

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II**



**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E
AMBIENTALE**

**CORSO DI STUDI IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO**
(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale, Classe N.L-7)

**LE INDAGINI GEOELETTRICHE NELLA
RICOSTRUZIONE DELL'ASSETTO
STRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO**

Relatore:
Ch.mo Prof. Paolo Budetta

Candidato:
Irace Francesco
Matricola: N49/000298

ANNO ACCADEMICO 2014 / 2015

GENERALITÀ

La risoluzione di un qualsiasi problema stratigrafico richiede l'acquisizione di una serie di informazioni riguardanti il sottosuolo, che possono essere acquisite tramite indagini.

OBIETTIVI DELLE INDAGINI:

Obiettivi	Mezzi di indagine	
Caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo	Diretti	Indiretti
	Pozzi	Indagini geofisiche
	Trincee	
	Cunicoli	
	Fori di sondaggio	
Proprietà fisico-meccaniche dei terreni ricadenti nel <u>volume significativo</u>	In laboratorio	Prove su campioni indisturbati
	In sito	Prove penetrometriche statiche e dinamiche
		Prove scissometriche
		Prove pressiometriche
		Prove di carico su piastra
	Indagini geofisiche	

INDAGINI DIRETTE

vantaggi

Consentono di prendere visione diretta dell'assetto stratigrafico del sottosuolo tramite l'apertura di scavi (trincee) o fori di sondaggio.

svantaggi

Sono metodi lenti, invasivi e costosi.

INDAGINI INDIRETTE

vantaggi

Consentono la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo senza la necessità di eseguire scavi. Sono quindi dei metodi rapidi, poco invasivi e più economici dei metodi diretti.

svantaggi

Forniscono una serie di risultati approssimati.

La preventiva esecuzione di indagini indirette consente però di ridurre il numero e la consistenza dei sondaggi diretti, riducendo così i costi generali connessi all'accertamento della natura del sottosuolo.

LE INDAGINI GEOELETTRICHE

Fanno parte dei metodi indiretti e consentono la ricostruzione della stratigrafia del volume significativo tramite la misura della variazione nello spazio della resistività dei terreni [$\Omega \cdot m$]

LA RESISTIVITÀ ELETTRICA SPECIFICA ED APPARENTE

La resistività è l'attitudine di un materiale ad opporsi al passaggio della corrente elettrica.

Natura litologica	Resistività specifica (Ωm)
Marne	0,5 ÷ 20
Argille (acqua dolce)	10 ÷ 100
Argille (acqua salata)	1 ÷ 10
Rocce scistose	50 ÷ 1 000
Calcari	100 ÷ 5 000 e più
Arenarie	60 ÷ 10 000
Arenarie quarzose (quarziti)	20 000
Graniti	300 ÷ 15 000 e più
Rocce eruttive compatte	500 ÷ 20 000
Rocce eruttive alterate	50 ÷ 500
Alluvioni, sabbie, ghiaie	100 ÷ 1 000
Suoli argillosi	10 ÷ 20

Si può osservare che le diverse litologie presentano intervalli di resistività molto ampi.

Ciò dipende da:

- Variabili contenuti in acqua
- Diversa conducibilità del fluido contenuto nei pori
- Caratteristiche elettriche dei minerali costituenti le rocce

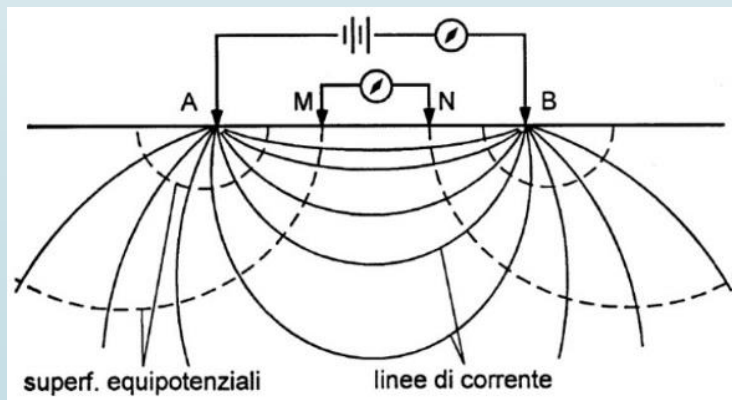
Per questi motivi si fa riferimento alla resistività apparente, che tiene conto sia dei diversi valori di resistività specifica dei singoli materiali, sia del diverso contenuto di acqua che essi possono inglobare.

TEORIA ALLA BASE DEL METODO GEOELETRICO

Questo tipo di indagine richiede l'immissione nel terreno di corrente elettrica, la cui intensità (I), come anche la geometria degli apparati di misura, possono essere regolati al meglio.

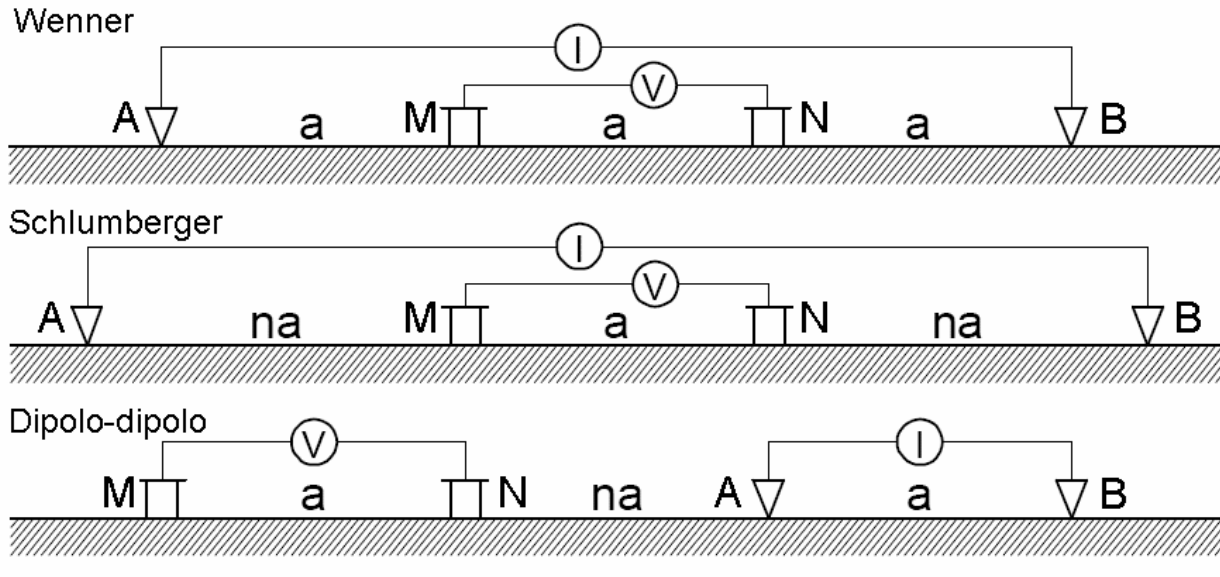
L'apparecchiatura per la misura della resistività è formata da:

- Un sistema sorgente per l'immissione di corrente elettrica
- Una serie di elettrodi (minimo quattro: A-B elettrodi di corrente; M-N elettrodi di potenziale)
- Strumenti per la misura dell'intensità di corrente elettrica immessa mediante gli elettrodi A-B e della differenza di potenziale ΔV tra i due elettrodi M-N.



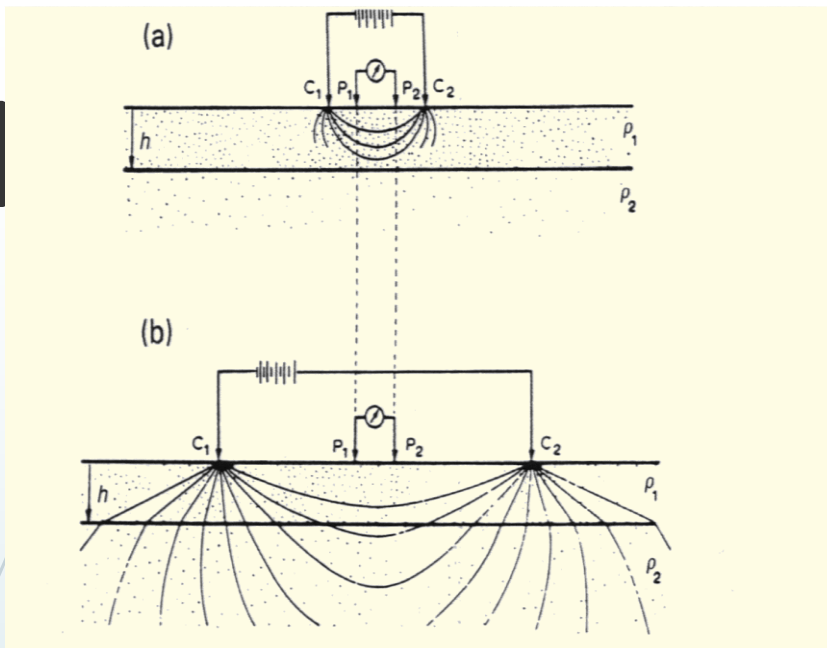
Posizionamento degli elettrodi sul piano di campagna (**Quadripolo**).

La metodologia di acquisizione cambia in funzione delle diverse configurazioni del quadripolo, le più utilizzate sono:



Con le diverse configurazioni del quadripolo è possibile eseguire dei **Sondaggi Elettrici Orizzontali (S.E.O.)**, nel caso il volume significativo sia di modeste dimensioni, o dei **Sondaggi Elettrici verticali (S.E.V.)** nel caso il volume sia costituito da più strati di terreno.

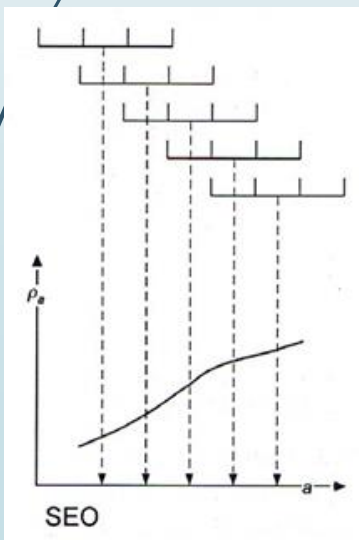
I risultati possono essere presentati in forma **monodimensionale (1D)** o **bidimensionale (2D)**.



In figura (a) è riportato un esempio di **S.E.O.** con una configurazione del quadripolo alla Wenner.

In figura (b) è riportato un esempio di **S.E.V.** con configurazione del quadripolo alla Schlumberger. Per aumentare la profondità di investigazione è sufficiente aumentare la distanza degli

elettrodi di corrente in modo simmetrico rispetto al centro del quadripolo



Per realizzare un **sondaggio monodimensionale** (1D) il quadripolo viene traslato su se stesso per rilevare le variazioni di resistività.

L'esecuzione di più profili di resistività 1D in direzioni ortogonali e parallele tra loro fornisce una **tomografia elettrica 2D**.

La legge di Ohm

Noti: i valori di intensità di corrente elettrica I inviata al terreno, la differenza di potenziale ΔV che si crea al passaggio della corrente e la geometria del quadripolo, si ricava il valore di resistività dalla legge di Ohm:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \cdot k \quad (1)$$

- ρ_a resistività apparente del terreno ($\Omega \cdot m$)
- ΔV differenza di potenziale in Volt (V)
- I intensità di corrente elettrica in Ampere (A)
- K fattore geometrico che dipende dalla tipologia di quadripolo utilizzata (L)

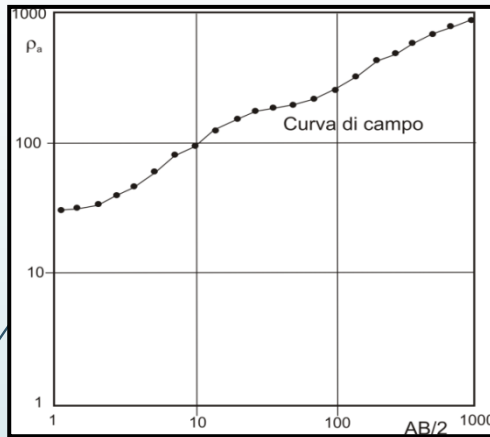
Dimensionalmente si ha:

$$\rho_a = \frac{[V]}{[A]} \cdot [L] = [\Omega] \cdot [L]$$

ovvero ($\Omega \cdot m$); ($\Omega \cdot cm$); ($\Omega \cdot ft$)

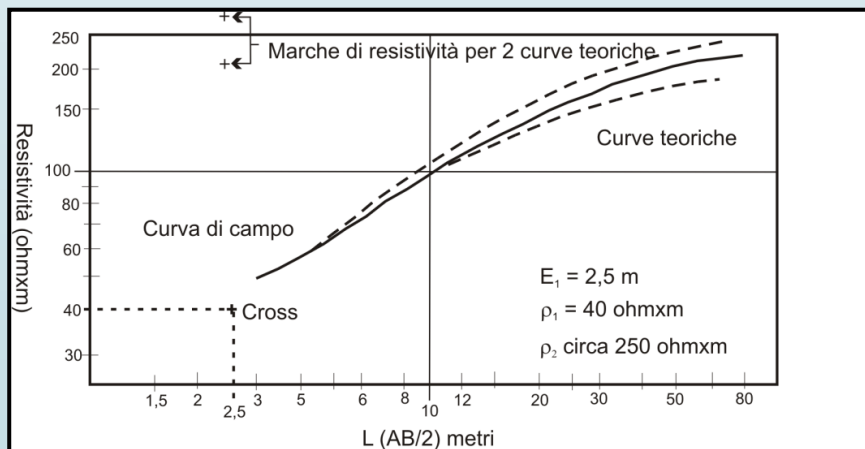
Interpretazione dei dati: profili e carte di resistività

I dati di resistività apparente vengono rappresentati attraverso una serie di grafici (curve di campo) che rappresentano la variazione della resistività all'aumentare della distanza tra gli elettrodi: tali curve rappresentano la variazione della resistività con la profondità. Per una struttura multistrato l'interpretazione



non è un'operazione semplice e non sempre si giunge ad un'unica soluzione.

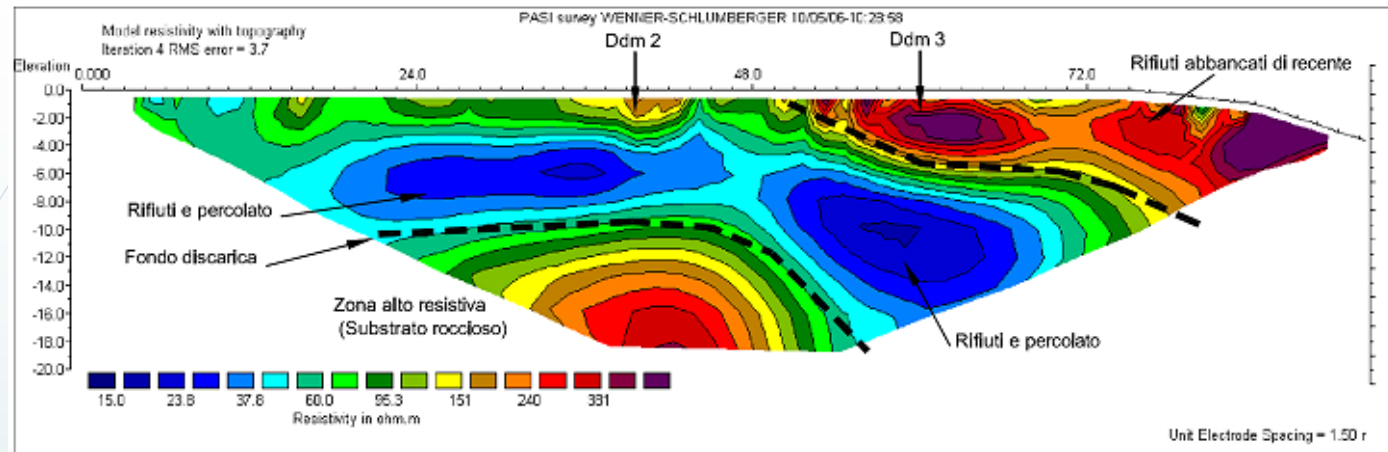
A tale scopo si utilizzano dei software che sfruttano il **metodo della sovrapposizione**, con il quale si confrontano le curve di campo con curve teoriche (**Master Curves**).



Metodo della sovrapposizione per l'interpretazione delle curve di campo

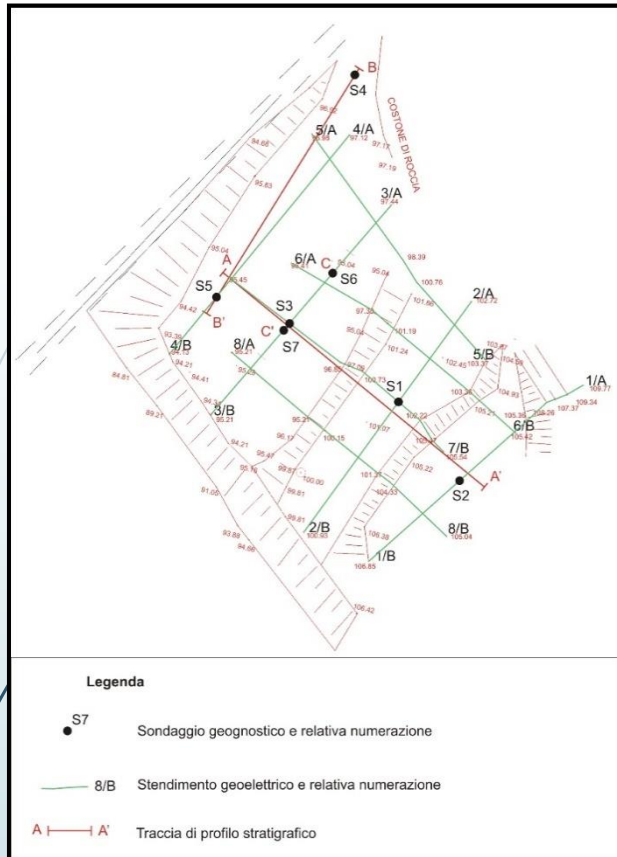
Scala 1:500

Stendimento DdM 1



I software sfruttano i dati di resistività ottenuti dalle indagini geoelettriche restituendo curve di iso-resistività. Con opportune differenziazioni grafiche delle aree delimitate dalle iso-resistive si ottengono le sezioni di resistività del volume significativo. In base ai diversi valori di resistività ottenuti, un operatore opportunamente qualificato è in grado di interpretare la natura e la composizione stratigrafica del sottosuolo in esame.

UN'APPLICAZIONE



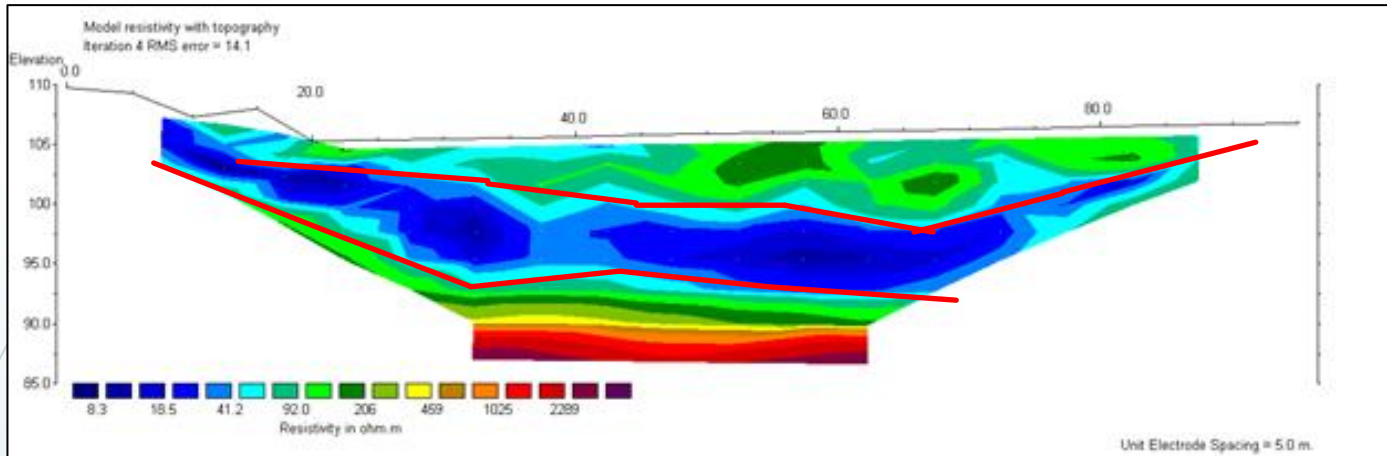
Per meglio comprendere i vantaggi delle indagini geoelettriche si riportano i dati di uno studio su un'area di cava dismessa.

Si è infatti ingenerato il sospetto che all'interno del piazzale di cava fossero stati sepolti materiali non catalogabili come residui di lavaggio degli inerti, provenienti dalla cava stessa (rifiuti tossici e nocivi).

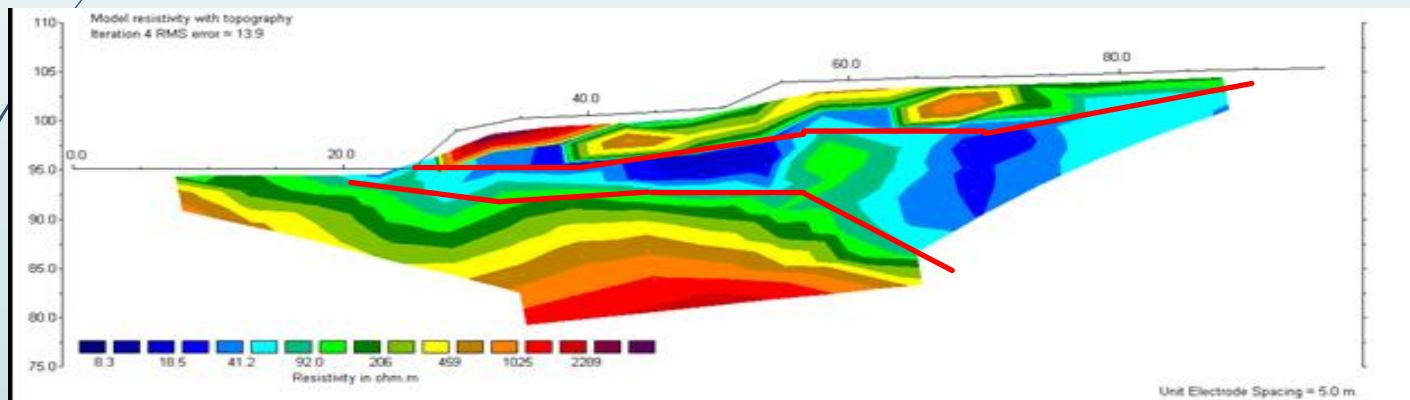
Per questo motivo sono state realizzate 8 tomografie geoelettriche , successivamente integrate dai dati di sondaggi meccanici diretti.

Ubicazione delle indagini eseguite sui terreni interessati. I quadripoli sono stati disposti in modo tale da coprire al meglio tutta l'area di studio (circa 2 ettari).

RISULTATI SIGNIFICATIVI FORNITI DA ALCUNE TOMOGRAFIE



— Strati nei quali si concentrano maggiormente i rifiuti



I terreni mescolati a rifiuti presentano una resistività medio-bassa per la presenza di acqua interstiziale e caratteristiche elettriche dei componenti. Il substrato roccioso e i terreni più superficiali invece sono a media-alta resistività.

La conferma della presenza di rifiuti tossici e nocivi sepolti, è venuta dai dati stratigrafici di 7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Essi inoltre hanno consentito di definire spessori, geometrie e tipologie dei rifiuti.



Le due immagini mostrano i prodotti dei carotaggi (sondaggi S3 ed S7) ed evidenziano la presenza di materiali estranei (livelli nerastri e marroni a diversa profondità), incompatibili con quelli di risulta proveniente dal semplice lavaggio degli inerti. La definizione esatta della natura dei rifiuti è stata effettuata mediante analisi chimiche.

CONCLUSIONE

Le indagini geoelettriche rivestono un' importanza fondamentale in diversi settori d'interesse dell'Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio in quanto mettono in evidenza le caratteristiche del sottosuolo senza la necessità di eseguire scavi.

Esse tuttavia non consentono la ricostruzione esatta del modello di sottosuolo poiché non esiste una corrispondenza univoca tra la resistività apparente e la natura litologica dei terreni. Occorre quindi «tarare» i risultati mediante altre indagini.

Il principale vantaggio risiede però nel fatto che una volta acquisita una gran mole di dati geoelettrici, è possibile valutarne i risultati ricorrendo ad un ridotto (e quindi poco costoso) numero di dati stratigrafici diretti.