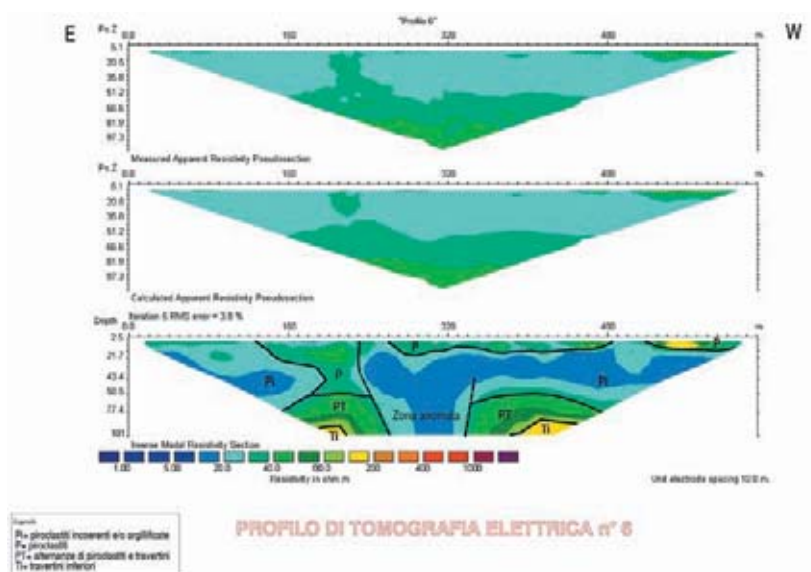


Fig.7 - Profilo n° 6.

delle fasce leggermente più resistive, a 40-50  $\Omega\text{m}$ , che potrebbero indicare facies piroclastiche relativamente più addensate (P).

Queste tendono a ridursi notevolmente scendendo in profondità: a -40 m prevalgono nettamente i valori di 10-30  $\Omega\text{m}$ . A -60 m (Fig.9) si individuano nuovamente zone a resistività media (40-50  $\Omega\text{m}$ ), sempre immerse in un contesto decisamente conduttivo, che potrebbero indicare il tetto delle alternanze di piroclastiti e travertini (PT).

Queste sono più evidenti a -80 m (Fig.10), contrassegnate da valori che si attestano sui 60  $\Omega\text{m}$ . All'incrocio tra i profili n°2 e 4 si individua una zona ancora più resistiva, a 90-100  $\Omega\text{m}$ , che potrebbe indicare il tetto dei Travertini inferiori (Ti). Iniziano a manifestarsi quelle zone anomale conduttive, potenzialmente riconducibili a "sinkholes", dove i valori scendono a 20-30  $\Omega\text{m}$ .

La carta di resistività a -100 m (Fig.11) mette in risalto queste strutture sepolte: esse costituiscono una evidente interruzione del substrato travertinoso resistivo, normalmente caratterizzato da valori di oltre 100  $\Omega\text{m}$ .

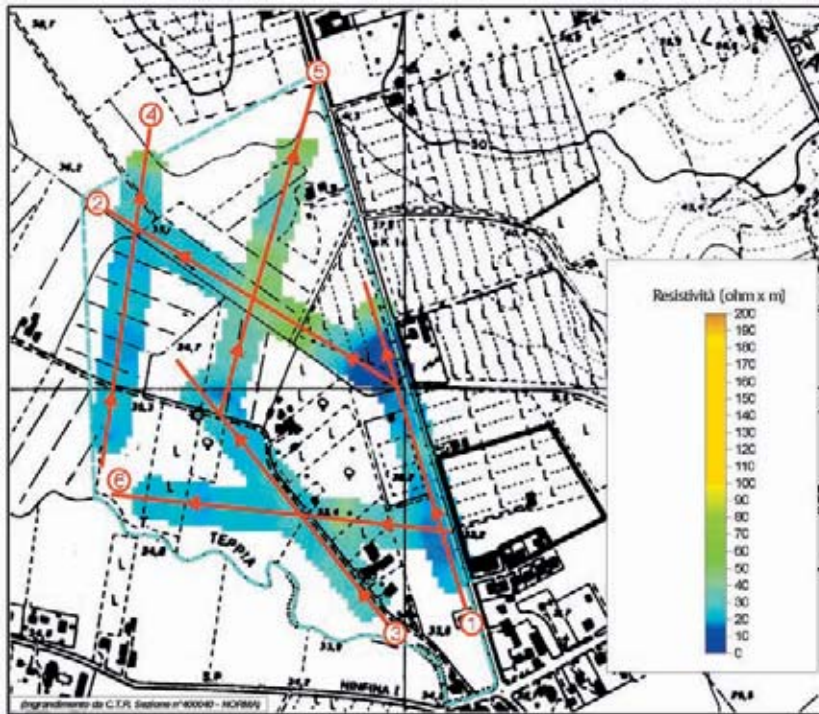


Fig.8 - Mappa di resistività a -20 m.

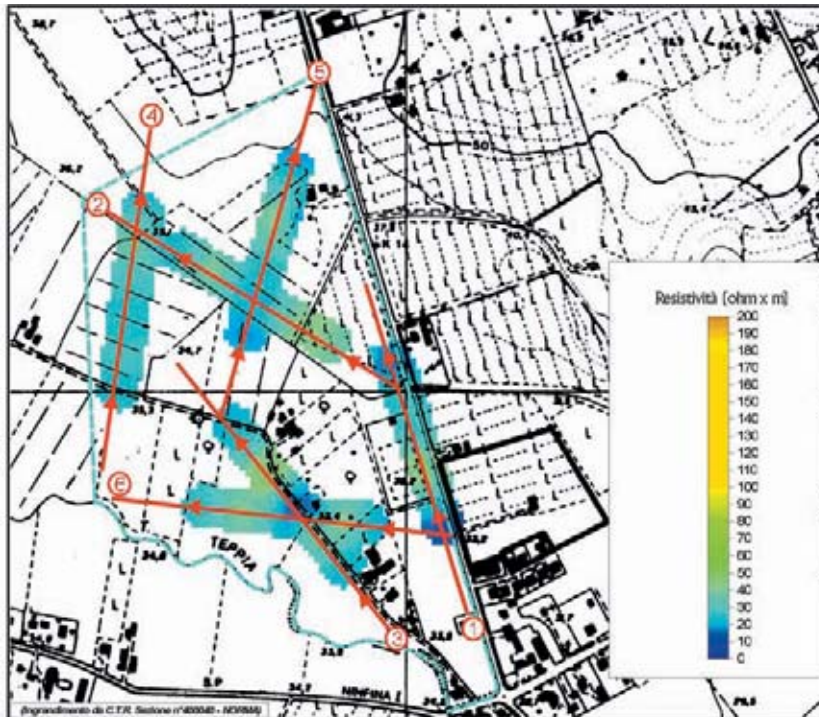


Fig.9 - Mappa di resistività a -60 m.



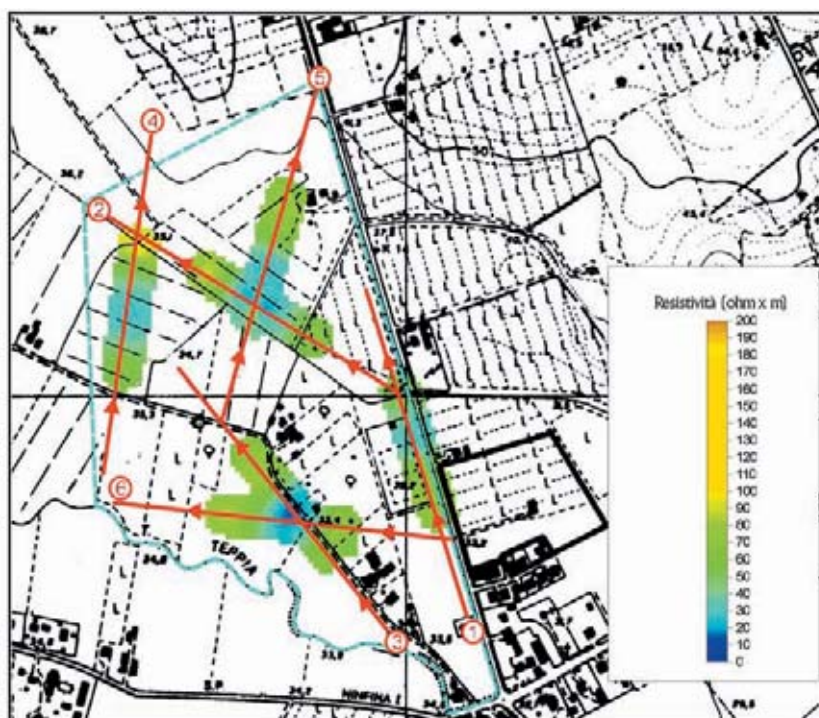


Fig.10 - Mappa di resistività a -80 m.

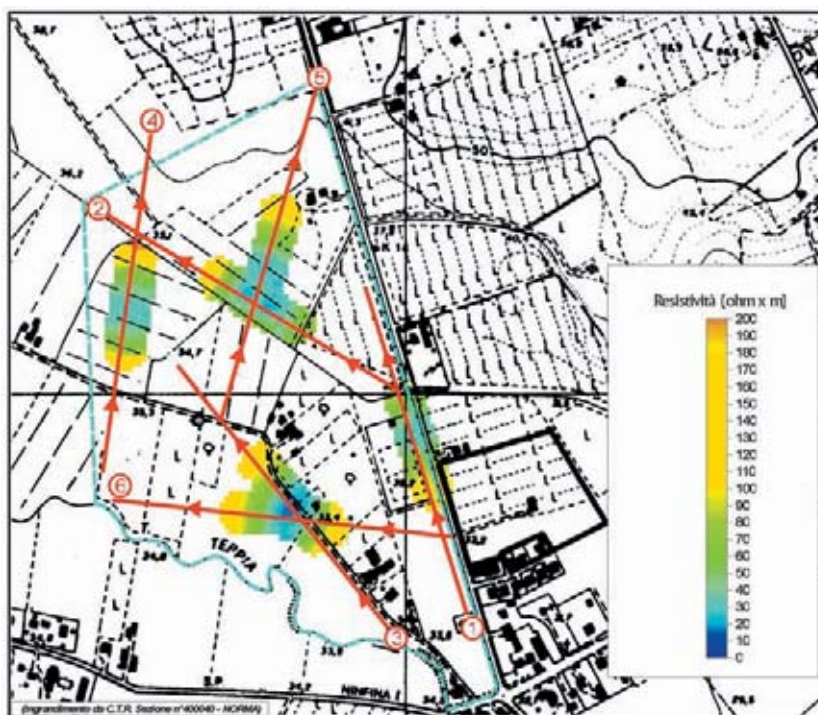


Fig.11 - Mappa di resistività a -100 m.

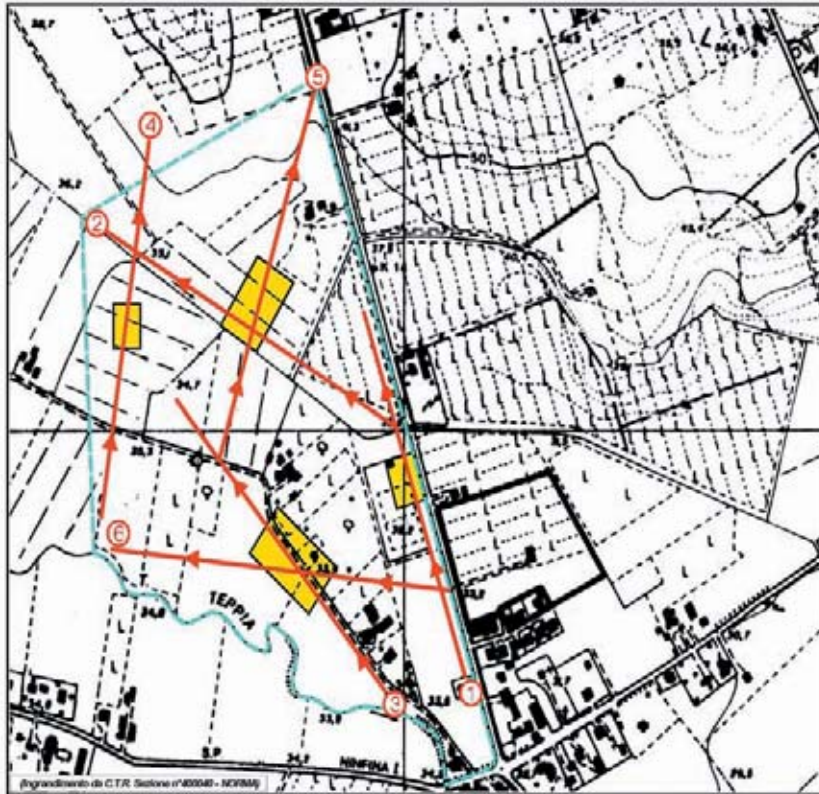


Fig.12 - Carta dei probabili sprofondamenti sepolti.

## CONCLUSIONI

Nella Carta dei probabili sprofondamenti (Fig.12) sono state mappate le zone anomale conduttive. evidente che l'esatta forma geometrica delle stesse può essere ricostruita solo realizzando ulteriori misure, che congiungano i vari profili tomografici, ricorrendo anche a metodiche alternative.

Vale la pena sottolineare il grosso vantaggio dei metodi geofisici, in grado di indagare vaste superfici, con costi relativamente ridotti: si tenga conto che il lavoro presentato è stato svolto sul campo nell'arco di 3 sole giornate, investigando, con notevole dettaglio, un'area di circa 0,5 Km<sup>2</sup>.