

ANNO LXXXV
CAGLIARI
12/13 DICEMBRE 1980



NUMERO SPECIALE:

**SEMINARIO SULLE APPLICAZIONI
DEI METODI GEOFISICI
ALL'ATTIVITÀ MINERARIA**

ORGANIZZATO DA
ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA/IGLESIAS

M. MARCHISIO, G. CENSINI

**Applicazione di geoelettrica profonda, mediante appa-
recchiatura multicanale, nella risoluzione di problemi di
geologia strutturale di interesse minerario.**

RESOCONTI

DELLA

ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA

IGLESIAS

APPLICAZIONE DI GEOELETTRICA PROFONDA, MEDIANTE
APPARECCHIATURA MULTICANALE, NELLA RISOLUZIONE DI
PROBLEMI DI GEOLOGIA STRUTTURALE DI INTERESSE MINERARIO

M. Marchisio*, G. Censini**

Riassunto

Vengono presentati alcuni esempi di applicazione della metodica dipolare-polare, per indagini geostrutturali per profondità notevoli, ottenuti in laboratorio e campagna (graben di Siena), con un'apparecchiatura digitale multicanale.

Viene dimostrato che la registrazione simultanea del segnale di tensione da più dipoli di misura, permette di aumentare le informazioni deducibili dalle misure di campagna.

Summary

Some examples are illustrated of the application of the dipolar-polar method for geostructural surveys for considerable depths. The method was applied both in the laboratory and in the field (graben of Siena) with a multichannel digital apparatus.

It is shown that the simultaneous recording of the tension signal from several measuring dipoles enables more information to be deduced from the measurements taken in the field.

* Osservatorio Geofisico - Università di Siena

** Presso Osservatorio Geofisico - Università di Siena

1. INTRODUZIONE

I metodi geoelettrici hanno, in geofisica mineraria, oltre che applicazioni dirette, per la individuazione di giacimenti (operando in genere, per profili allo scopo di costruire diagrafie elettriche anche importanti applicazioni indirette, volte cioè alla ricerca di situazioni geostrutturali favorevoli dal punto di vista giacimento-logico.

In questa ottica sono particolarmente utili ed efficaci diversi metodi di esplorazione geoelettrica profonda, dei quali si sintetizzano in seguito gli aspetti operativi.

Va tenuto presente che nella maggioranza dei casi di impiego di geoelettrica profonda in campo minerario, si deve operare su elettrostrutture complesse bi- o tridimensionali piuttosto che situazioni a strati orizzontali.

Per affrontare meglio questo tipo di problemi (anche in altri campi di applicazione: geologia strutturale; geotermia, etc.) è stata proposta una metodologia dipolare multipla, basata su una apparecchiatura multicanale, di cui si presenta uno schema.

Alcuni esempi di campagna mostrano i risultati ottenibili.

2. ALCUNE VALUTAZIONI DI APPLICABILITA' PRATICA DI DIVERSE METODOLOGIE DI PROSPEZIONE GEOELETRICA PROFONDA

Nel vario e vasto panorama di metodologie geoelettriche (in senso lato), quelle che sono più frequentemente (e proficuamente) impiegate in indagini geoelettriche profonde sono essenzialmente tre:

- sondaggi elettrici verticali Schlumberger (V.E.S.);
- sondaggi elettrici dipolari (D.E.S.);
- sondaggi magneto-tellurici (M.T.S.).

In fig.1 sono schematizzati gli schemi operativi.

Senza entrare nella disamina sulle differenze del significato

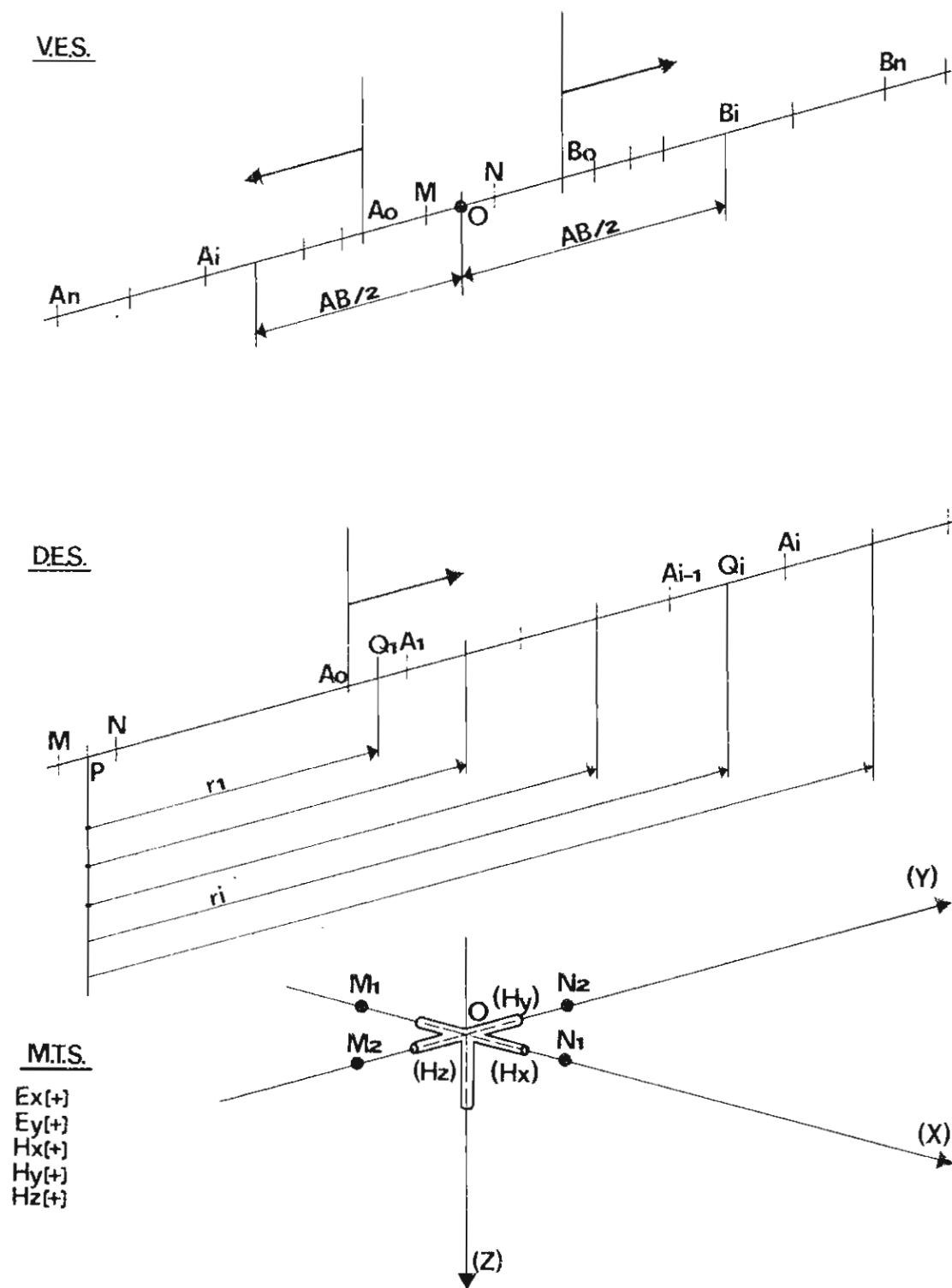


Fig.1 - Schemi operativi per V.E.S., D.E.S. e M.T.S.

fisico dei risultati ottenibili con queste metodologie, si discute brevemente sulle condizioni pratiche ed economiche di applicabilità tenendo presente che le prospezioni in aree minerarie presentano spesso (in Toscana meridionale e Sardegna, si potrebbe dire sempre problemi dovuti a morfologia molto accidentata e a fitta copertura vegetale.

2.1 V.E.S.

Il sondaggio elettrico con disposizione elettrodica Schlumberger è di gran lunga il più comunemente impiegato per indagini superficiali e a media profondità.

Il costo dell'apparecchiatura è moderato. I costi operativi, data la tecnica operativa, sono molto bassi per piccole distanze ($AB \leq 1000$ m), mentre crescono molto rapidamente se si opera con stendimenti maggiori, diventano praticamente insostenibili per distanze $AB \geq 5-6$ km in terreni medio-facili (e molto minori per terreni difficili), cui corrispondono profondità di indagine dell'ordine di 1,5 km nelle condizioni migliori.

2.2. D.E.S.

Adottando tecniche di sondaggio dipolare, per raggiungere profondità di indagine analoghe a quelle di un sondaggio Schlumberger sono necessari stendimenti molto minori, ma con continue operazioni di stendimento-riavvolgimento-spostamento di stazione. Sono perciò tecniche molto più laboriose per brevi distanze, ma diventano molto più convenienti per distanze inter-dipolo maggiori.

L'attrezzatura necessaria è nettamente più costosa (sempre rispetto al V.E.S.) per la necessità di energizzazione con maggior potenza (almeno 3 kW in c.c., con continuità) e di apparecchiature di registrazione digitale dei segnali di tensione, cui segue un'elaborazione numerica (costosa anch'essa) dei dati di campagna.

Tra le svariate modalità di esecuzione di sondaggi dipolari nel caso di prospezioni su strutture non monodimensionali si è dimo-

mostrata (v. Alfano, 1974; Alfano, 1980) la necessità di adottare metodi che permettano la trasformazione analitica D.E.S. - Half Schlumberger nelle condizioni strutturali incontrate.

Il metodo operativo che permette questo tipo di procedura (essenziale per interpretazioni affidabili anche in casi con disturbi laterali notevoli) in condizioni più generali è il sondaggio dipolare polare continuo, proposto da Alfano (v. lavori citati; v. anche Patella 1980). A questa tecnica operativa ci si riferisce nel seguito. Adottando tecniche di analisi spettrale ai segnali così registrati, si opera attualmente con distanze interdipolari dell'ordine di 10 km, con profondità di indagine dell'ordine di 3-4 km.

2.3 M.T.S.

I sondaggi M.T. operano su principi nettamente diversi, non si operano stendimenti via via crescenti sul terreno, ma si registrano le variazioni naturali di campo elettrico e magnetico (5 componenti) alla superficie del terreno. Dall'analisi spettrale dei segnali registrati si deducono curve di resistività apparente rispetto alla frequenza, dalle quali si deducono stratigrafie geoelettriche, il cui significato non è però sempre equivalente a quelle V.E.S. o D.E.S.

Il metodo presenta l'enorme vantaggio di non richiedere stendimenti lunghi (al massimo 100-200 m) in quanto la profondità di penetrazione dipende solo dalla durata delle registrazioni. Una squadra di 2-3 persone può fare un sondaggio al giorno con profondità di indagine di 10 e più km.

Per contro, il M.T.S. presenta alcuni grossi svantaggi: il potere risolutivo è strettamente basso (e necessita di sondaggi elettrici di taratura), e l'apparecchiatura è molto delicata e costosa (dai 100 ML in su).

Versioni più leggere operanti alle audio-frequenze (A.M.T.) vengono adoperate in alcuni casi per prospezioni minerarie (per esempio in Norvegia), ma vi sono dubbi sulle possibilità di applicar

li praticamente in aree con disturbi industriali e situazioni geologico-geofisiche meno favorevoli.

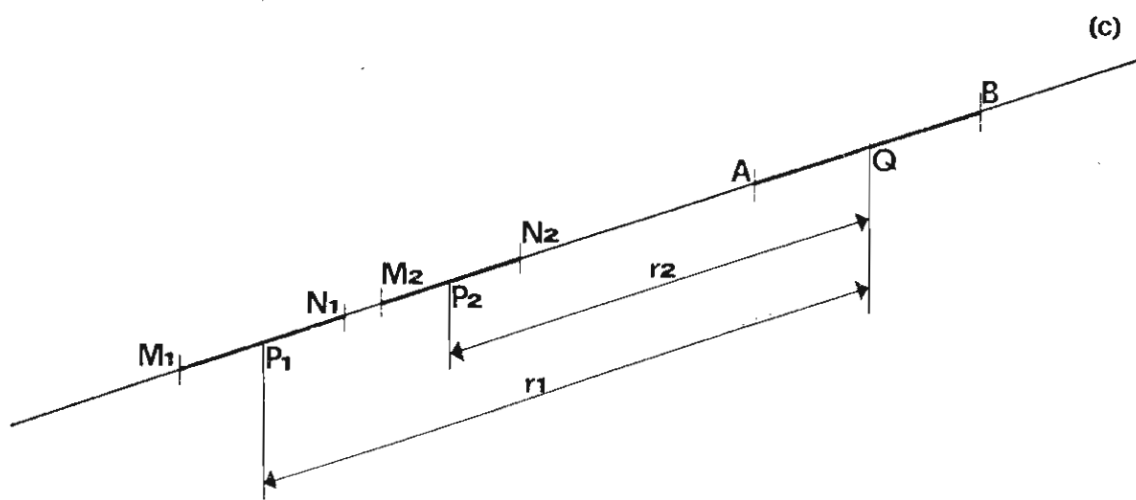
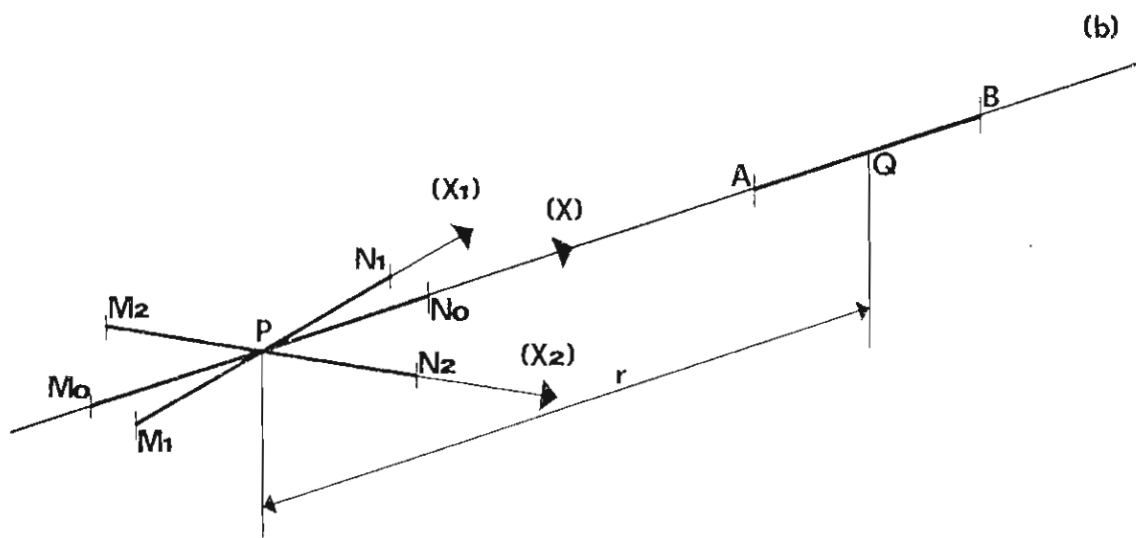
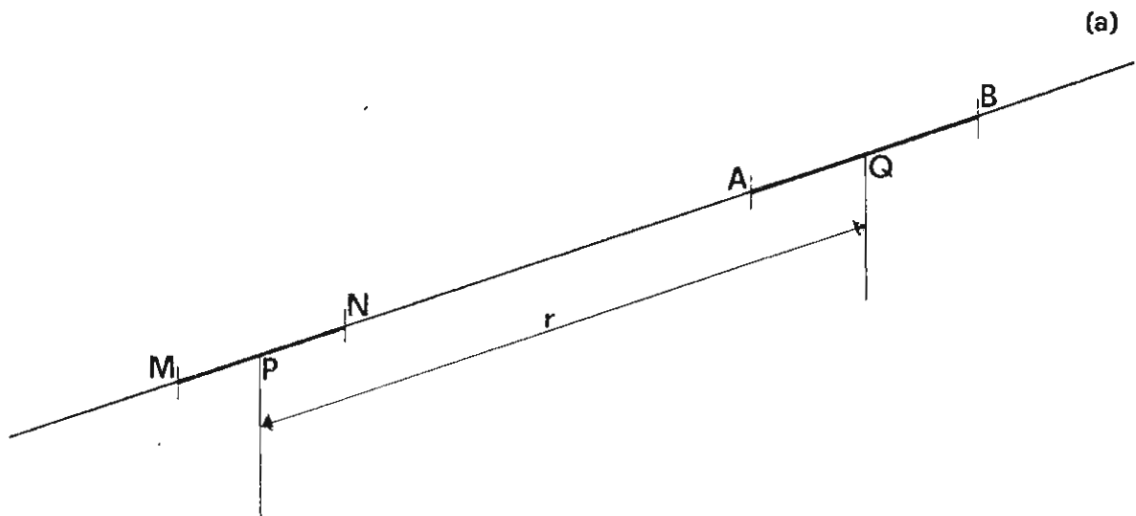
3. UNA PROCEDURA D.E.S. MULTICANALE

La procedura D.E.S. qui presentata prevede la registrazione digitale contemporanea del segnale proveniente da due o più dipoli di tensione. In fig.2a è mostrata la disposizione elettrodica normale per un sondaggio dipolare polare (sono indicati, come consuetudine con A-B il dipolo di corrente e con M-N il dipolo di tensione), mentre in fig.2b e 2c sono indicate possibili disposizioni a più dipoli $M_i N_i$.

Nel primo caso vengono disposti più dipoli con lo stesso centro P. E' così possibile valutare in direzione e verso il campo elettrico in P, informazione che rende possibile la trasformazione dipolo-Schlumberger in condizioni più generali, e che potrebbe anche permettere di rinunciare, in alcuni casi, alla tecnica del sondaggio dipolare continuo (v. Alfano, 1980 e Patella, 1980, per discussioni dettagliate sull'argomento). Bisogna però fare attenzione al fatto che, i dipoli MN sono in pratica di lunghezza finita.

D'altro canto anche un'analisi qualitativa della deviazione del campo elettrico dalla direzione PQ (direzione del campo in P quando si operi su strutture monodimensionali stratificate o simmetriche rispetto a detto asse) fornisce informazioni utili alla definizione delle elettrostrutture sepolte. Alcuni esempi verranno dati in seguito.

Nel caso schematizzato in fig.2c si indica invece la possibilità di disporre due (o più) dipoli MN sullo stesso asse non molto distanti, venendo così ad effettuare contemporaneamente due sondaggi leggermente sfalsati. Questa opportunità può essere di interesse, per esempio, quando, dovendo operare in situazioni geologiche movimentate, una poco fortunata scelta del posto di stazione P (vicino, per esempio a una irregolarità strutturale nascosta) potrebbe rendere



ig.2 - a) disposizione elettrodica normale per sondaggio dipolare polare
 b) e c) disposizioni a più dipoli $M_i N_i$

re inutilizzabili i risultati con conseguente spreco di energie e denaro.

In fig.3 è riportato uno schema dell'apparecchiatura digitale multicanale assemblata allo scopo: per qualche dettaglio vedi Marchisio, 1979.

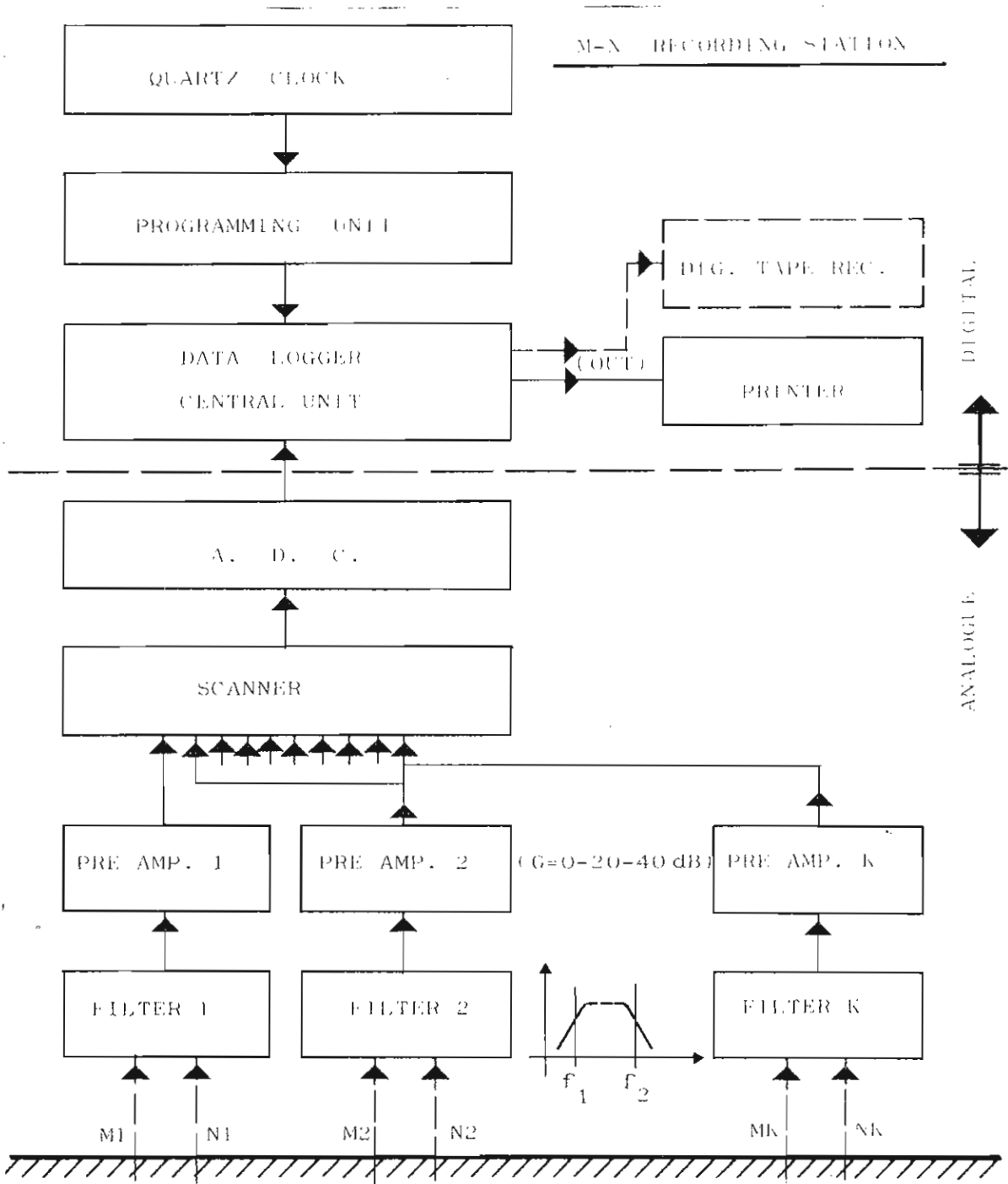


Fig.3 - Schema di apparecchiatura digitale multicanale

. ALCUNI RISULTATI PRELIMINARI

In fig.4 è riportata una curva di resistività apparente di un sondaggio dipolo-polare effettuato su un modello in scala ridotta, con attraversamento di un contatto verticale.

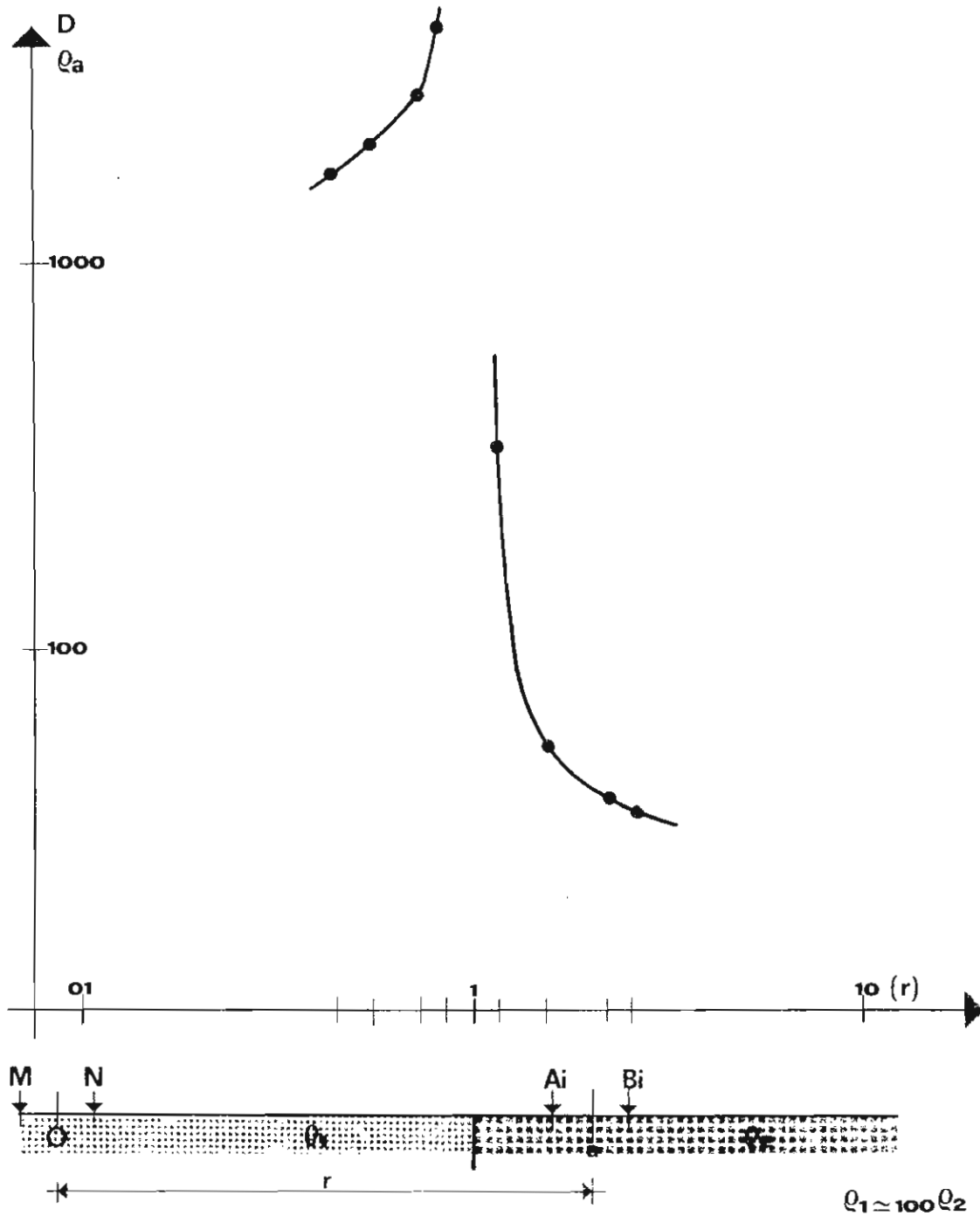


Fig.4 - Curva di resistività apparente relativa a modello ridotto

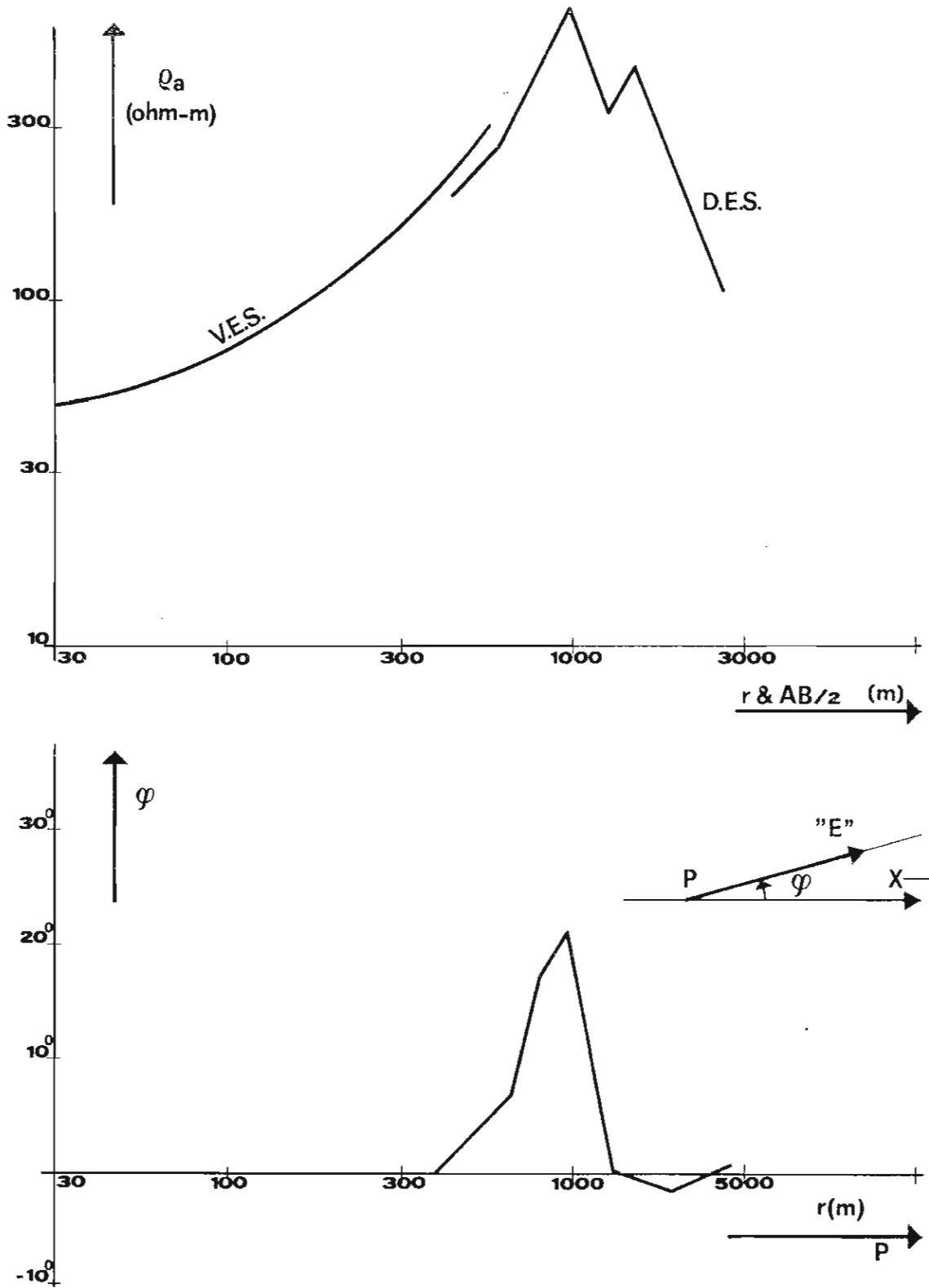


Fig.5 - a) deviazione del campo
b) diagramma φ -R

La curva localizza nettamente la posizione del contatto, ma non dà indicazioni sulla sua direzione (che è di 45° rispetto alla direzione di espansione del sondaggio).

In fig.5a è riportata invece la deviazione del campo in P, al variare della distanza dipolare R, rispetto alla direzione di espansione, misurata come rapporto delle componenti del campo in P nelle direzioni di MN_1 e MN_3 .

Il diagramma φ -R mette chiaramente in evidenza la forte asimmetria della elettrostruttura considerata, informazione che può essere preziosa nella ricostruzione geologica dell'area indagata (fig. 5b).

Un sondaggio dipolare in situazione reale è stato eseguito con questo dispositivo in una situazione strutturale presumibilmente analoga nei pressi di Trequanda (Siena). Il sondaggio è stato ubicato ai margini orientali del graben di Siena, attraversando obliquamente una faglia diretta, ipotizzata per continuità con affioramenti a N e a S, al contatto tra le formazioni calcaree mesozoiche (ad E) con le formazioni neogeniche (a W).

In fig. 6 è indicata l'ubicazione del sondaggio e la posizione dell'ipotetica faglia.

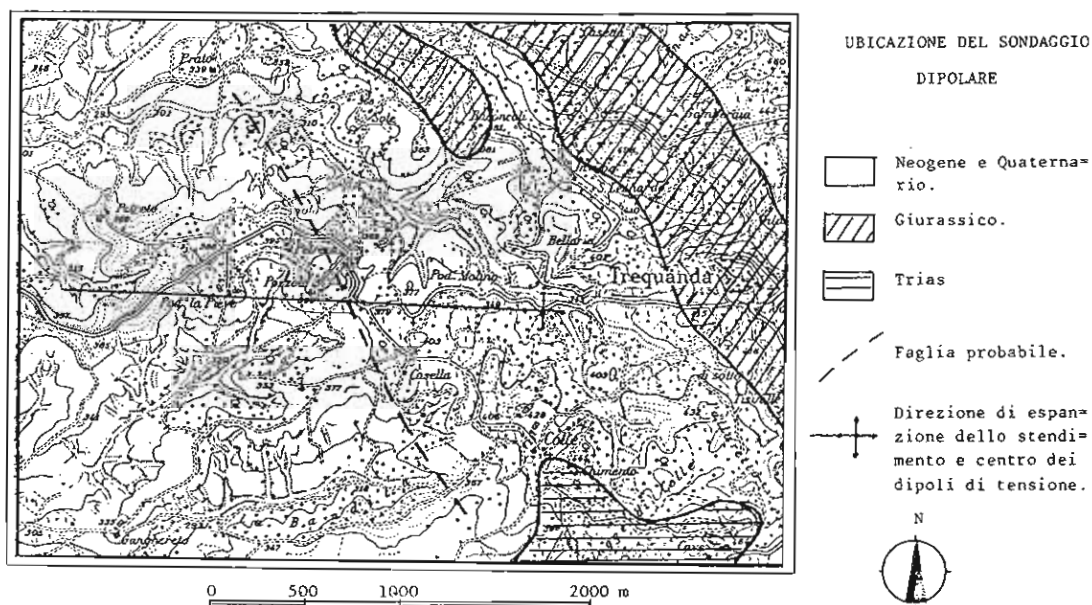


Fig.6 - Area indagata

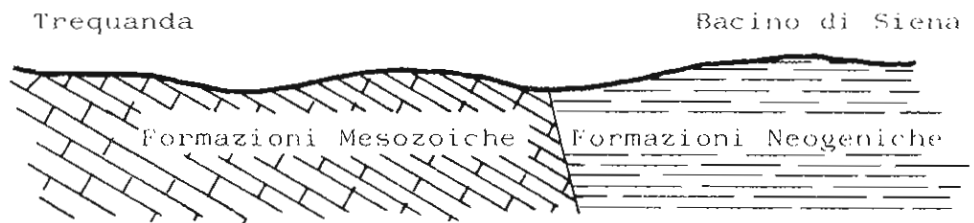
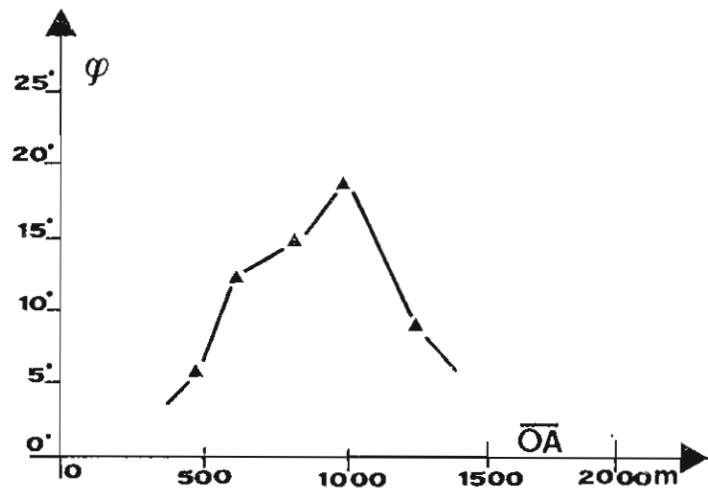
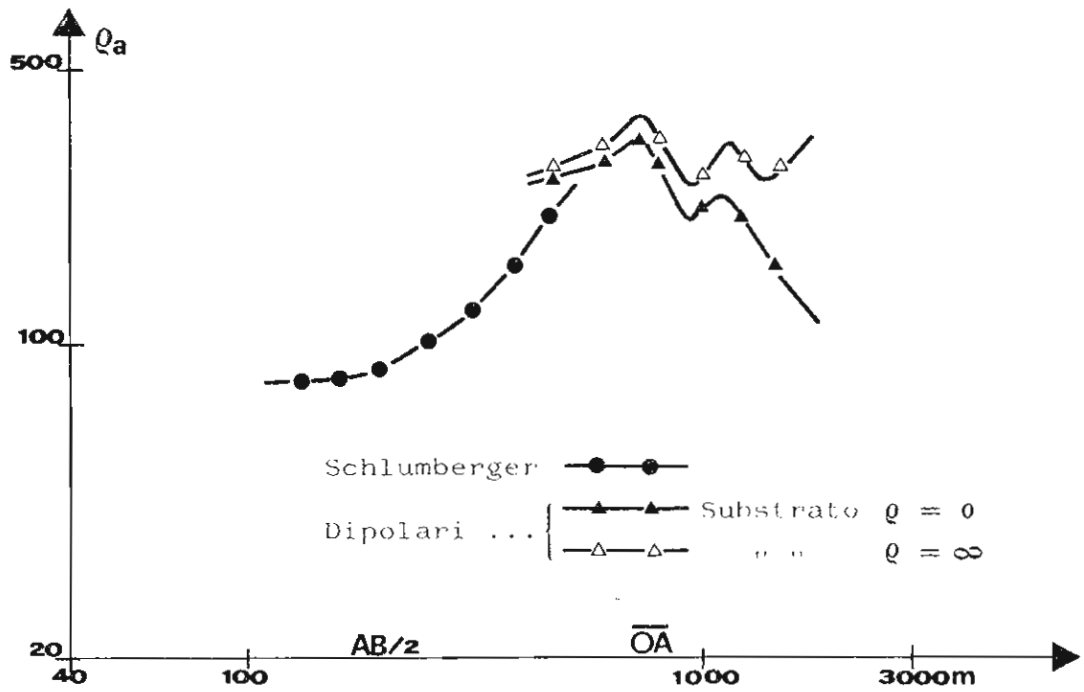


Fig.7 - a) curve di resistività
b) deviazione del campo elettrico

In fig.7 sono riportate la curva di resistività apparente (Schlumberger nel primo tratto, dipolare trasformata in Schlumberger nel secondo) e la deviazione del campo elettrico in P.

L'andamento della curva di resistività conferma la presenza del contatto (eventualmente "scaglionato" in due salti o con qualche avvallamento sepolto dalle formazioni neogeniche), mentre la curva della deviazione, molto simile a quella di modello, conferma la direzione obliqua (circa 45°) del contatto stesso.

5. CONCLUSIONI

La metodologia dipolare-polare (in particolare con la tecnica del sondaggio dipolare continuo proposta da Alfano, 1974) si è dimostrata particolarmente valida per indagini geo-strutturali per profondità di indagine anche notevoli.

Un ulteriore sviluppo con registrazione simultanea del segnale di tensione da più dipoli di misura, tramite un'apparecchiatura digitale multicanale messa a punto allo scopo, permette di aumentare le informazioni deducibili dalle misure in campagna.

Esempi su modello e in campagna hanno mostrato la potenzialità di queste informazioni supplementari per la ricostruzione di elettrostrutture sepolte complesse.

La metodologia proposta può presentare particolarmente interesse in indagini geostutturali in aree minerarie.

BIBLIOGRAFIA

- L.M. ALPIN, M.N. BERDICHEVSKII, G.A. VENDRINTSEN, A.M. ZAGARMISTR,
1966: Dipole Methods for Measuring Earth Conductivity. Consultants Bureau, 1966.
- M. LODDO, D. PATELLA, 1977: Spectral analysis of voltage measurements for the interpretation of dipole geoelectrical soundings in low resistivity geothermal areas. *Geothermics*, 6, 227-235.
- L. ALFANO, 1974: A modified geoelectrical procedure using polar dipole arrays. An example of application to deep exploration, *Geophysical prospecting*, 22, 510-525.
- D. PATELLA, A general transformation system of dipole geoelectrical sounding into Schlumberger's as an approach to the inversion, in corso di pubblicazione.
- M. MARCHISIO, 1979: Un moderno apparato strumentale multicanale per sondaggi geoelettrici dipolari. *Atti del convegno Nazionale di Roma*, 127-133.