

**Alcune prove sperimentali con l'impiego di dispositivi  
a correnti focalizzate**  
(Some experimental tests using focused current arrangements)

E. BRIZZOLARI (\*) - G. ROVATI

Received on September 10th, 1978

**ABSTRACT**

Reference is made to tests on models carried out with the use of a focused current electrode arrangement.

The tests were realized for an anomalous resistive parallelepiped shaped body immersed in a homogeneous isotropic conductive medium.

Depth, thickness, height, and width of the parallelepiped were allowed to vary. Thus it was possible to individualize the influence the parameters had on the anomalous body.

Utilizing analogous laboratory experiments which were carried out with the use of the Schlumberger arrangement it was possible to compare the two results obtained. To this end, the maximum values of the anomalous curves and the resolution index  $W/L$  were utilized. The comparison showed the advantages that can be obtained with a focused current arrangement especially with regard to the depth of the investigation. Even the variations on the thickness were more evident with the focused arrangement.

---

(\*) Assistente ordinario. Istituto di Geofisica Mineraria. Facoltà di Ingegneria di Roma.

## RIASSUNTO

Nella presente nota si riferisce delle prove su modelli eseguite con l'impiego di un dispositivo elettrodico a correnti focalizzate.

Le prove sono state realizzate per un corpo anomalo resistivo di forma parallelepipedica immerso in un mezzo omogeneo isotropo conduttivo. Sono state fatte variare le profondità di immersione del parallelepipedo, il suo spessore, la sua larghezza e la sua altezza. E' stato così possibile individuare l'influenza di questi parametri sulla anomalia.

Utilizzando analoghe esperienze di laboratorio effettuate con l'impiego di un dispositivo Schlumberger è stato possibile effettuare un confronto tra i risultati ottenuti con i due dispositivi.

Allo scopo sono stati utilizzati i valori massimi delle curve anomale e l'indice di risoluzione  $W/L$ . Il confronto ha permesso di mettere in evidenza i vantaggi che si ottengono col dispositivo a correnti focalizzate soprattutto per quanto riguarda la profondità di investigazione. Anche le variazioni di spessore sono meglio evidenziate dal dispositivo focalizzato.

## 1 - PREMESSE

In una precedente nota (Brizzolari, 1972) sono stati riferiti i risultati di prove su modelli per corpi parallelepipedici resistivi immersi in un mezzo omogeneo isotropo conduttivo impiegando un dispositivo Schlumberger. In detta nota era stata studiata l'influenza della profondità e dei parametri geometrici del parallelepipedo sulle anomalie.

L'Istituto di Geofisica Mineraria ha messo a punto durante gli ultimi anni un dispositivo elettrodico a correnti focalizzate (Grandinetti, 1967). Questo dispositivo (fig. 1) è già stato impiegato in prove di laboratorio (Grandinetti, 1968) e in campagna (Brizzolari, 1975) fornendo risultati assai interessanti.

Si è pensato perciò di eseguire prove su modelli utilizzando il dispositivo a correnti focalizzate nel medesimo caso di corpi parallelepipedici resistivi immersi in un mezzo omogeneo isotropo conduttivo. In questo modo si sarebbe verificata l'influenza della profondità e delle dimensioni del parallelepipedo con

l'impiego delle correnti focalizzate. Le prove avrebbero inoltre permesso un utile confronto tra le risposte del dispositivo Schlumberger e del dispositivo a correnti focalizzate.

I profili di resistività apparente sono stati ricavati nel caso di corpi infinitamente resistivi ( $k=1$ ) rispetto al mezzo circostante. Sono stati fatti variare successivamente la profondità

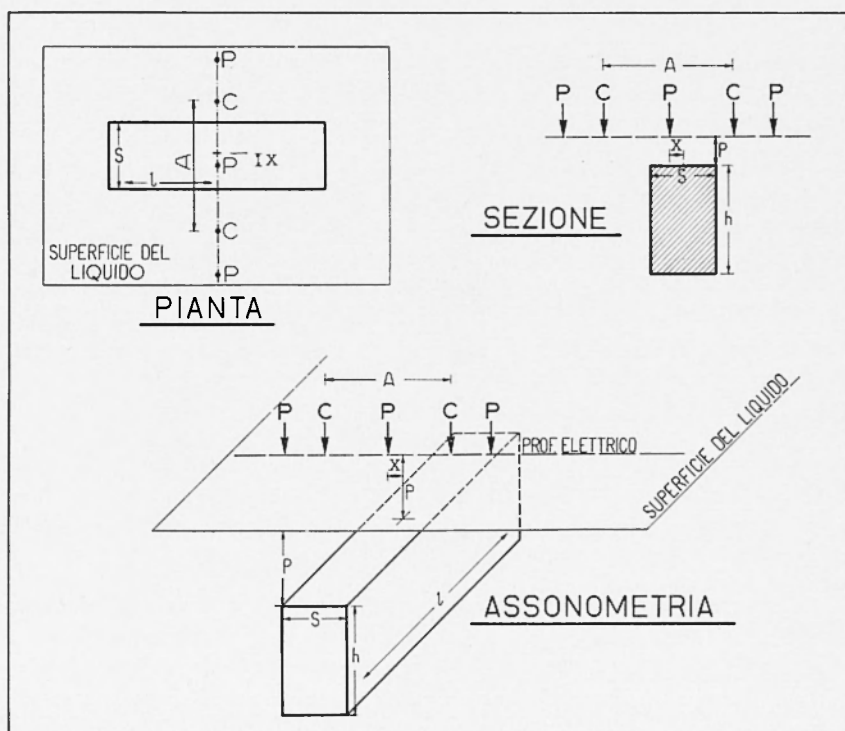


FIG. 1: Schema geometrico.

$p$  dalla superficie del liquido alla superficie del corpo; lo spessore  $s$ , la larghezza  $l$ , l'altezza  $h$  del parallelepipedo (vedi fig. 1). Lo spessore è la dimensione del corpo nella direzione di traslazione del dispositivo mentre la larghezza è nella direzione ortogonale. Le dimensioni del parallelepipedo sono riferite alla distanza elettroica  $A$  assunta come unitaria.

## 2 - GENERALITÀ

Come accennato le prove sono state effettuate con l'impiego di un dispositivo a correnti focalizzate (Grandinetti, 1967). Tale dispositivo è schematicamente rappresentato in fig. 1. Attraverso gli elettrodi di corrente viene inviata corrente della medesima intensità e dello stesso segno; la differenza di potenziale  $\Delta V$  che si misura è la somma algebrica delle differenze tra l'elettrodo centrale e gli elettrodi di potenziale esterni di riferimento.

Durante l'esecuzione delle prove la distanza elettrodica utilizzata è stata di 12 cm, gli elettrodi di corrente e di potenziale, di platino, avevano un diametro di circa 1 mm. Il supporto meccanico del dispositivo era costituito da una basetta di perspex che poteva scorrere su un'asta graduata.

Il corpo disturbante infinitamente resistivo era costituito da elementi di plexiglas componibili in modo da poter variare le dimensioni del parallelepipedo.

La vasca elettrolitica, contenente una soluzione di NaCl, con resistività di circa 1 ohm.m, era stata schermata mediante una rete di rame, messa a terra, per minimizzare l'effetto delle pareti (Grandinetti, 1968; Goudsward, 1957).

Per eliminare gli effetti di polarizzazione è stata impiegata corrente alternata a bassa frequenza (qualche Hz) ottenuta mediante un generatore di segnali Wavetek mod. 134. Per la misura delle tensioni ed il controllo delle correnti inviate è stato utilizzato un oscilloscopio tipo 565 della Tektronix a doppia traccia dotato di filtri passabanda. L'impiego dell'oscillografo è stato necessario per poter individuare anche il segno della tensione che in un dispositivo a correnti focalizzate può essere sia positiva che negativa (\*).

---

(\*) Nel caso di correnti alternate il segno della differenza di potenziale risultava dall'essere il segnale in fase od in opposizione di fase con quello relativo alla corrente immessa.

### 3 - PROVE E RISULTATI

Verranno qui di seguito brevemente descritti le prove e i risultati ottenuti facendo variare la profondità e le dimensioni del parallelepipedo. Da esse si trarranno considerazioni sull'influenza dei parametri sulle anomalie misurate.

#### 3.1 - *Influenza della profondità*

Inizialmente, fissate le dimensioni del parallelepipedo ( $s=5A$ ,  $h=0,833A$ ,  $l=1,666A$ ), è stata fatta variare la profondità  $p$  della faccia superiore del parallelepipedo dal pelo libero della soluzione. Sono state realizzate 5 prove con profondità  $p$  pari a  $0,5A$ ;  $0,333A$ ;  $0,25A$ ;  $0,166A$ ;  $0,083A$ .

I risultati di tali prove sono rappresentati in fig 2 ove in ascisse si ha il rapporto  $x/A$  tra la distanza del centro del dispositivo dal centro del parallelepipedo e la distanza elettrodica ed in ordinate è riportato il rapporto  $\Delta V/I\rho$  con  $I$  corrente erogata e  $\rho$  resistività della soluzione.

E' a tale proposito utile notare come il rapporto  $\Delta V/I\rho$  ha le dimensioni dell'inverso di una lunghezza. Pertanto i risultati ottenuti con le prove in vasca che si riferiscono ad una distanza elettrodica di 0,12 m, dovranno essere divisi per il rapporto tra distanza elettrodica effettiva in metri e 0,12 per ottenere i valori dell'anomalia che si otterrebbero in campagna.

Dall'esame della fig. 2 che, come detto, sintetizza i risultati ottenuti al variare della profondità, è possibile notare che all'aumentare della profondità del parallelepipedo diminuisce, come era intuitivo, il valore massimo della anomalia. D'altra parte, ad un primo esame, appare che la diminuzione non è così sensibile come generalmente si verifica con altri dispositivi. Infatti ad un aumento della profondità di circa 6 volte (curve 1 e 5) corrisponde una diminuzione del valore massimo dell'anomalia

di circa 6 volte. La diminuzione appare più sensibile per il massimo negativo che risulta inferiore alle approssimazioni sperimentali per la profondità corrispondente alla curva 5.

L'aumento della profondità non sembra modificare sensibilmente la larghezza della anomalia.

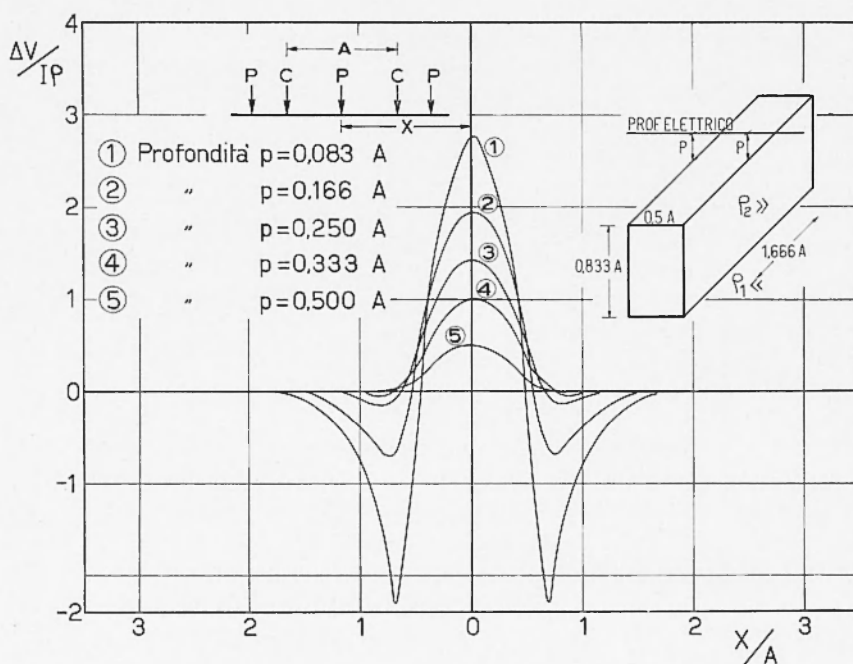


FIG. 2: Anomalie al variare della profondità. Spessore, altezza e larghezza costanti.

### 3.2 - Influenza dello spessore

Sono state poi mantenute costanti l'altezza  $h$  pari a  $0,833$  A, la larghezza  $l$  pari a  $1,666$  A ed in corrispondenza di due differenti profondità ( $p=0,5$  A e  $p=0,25$  A) sono stati fatti variare gli spessori del parallelepipedo. Si sono ottenute due famiglie di curve anomale, in corrispondenza di due profondità, per spessori  $s$  pari a  $2$  A;  $0,75$  A;  $0,5$  A;  $0,33$  A, che sono riportate nelle figure 3 e 4.

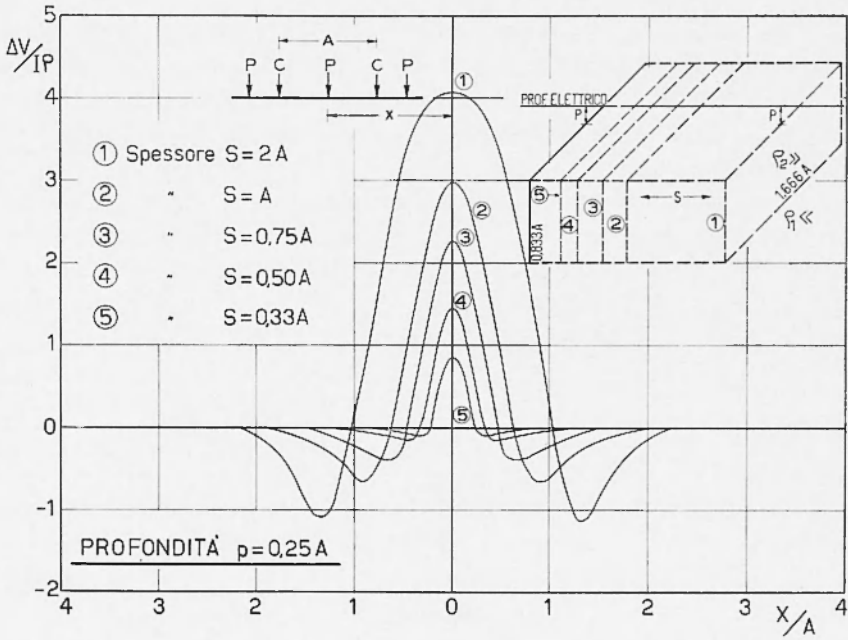


FIG. 3: Anomalie al variare dello spessore. Profondità ( $p=0,25A$ ), altezza e larghezza costanti.

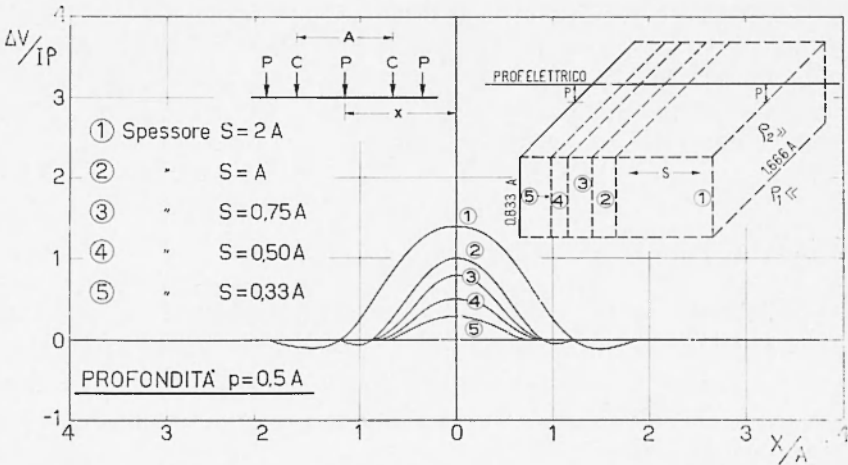


FIG. 4: Anomalie al variare dello spessore. Profondità ( $p=0,5A$ ), altezza e larghezza costanti.

Entrambe le figure evidenziano una notevole influenza dello spessore sulla larghezza della anomalia. Ad esempio nella figura 3 in corrispondenza di un aumento di spessore di 4 volte (curve 4 e 1) si ha un aumento della larghezza delle anomalie dello stesso ordine di grandezza.

L'aumento dello spessore d'altra parte provoca anche un aumento dei valori massimi della anomalia soprattutto in corrispondenza di piccoli spessori; per spessori superiori alla distanza elettroica  $A$  l'aumento del valore massimo dell'anomalia tende a divenire sempre più modesto.

### 3.3 - *Influenza dell'altezza*

E' stata fatta poi variare l'altezza  $h$  del parallelepipedo mantenendo fissi lo spessore  $s=0,5 A$ , la larghezza  $l=1,66 A$  e la profondità  $p=0,25 A$ . Sono state così ottenute le curve, rappresentate in figura 5, per altezze di 2,5 A; 1,25 A; 833 A; 0,416 A; 0,166 A; 0,083 A.

I risultati di questa serie di prove sono stati rappresentati nella figura 5 dalla quale è possibile dedurre una relativamente modesta influenza dell'altezza del parallelepipedo sulla anomalia. Infatti, in accordo con la distribuzione del campo elettrico generato da un dispositivo a correnti focalizzate, l'anomalia non aumenta praticamente più per altezze maggiori di 0,5 A. E' inoltre da notare che l'altezza del parallelepipedo modifica solo marginalmente la larghezza dell'anomalia.

### 3.4 - *Influenza della larghezza*

L'ultimo parametro che è stato fatto variare è la larghezza  $l$  che ha assunto i valori di 2,5 A; 1,25 A; 0,833 A; 0,416 A; 0,208 A, mentre fissi sono rimasti la profondità  $p=0,250 A$ , lo spessore  $s=0,5 A$ , l'altezza  $h=0,833 A$ . I risultati di queste prove sono riportati nella figura 6.

La larghezza ha un'influenza sulla anomalia certamente superiore di quella dell'altezza, pur non raggiungendo gli effetti

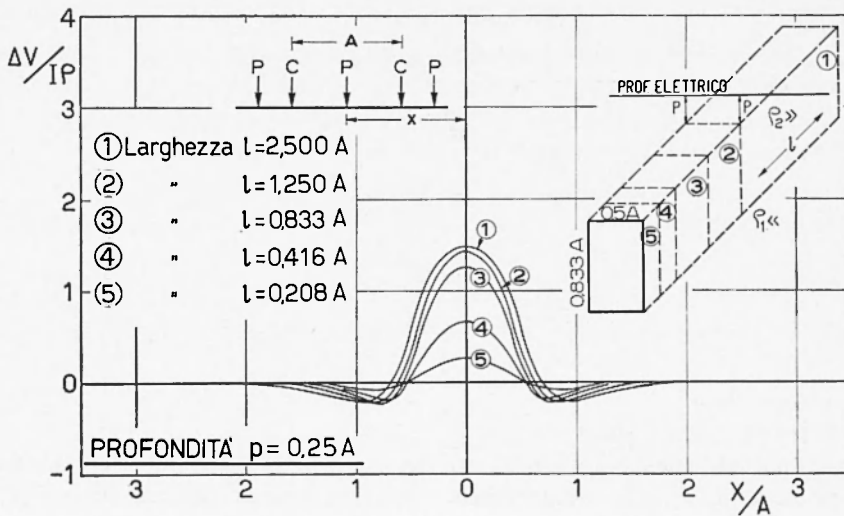
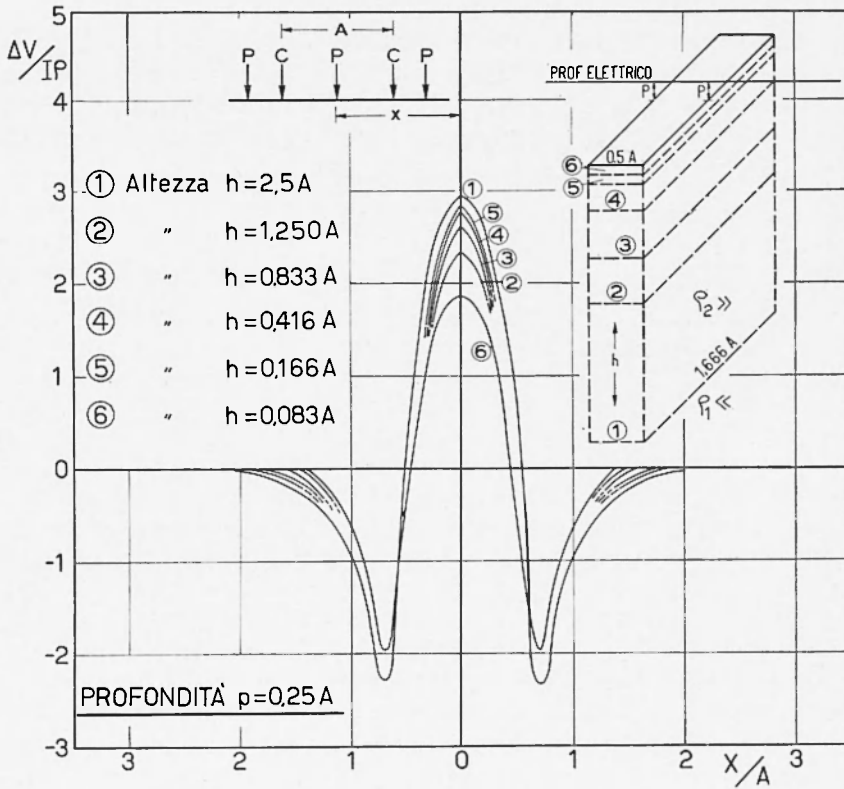


FIG. 5: Anomalie al variare dell'altezza. Profondità spessore e altezza costanti.

dello spessore né tanto meno quelli della profondità. Infatti il valore massimo dell'anomalia aumenta sensibilmente almeno fino a valori della larghezza pari alla distanza elettrodica; al di là di tale valore l'influenza risulta nettamente più modesta. D'altro canto la larghezza del parallelepipedo non sembra avere apprezzabili effetti sulla larghezza dell'anomalia.

#### 4 - CONFRONTO FRA I RISULTATI DEL DISPOSITIVO FOCALIZZATO E DELLO SCHLUMBERGER.

Come accennato nelle premesse, oltre allo studio dell'influenza della profondità e dei parametri geometrici del parallelepipedo sulle anomalie, scopo delle prove era anche quello di effettuare un confronto tra il dispositivo a correnti focalizzate e il dispositivo Schlumberger.

Come detto, i valori della anomalie che si ottengono con il dispositivo a correnti focalizzate, sono dati come rapporto tra la differenza di potenziale misurata e la corrente immessa. Per contro il dispositivo Schlumberger misura variazioni di resistività apparente. Pertanto le anomalie ricavate con i due differenti dispositivi non sono confrontabili direttamente.

D'altra parte un confronto qualitativo può essere fatto riportando i valori massimi del rapporto  $\Delta V/I\rho$  e della resistività apparente in funzione della variabile in esame (riferita alla distanza elettrodica  $A$  od  $AB$  rispettivamente per il dispositivo a corrente focalizzata e per lo Schlumberger)(\*). Nelle figure 7 e 8 sono graficati i valori  $\Delta V/I\rho$  max e  $\rho_a/\rho_i$  max rispettivamente in funzione della profondità e dello spessore.

Per la larghezza e l'altezza non si è potuto fare un confronto tra i due dispositivi in quanto le prove fatte con il dispositivo

---

(\*) Si ricorda che i risultati delle prove realizzate con il dispositivo Schlumberger sono stati riportati in una precedente nota (Brizzolari, 1972).

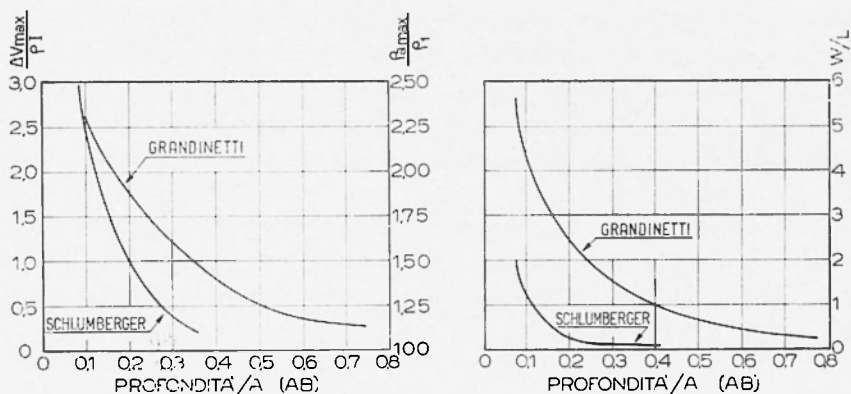


Fig. 7: Andamento dei valori massimi  $\Delta V/\rho I$  e  $\rho_a/\rho_1$  (a sinistra) e dell'indice di risoluzione  $W/L$  (a destra) in funzione della profondità per i due dispositivi.

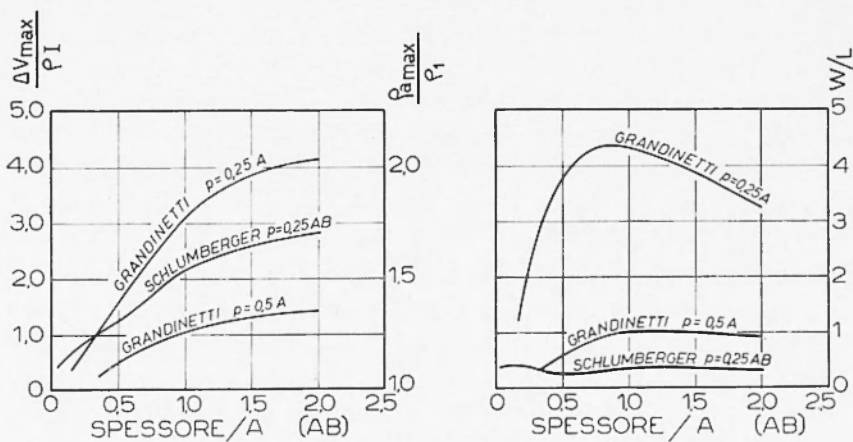


Fig. 8: Andamento dei valori massimi  $\Delta V/\rho I$  e  $\rho_a/\rho_1$  (a sinistra) e dell'indice di risoluzione  $W/L$  (a destra), in funzione dello spessore per i due dispositivi.

Schlumberger si riferiscono ad una profondità del parallelepipedo minore di quella impiegata per il dispositivo a correnti focalizzate. Ciò si è reso necessario in quanto per profondità maggiori lo Schlumberger non forniva anomalie sperimentalmente significative. Comunque in figura 9 sono riportati i valori  $\Delta V/I\rho$  massimo in funzione della larghezza e dell'altezza del parallelepipedo.

E' opportuno ora notare che il valore massimo dell'anomalia non è generalmente sufficiente ad indicare compiutamente la individuabilità dell'anomalia. Infatti una anomalia è tanto più significativa, a parità di valore massimo, quanto più è « stretta » cioè quanto più breve è il tratto di profilo interessato dall'anomalia stessa.

Stucchi (1972) propone come parametro della individuabilità dell'anomalia un « indice di risoluzione » definito come rapporto tra il massimo valore della anomalia e la larghezza della curva anomala in corrispondenza del valore massimo ed indicato con  $W/L$ .

Un utile confronto tra i due dispositivi sembra pertanto essere possibile sulla base dell'indice di risoluzione precedentemente definito. Nelle figure 7 e 8 sono stati perciò riportati assieme ai valori massimi delle anomalie, anche gli indici di risoluzione  $W/L$  sia per il dispositivo a correnti focalizzate che per lo Schlumberger. Nella figura 9 l'indice di risoluzione è stato riportato solo per il dispositivo focalizzato sebbene come detto non sia possibile il confronto tra i due dispositivi.

Tutto ciò premesso vediamo di confrontare i risultati ottenuti con il dispositivo a correnti focalizzate con quelli relativi al dispositivo Schlumberger. Si faccia riferimento dapprima alla figura 7; sia l'andamento dei valori massimi che quello dell'indice di risoluzione in funzione della profondità, mostrano una migliore penetrazione del dispositivo a correnti focalizzate cioè una migliore risposta a parità di profondità. Ciò risulta evidente per l'indice di risoluzione per il quale i due dispositivi sono confrontabili direttamente in valore assoluto. Per i valori massimi se ci si riferisce ad esempio alla risposta in corrispondenza di una profondità pari a 0,1 della distanza elettroica si può vedere che in corrispondenza di una profondità di 0,3 la risposta

del dispositivo a correnti focalizzate si è ridotta del 50% mentre per lo Schlumberger tale riduzione risulta dell'84% (\*).

E' quindi evidente la migliore penetrazione del dispositivo a correnti focalizzate rispetto allo Schlumberger.

Passiamo ora ad esaminare il comportamento dei due dispositivi in relazione all'influenza dello spessore. Si faccia rife-

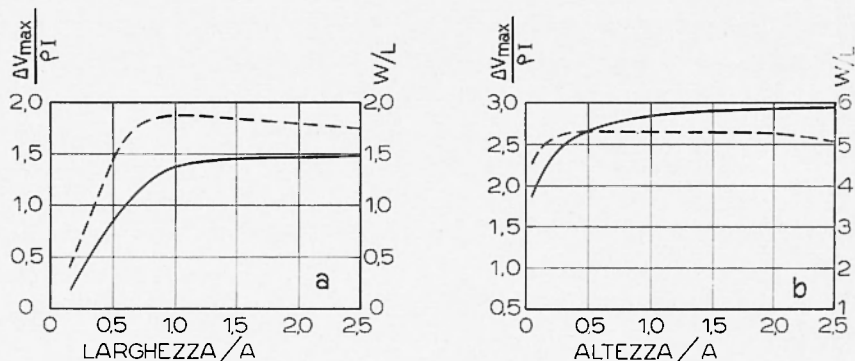


FIG. 9: Andamento dei valori massimi  $\Delta V/\rho I$  (a tratto continuo) e dell'indice di risoluzione (a tratteggio) in funzione della larghezza e dell'altezza, per il dispositivo a correnti focalizzate.

rimento alla figura 8 nella quale sono riportati per il dispositivo a correnti focalizzate i risultati riferiti a due differenti profondità.

Anche in questo caso appare evidente dall'andamento dell'indice di risoluzione e dei valori massimi delle anomalie il miglior

(\*) Nel dispositivo Schlumberger il valore dell'anomalia non è direttamente la resistività apparente, ma piuttosto la differenza tra questa e il valore della resistività del mezzo circostante il corpo (uno nel nostro caso). Pertanto le variazioni percentuali dell'anomalia sono state calcolate con l'espressione:

$$\frac{Q_n (p=0.3 AB) - Q_1}{Q_n (p=0.1 AB) - Q_1} \cdot 100$$

comportamento del dispositivo focalizzato. Solo in corrispondenza dei valori minori dello spessore sembra, in accordo con l'andamento della distribuzione del campo, che il dispositivo Schlumberger dia risultati più apprezzabili. Dalla figura 8 infine, si può dedurre come l'indice di risoluzione per il dispositivo a correnti focalizzate diminuisca, quando lo spessore è maggiore della distanza elettroica.

Nella figura 9 sono riportati gli andamenti dei valori massimi e dell'indice di risoluzione per il dispositivo a correnti focalizzate. E' possibile così mostrare sinteticamente l'influenza di questi due parametri sulle anomalie.

#### CONCLUSIONI

Le prove su modelli, realizzate per un corpo parallelepipedo resistivo immerso in un mezzo omogeneo isotropo conduttivo con l'impiego di un dispositivo a correnti focalizzate, hanno permesso di individuare l'influenza della profondità e delle dimensioni del corpo anomalo sull'andamento dell'anomalia.

Il confronto con i risultati di prove analoghe realizzate con dispositivo Schlumberger ha messo in evidenza la migliore penetrazione e sensibilità, rispetto alle variazioni delle dimensioni del corpo anomalo, del dispositivo a correnti focalizzate.

## BIBLIOGRAFIA

BRIZZOLARI E., 1972 - *Risultati di prove su modelli. Profili di resistività apparente per corpi parallelepipedi resistivi immersi in un mezzo omogeneo isotropo conduttivo.* « Annali di Geofisica », XXV, 4.

BRIZZOLARI E., 1975 - *Risultati della ricerca di vuoti sotterranei con il metodo dei profili di resistività in una zona delle fondazioni di un Viadotto.* « Annali di Geofisica », XXVIII, 1.

GOUDSWARD W., 1957 - *On the effect of the tank wall material in geoelectrical model experiments.* « Geophysical Prospecting », V, 272.

GRANDINETTI M., 1967 - *Una nuova disposizione elettrodica per la ricerca di corpi di limitate dimensioni.* « Bollettino di Geofisica Teor. e Appl. », IX, 35.

GRANDINETTI M., 1968 - *Risultati di prove su modelli relative ad una nuova disposizione elettrodica per la ricerca di corpi di limitate dimensioni.* « Bollettino di Geofisica Teor. e Appl. », X, 39.

STUCCHI M., 1972 - *Ricerca di un dispositivo elettrodico ottimale nella prospezione geoelettrica di corpi sepolti.* « Bollettino di Geofisica Teor. e Appl. », XIV, 53.