

DEĞİŞKEN FREKANSLI İ.P. METODU HAKKINDA KRİTİK VE YENİ BİR PARAMETRİ TEKLİFİ

Akın GÖKİŞİK*;

ÖZET :

Değişken frekanslı İP Metodunda kullanılan şarjibilite ve metal faktör parametreleri laboratuvar ve arazi çalışmaları ile etüd edilmiş, bu parametrelerin genel olarak bir kayma ve zahiri anomaliler verdiği görülmüş ve bu parametreler yerine yeni bir parametri olan (AE) delta empedans teklif olunmuştur.

ABSTRACT:

Two parameters, namely chargeability and metalfactor of İP method have been studied both in tffc field and in the laboratory and it was found that these parameters generally gave rise to a shift of the anomalies and also gave rise to apparent anomalies.

Use of a better parameter namely Delta Impedance was also suggested.

Henüz yakın zamanlarda geliştirilmeye başlanmış olan DEĞİŞKEN FREKANS İ.P. metodu, ortamın (yer kabuğunun) (p) konduktivitesinin frekansa tabi olarak değişmesi olayının maden jeofizikine tatbiki şeklinde tanıtılabilir.

Çok çeşitli jeolojik şartlarda kabili tatbik olan bu metod bilhassa baz metallerin sülfürlü mineralleri ile killerde ve dolayısı ile su problemlerinde muvaffakiyetle tatbik edilebilmektedir. Metodun diğer metodlara nazaran en önemli üstünlüğü sülfürlü minerallerin dissemine yataklarının aranmasında da muvaffakiyetle tatbik edilebilmesidir.

Yukarda kısaca temas etmiş olduğumuz konduktivitenin frekansa tabi olarak değişmesi, fizikte overvoltage hadisesi olarak bilinen sebebe dayanmaktadır. Metod üzerinde yapacağımız kritiklere ışık tutacağı kanaaüle bu olayı kısaca incelemek faydalı olacaktır.

Overvoltage

Her hangi bir ortamın belirli iki noktasından, bilinen şiddetde bir İ (D.C veya A.C) akım geçirildiğini ve bahsolunan noktalar arasındaki Z empedans değerinin bilindiğini farzedelim. Aralarından akım geçirdiğimiz iki nokta arasında, Ohm kanununa göre ($V_i = \dot{I} \cdot Z$) bir V_i potansiyelinin ortaya çıkması beklenir. Ancak bu münasebet kabaca doğru olup hadise hassas olarak tetkik edildiğinde, bu münasebetin $V_i - \dot{I} \cdot Z = V_0$ [1] olduğu görülür.

*) Jeofizikçi
M.T.A. Enstitüsü

Burada V_0 ortamda hasil olan overvoltage potansiyelidir. Yukarda tarifi yapılmış olan overvoltage hadisesinin çok çeşitli sebeplere dayandığını belirttikten sonra bunları tafsilatlı olarak tetkik etmeksizin yalnızca listelemek bu yazıda yapılacak münakaşalar için kafidir. Bu sebepler:

- 1) İyonik polarizasyon
- 2) İyonik polarizasyon neticesinde doğan elektrofiltrasyon potansiyeli
- 3) Elektro-statik polarizasyon
- 4) Termik polarizasyon
- 5) Elektrokimyevi hadiselerin yarattığı polarizasyon
- 6) Elektromagnetik polarizasyon
- 7) Bilinmeyen ve az tesirli diğer sebepler

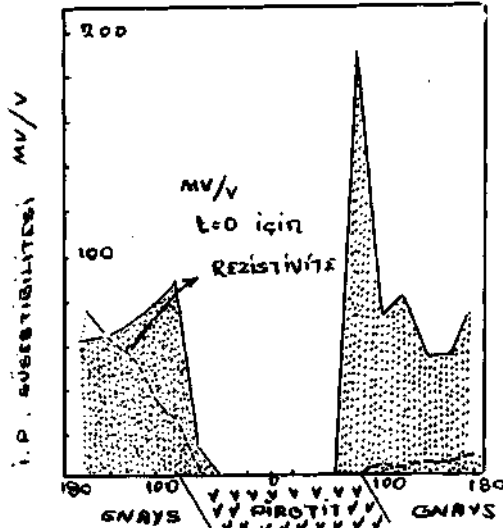
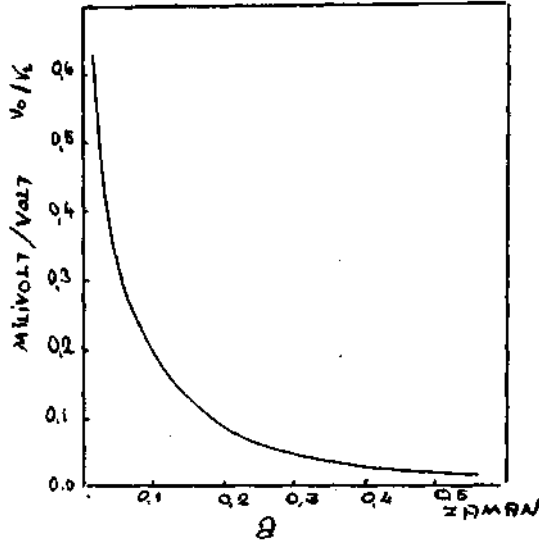
Ortamın özelliğine, kullanılan akımın dalga şekline, şiddetine ve frekansına tabi olmak üzere yukarda sıralanan sebeplerden (Termik Polarizasyon hariç) herhangi bir veya birkaçı hadiseye en çok tesir eden faktör haline gelebilirler.

Bu faktörlere tâbi olarak ortaya çıkan overvoltage potansiyeli, ortama tatbik edilen akımın kesilmesi anında kaybolmamaktadır. Overvoltage potansiyelinin akım kesildikten sonra sönerek ortadan kalkması zamana bağlı eksponansiyel bir fonksiyona tabidir.

Overvoltage potansiyelinin bu özelliği Puls Tipi İ.P. metodlarının esasını teşkil etmektedir. Değişken frekanslı İ.P. metodunun geliş-

meşinden çok öncede tatbik edilmekte olan bu metotta, overvoltajın sönüm şeklinden istifade ile hazırlanan İ.P. Süseptibilitesi, parametri olarak anomallerin tarifinde kullanılmıştır. (Şekil 1) .

Puls Tip İ.P. metodunun saha tatbikat ve aletleri çok kompleks olduğundan overvoltaj tesirlerinin daha basit şekillerde ölçülmesi ihtiyacı doğmuş ve bu da Değişken Frekans İ.P. metodunun çıkmasına sebep olmuştur.



Şekil 1 b

a) Overvoltajın Zamanla Sönümü

(J. R. WAİT)

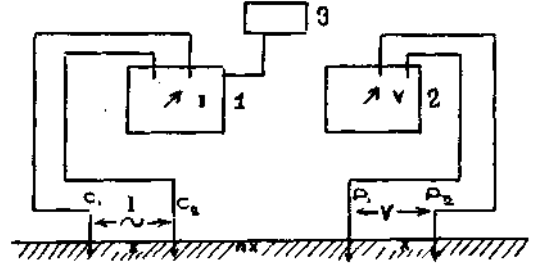
b) Pirotit daykının İ.P. Süseptibilitesi anomalisi

(D. F. BLEİL)

Değişken Frekanslı İ.P. Metodu

Değişken Frekanslı İ.P. Metodunda herhangi bir elektrot sistemi ile (Venner, Pol Dipol, Dipol Dipol vb.) Rezistivite metodlarında olduğu gibi yerden akım geçirilmektedir.

Ancak bu metotta, Rezistivite metodlarından çarklı olarak elektrotların her pozisyonunda, yerden iki ayrı frekansda akım geçirilmekte ve sırası ile bunlara tekabül eden potansiyeller ölçülmektedir.



Şekil 2: Dipol Dipol Elektrot Sistemi ve İ.P. ölçü aletlerinin elektrotlara bağlanış şeması

1) Verici: Yerden DC veya istenilen frekansda akım geçirebilen ve bunun şiddetini ölçen sistem

2) Alıcı: P, Pj arasında doğan DC veya AC voltajını [xV mertebesinde ölçülebilen sistem.

3) Vericiyi besliyen alternatör sistemi.

Ölçülmüş olan her iki akıma tekabül eden I ve V çiftlerinden p_{DC} ve p_{AC} zahiri resistivite değerleri hesap edilmektedir.

İki ayrı frekanslı veya biri DC biri AC akımla ölçülmüş olan bu iki zahiri resistivite değeri, pek nadir haller hariç, normal şartlarda daima farklı olmaktadır.

Yukarda, frekans değişiminin ve ortamdan akım geçmesinin ohm kanunu haricinde bir V_0 yarattığını söylemiştik. (1) Bağıntısını $V_0/I - V_0/I_s = Z$ şeklinde yazarsak ve burada $V_0/I = Z_0$ ve $Z_0 + Z = Z'$ ikamesi ile

$V_0 = I \cdot Z'$ 12] ifadesi elde edilir.

Bu ifade ohm kanunu ifadesine benzer olup farkı empedansın sabit olmayıp overvoltaj fonksiyonu olmasıdır. Böylece overvoltaj olayını bir polarizasyon değilde empedans değişmesi şeklinde incelemek imkânı doğmuş olur. Bu tarz düşünüş, Değişken Frekans İ.P. Metodu ölçü tekniğine daha uygun geldiğinden, prospeksiyonda yerde vukubulan overvol-

taj hadisesi, yukarda izah olunduğu şekilde bir rezistivite değişimi olarak ölçülmektedir. DC ve AC ile ölçülen iki zahiri rezistivitenin gösterdiği $\Delta\rho$ farkının ρ_{DC} ve ρ_{AC} ile çeşitli kombinasyonlan neticesinde propeksiyonda kullanılan parametreler hesap edilebilmektedir.

Değişken Frekanslı İ.P. Metodunda Kullanılan Parametreler

Değişken Frekanslı İ.P. Metodunda en fazla kullanılan parametre Metal Faktördür.

$$M.F. = K. \frac{\rho_{DC} \cdot \rho_{AC}}{\rho_{DC} \cdot \rho_{AC}} = K. \frac{\Delta\rho}{\rho_{AC} \cdot \rho_{DC}} \quad K=2\pi 10^5 \quad [3]$$

ifadesi ile tarif edilen Metal Faktör parametrisi, şiddet bakımından yan kayaç rezistivitesinin tesiri altında kalmadığı iddiası ile bu metodda ana parametri olarak benimsenmektedir.

Kondüktivite boyutunda olan bu parametrisinin kantitatif stabilizasyonuna o derece inanılmıştır ki anomali şiddetinden formasyonlardaki dissemine sülfürlü mineral yüzdesinin dahi bulunabileceği; veya buna yakın fikirler ileri sürülmüştür. (Donald Marshal ve Theodore R. Madden, 1959 geophysics, Vol. 24, sayife 790)

Yukarıdaki referanstan alınmış olan aşağıdaki liste 1, dissemine sulfit yüzdelere göre beklenen MF değerlerini göstermektedir.

Normal MJF. Değerleri (10 cps.)

| Taş Tipi ve Mineralizasyon | Metal Faktör |
|---|-----------------|
| Mineralize olmayan granitler | 1 |
| Mineralize olmayan bazik kayaçlar | 1 — 10 |
| Çok az dissemine sulfitler | 10 — 100 |
| (1-3 %) dissemine sülfitler | 100 — 1000 |
| (1-30 %) çatlaklar içerisindeki sülfitler | 1000 — 10.000 |
| Masif sülfitler | 10000 den büyük |

LİSTE I

Hakikatte, overvoltage sebeplerinden de anlaşılabilir gibi, aynı sebeplerin yarattığı M.F. parametrisinin aşağıdaki faktörlerle değişeceği kabul edilmelidir.

Bu faktörler:

a) İyonik Polarizasyon şiddetini tahdit yönünden; formasyonun ıslaklığı ve ihtiva ettiği iyonize olabilen materyal miktar.

b) Filtrasyon Potansiyelini tahdit yönünden, formasyonun porozitesi, ortalama gözenek çapı ve çatlak durumu.

c) Formasyonun kimyevi terkibi.

d) Elektrostatik ve Elektromagnetik polarizasyonu tahdit yönünden, birim hacimdeki serbest ve bağlı elektron sayısı ve bunların birbirine oranı ile dissemine kondüktif partikül miktar.

Bütün bunlar M.F. parametrisinin şiddetine tesir etmektedirler.

Bu derece çok değişkenin fonksiyonu olan Metal Faktör parametrisinin liste 1 de yapılmış olduğu şekilde yalnız disseminasyon yüzdesinin fonksiyonu olarak mütaleası veya kabulü hayli zor olmaktadır.

Şarjibilite (Frekans Tesiri)

Pratikde

$$\eta = K. \frac{\rho_{DC}}{\rho_{DC} \cdot \rho_{AC}} = K. \frac{\Delta\rho}{\rho_{DC}} \quad K=2\pi 10^5 \quad [4]$$

ifadesi ile belirli olan Şarjibilite parametrisi [4] ifadesinden de görüldüğü gibi boyutsuzdur.

Overvoltage'nin sebep olduğu rezistivite değişmesini, (PDC-PAÇT^AP) ^{v a n} kayacın rezistivitesine oranla yüzde olarak ifade eden bu parametri, lokasyon sıhhati bakımından jeolojik duruma göre çok kere M.F. den daha iyi netice vermektedir.

Böyle olduğu halde, şarjibilite Parametrisi ile hazırlanmış anomallerin civar kayaç rezistivitesi ile şiddet değiştirebileceği iddiası bu parametrenin pratikte pek rağbet görmemesine sebep olmuştur.

Yapmış olduğumuz saha, laboratuvar ve teorik incelemeler neticesinde M.F. anomallerinin jeolojik durumla ilgili olarak, çoğu zaman yer değiştirme ve zahiri yükselişler gösterdiği, Şarjibilite Parametrisinin ise M.F. e nazaran çok az da olsa aynı mahzurlara sahip olduğu anlaşılmuştur.

Metod esasen baz metallerin sülfürlü mineral yataklarını bulmakta önemli olduğuna göre, kullanılan parametriye karşılık elde edi-

len anomalilerin cevher üzerinden kayma miktarları çok önemlidir.

Çeşitli muhtemel jeolojik durumlarda teşekkül etmiş bir yatağın muhtelif parametreleri kullanılarak elde edilmiş anomalilerini, kayma (yer değiştirme) yönünden incelemek, yer altındaki mineralizasyon lokasyonunu en az hata ile gösterebilen parametreyi tespit etmek için en önemli husustur.

Aranılan cevher yatakları büyük ekseriyetle fay veya kontak zonlarındaki teşekküller olacağına göre, önce kontakta teşekkül etmiş bir yatağın vereceği anomalileri, matematik olarak incelemek uygun olur.

M.F. = $K \cdot \frac{(p_{DC} - P_{AÇ})}{(P_{DC} + P_{AÇ})}$ ifadesinin, PDC ve PAÇ $Y^e g^{o r c n e}$ Şekilde değişeceğini teorik olarak inceliydim.

İfadenin paydasında $P_{DC} P_{AÇ}$ terimini, $(p_{DC} + P_{AÇ})/2 = P_{ort}$ ile tarifli ortalama rezistivitenin karesi şeklinde mütalea etmek mümkündür. Bu kabul pratikte % 0,1 den daha az bir hata yaptığından mahzursuzdur.

Bu kabuller ile şekil 3 ü incelemek M.F. Parametrisinin kayma durumunu izah için faydalı olacaktır.

Şekil 3a: da.

Homojen bir ortam içerisinde civarına nazaran daha çok polarize olabilen bir kütle-nin yanında meydana getireceği frekansa göre zahiri rezistivite değişmesi temsil edilmektedir.

Şekil 3 b: de

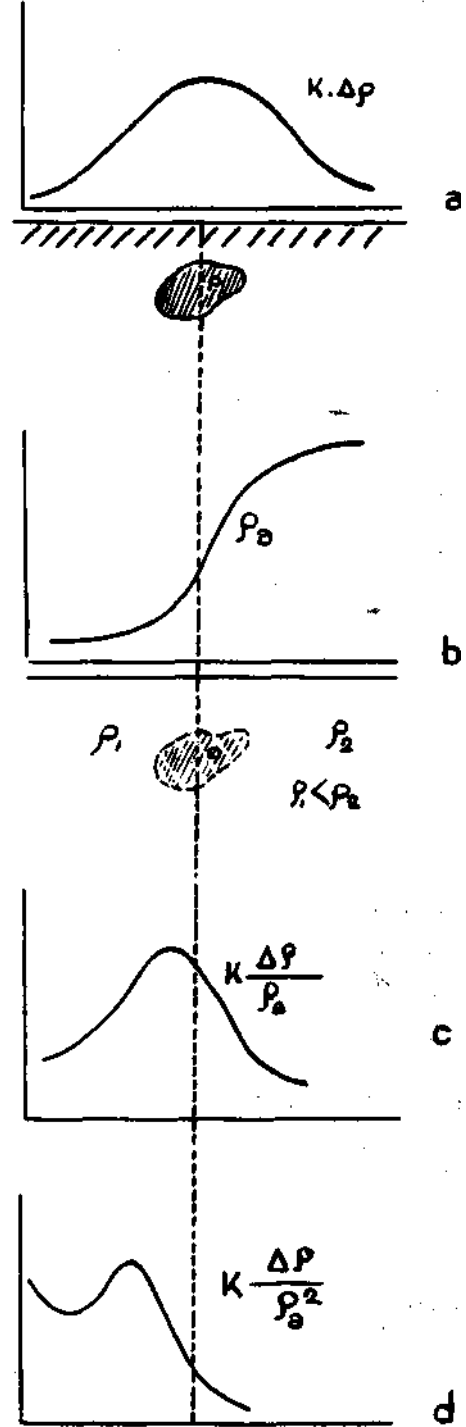
Dik kontak yüzeyli ve $p_1 < p_2$ rezistiviteli iki ortamın sathındaki zahiri rezistivite değişimi gösterilmektedir.

Şekil 3a daki (P) kütlelerinin şek. 3b de, noktali olarak işaretlenen yerde olduğunu farzedelim. Bu durumda P nin vereceği $t/$ Şarjibilite değişimini, karakter olarak, şek. 3a daki eğriyi, şek. 3b deki eğriye bölerek elde etmek mümkündür. Böylece elde edilen eğrinin, P kütleleri şek. 3b deki pozisyonda olsaydı vermesi gereken Şarjibilite değişimine tamamen eşit olduğu iddia edilemez ise de aynı karakterde olduğu söylenebilir.

Şekil 3 c:

Şarjibilite karakterli KAp/p_a eğrisinin maksimum noktası, P üzerinden, küçük rezistiviteli ortam tarafına kaymış olarak görülmektedir. Bu eğrinin maksimumunun, küçük de-

ğerlere bölünerek elde edilen kısma doğru kayması normaldir.



Şekil 3d deki $K \cdot (A_p)/p_a^2$ eğrisi P kütle-sinin vereceği M.F. değişimine karakterce uy*

gun olacağı kabul edilebilir. Şarjibilitede olduğu gibi). Bu eğride KAp p_a^2 ye bölüldüğünden p_a nın küçük olduğu kısımlarda zahiri yükseleme görülmektedir. Gene aynı sebepten maksimum noktasıda daha çok kaymıştır.

Bu hali tahkik için şek. 4 de gösterilen model tecrübe yapılmıştır.

Şekil 4a da tecrübenin yapıldığı tank ve içerisindeki model görülmektedir.

Bu model rezistiviteye çok farklı iki formasyonun düşey kontak yüzeyinde teşekkül etmiş bir pirit yatağının bizim problemimiz yönünden eş değerli küçültülmüş örneğidir.

p_1 ve p_2 rezistiviteli ortamlar p_1 rezistivitesine sahip bakır sülfat çözeltilisi olup şekilde görülen delikli naylon tabakası ile birbirlerinden ayrılmışlardır. Bahsedilen naylon tabaka içerisinde kalan kısmın, yüzeyden ölçülen zahiri rezistivitesini arttırmaktadır.

Naylonun üzerindeki delik miktarı bu ortamın zahiri rezistivitesini p_2 rezistiviteli bir formasyonunkine eşit kılacak şekilde ayarlanmıştır. (1 cm. karede 1 mm. çaplı 2 delik)

Böylece hazırlanmış p_1 ve p_2 rezistiviteli iki ortamın kontaktına şekilde görülen pirizmatik pirit kütlesi yerleştirilmiştir. Satıhdan Venner elektrot sistemi ile alınan ölçülerden tankın verdiği yan tesirler tashih edildikten sonra şekil 3 b, c, d, e de görülen model anomalleri, elde edilmiştir.

Şek. 3b deki p_{ADC} ve p^c zahiri rezistivite eğrileri DC ve AC 10 cps sinüsoidal akım geçirilerek ölçülmüştür. Ölçüler Venner sistemi ile $a = 10$ cm. sabit elektrot aralığı kullanılarak 10 ar santim mesafeli noktalarda alınmıştır.

p_{DC} ve p_{AC} arasındaki (şekildedeki işaret edilmiş olan) fark overvoltage sebebiyle rezistivitenin değişme miktarını göstermektedir.

p_{nc} eğrisinden p^c eğrisinin nokta nokta çıkarılması ile satıhdaki KAp değişimi elde edilmiş ve KAp büyüklüğü grafik olarak şek. 4 de gösterilmiştir.

Elde edilen KAp eğrisinin şek.4b deki p_{DC} eğrisine nokta nokta bölünmesi ile modelin verdiği $m_1 = KAp/p_{DC}$ Şarjibilite anomalisi hesap edilmiştir. (şek.4d)

t) değişimi incelendiğinde şekilde işaret

olunduğu gibi maksimum noktasının pirit merkezi üzerinden rezistivitesi küçük ortama doğru kaymış olduğu görülmektedir.

Şekil 4d görülen $t) = KAp/p_{DC}$ Şarjibilite anomalisini şek.4b deki p_{AC} eğrisine bölerek M.F. anomalisi elde edilmiştir, (şek 4e).

Sek. 4e de M.F. anomalisinin model çevher üzerinden fazlası ile kaydığı ve rezistivitesi küçük ortamda çok fazla zahiri yükseliş gösterdiği görülmektedir. Bu haller şek. 3 yardımı ile teorik olarak yapılmış olan düşünüş neticelerini aynen teyit etmektedir.

Bu durum karşısında yer değiştirmemesi ve zahiri yükselmeler göstermemesi bakımından KAp değerini (AE) Delta Empedans ismi ile bir parametresi olarak kullanmanın daha uygun olacağı düşünüşüne varılmıştır.

Şek.4c de A E anomalisi maksimumunun tamamen pirit merkezi üzerinde kaldığı dikkate alınırsa bu şartlarda A E parametresinin daha muvaffak bir büyüklük olacağı kabul edilebilir.

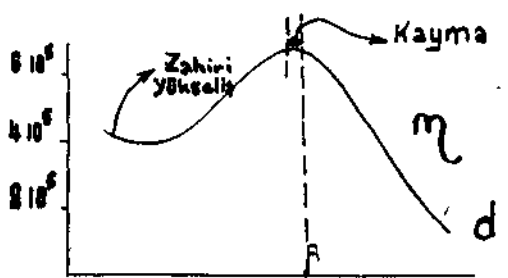
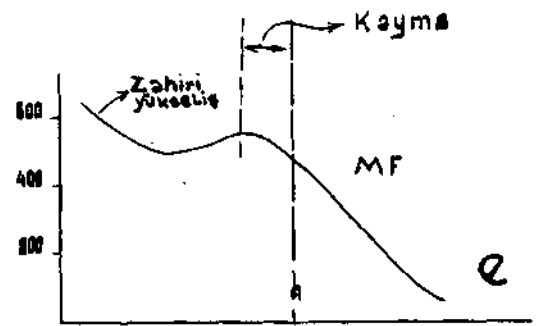
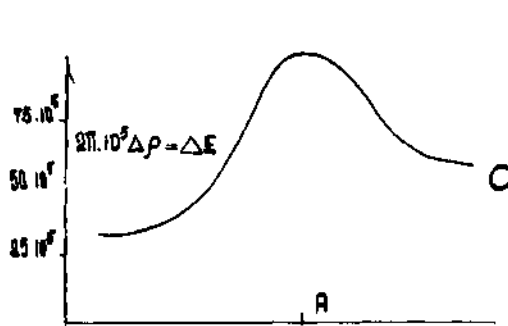
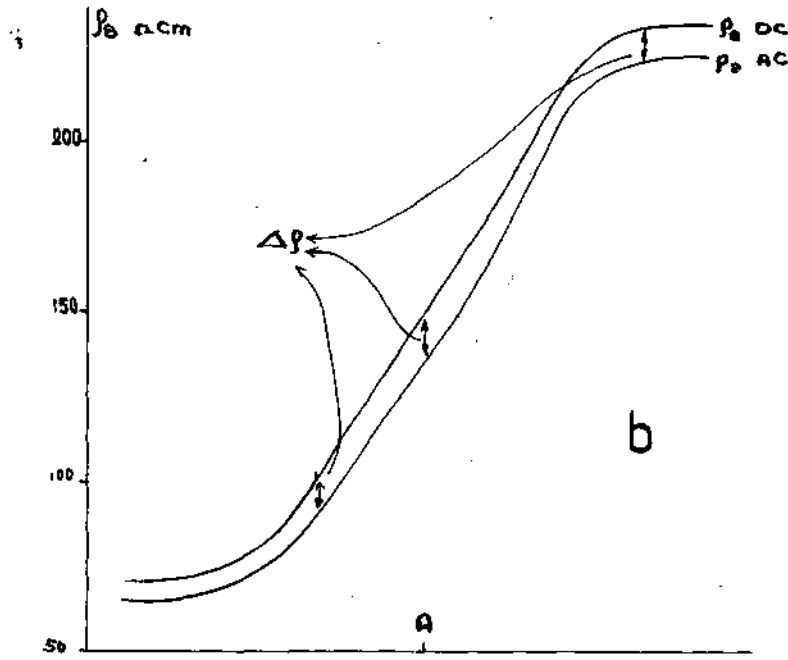
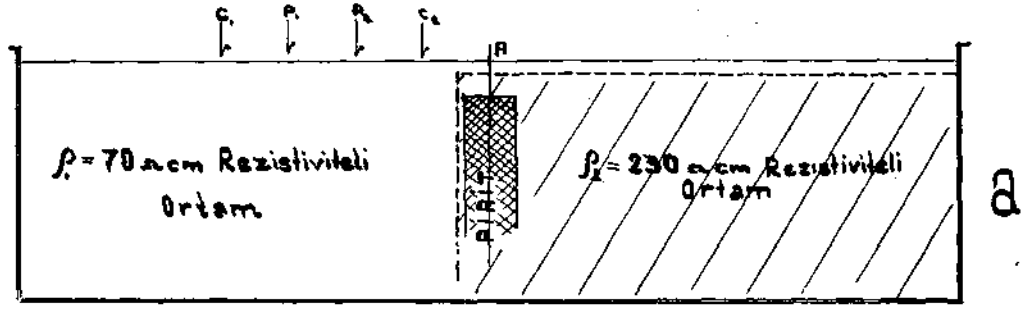
Şimdi bu mülahazaları gerçeklemek gayesi ile yapılan saha çalışmasını, ve elde edilen neticeleri inceliyelim.

Deneyler Balâ Kazası civarındaki Köpek Tepesi mevkiinde bulunan Diabaz içindeki, dissemine pirit ihtiva eden kuvars daykalan üzerinde yapılmıştır.

Şek. 5 de Jeolojik kesiti verilen profil üzerinde Venner elektrot sistemi ile a elektrot aralığı, sırası ile $a = 5$, $a = 10$, $a = 15$, $a = 30$, $a = 45$, $a = 60$ ve $a = 90$ metrelerde sabit tutularak kaymalar şeklinde ölçüler yapılmış ve $a = 90$ metre derinliğine kadar kesit analiz edilmiştir.

Elde edilen ölçülerden Metal Faktör, A E ve rezistivite büyüklükleri hesap edilerek ayrı ayrı kesitler halinde hazırlanmıştır. Şekil 5 de bunlar bir arada gösterilmektedir. Her üç kesitte de 107 No lu noktanın altında görülen vertikal çizgi buradan kesit düzlemine dik geçen ikinci kesiti göstermektedir. Bu iki kesit yardımı ile hazırlanan blok diagramlar şekil 5a da görülmektedir.

Şekil 5 de jeolojik kesitte görülen iki kuars daykı arasında diabaz bloku içinde yer yer içlerinde dissemine pirit olan kuvars kütelleri mevcuttur.

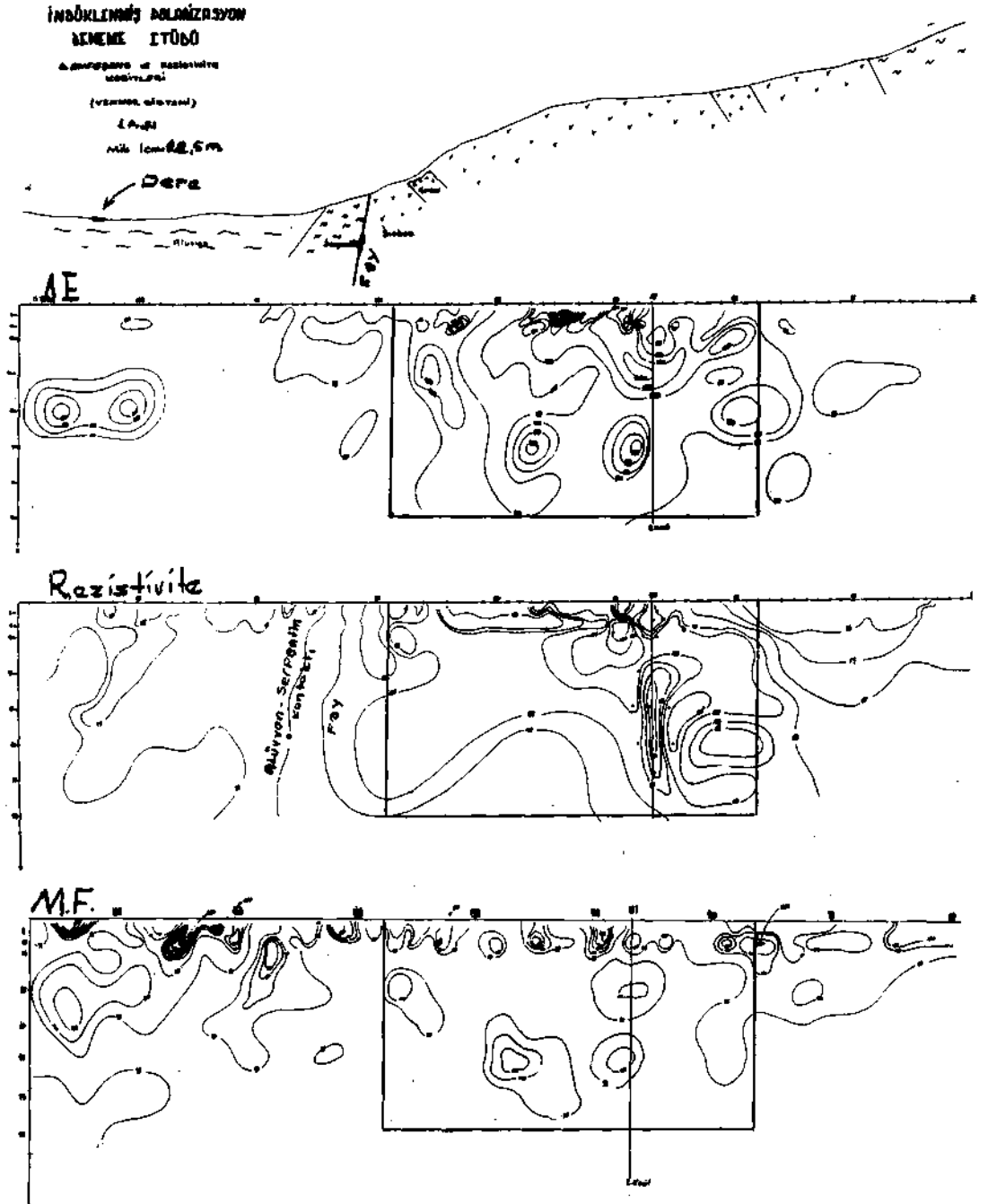


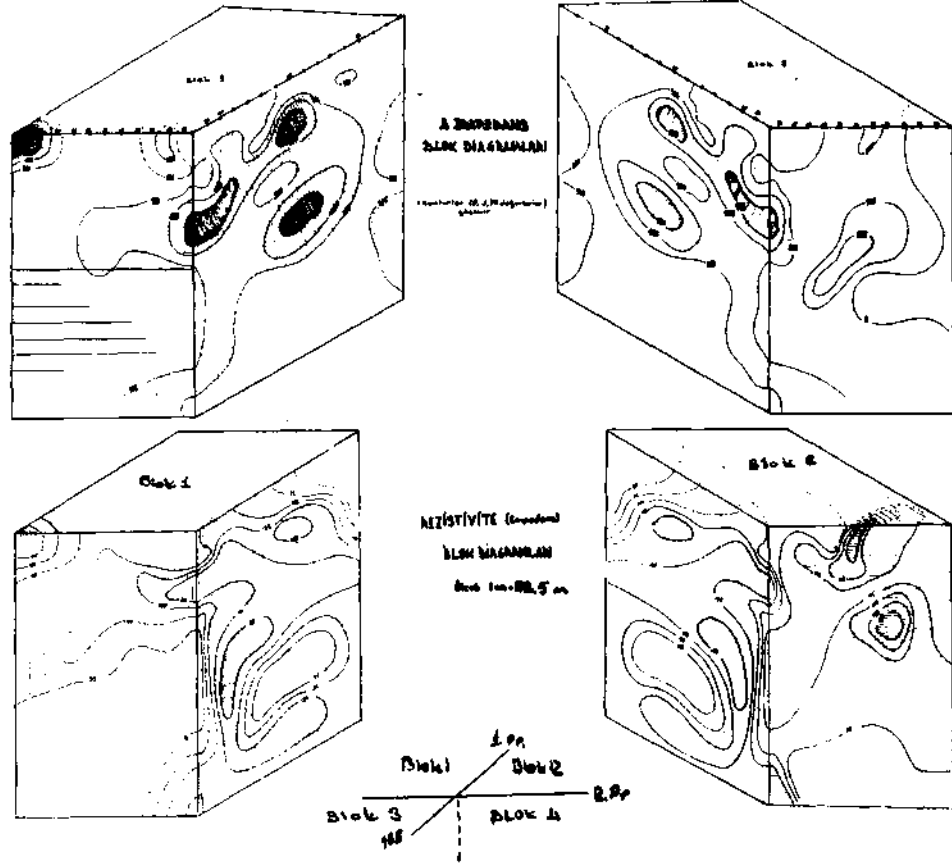
ŞEKİL 4

Resistivite Kesiti

Keşitte'kare içine alınmış olan bu bölge, çevre nazaran top yekun yüksek bir rezistivite göstermektedir, işaretli saha içinde rezistivitenin yer yer değişmesi, bahsolunan pirit-

li kuvarşın yer yer mevcut olup, yekpare olmayışı ile izah edilmektedir. Çerçeve dışında kalan diabazlar içinde kuvarş kütleleri olmadığından daha düşük rezistivite görülmektedir. Alüvyona tekabül eden kısmın ise alçak rezistiviteli oluşu zaten normaldir





ŞEKİL 5 a

Delta Empedans Kesiti

Bu kesitte de içinde dissemine pirit taşıyan kuvars bloklarını ihtiva eden bölgede anomaliler görülmektedir. Bunların da ayrı ayrı kapanmalar göstermesi cevherli kuvarşın yekpare olmadığından dolayıdır. Bu bölge şekilde kare içine alınmıştır.

Metal Faktör Kesiti

Bu kesit jeolojik kesitle birlikte mütalea edilirse anomalilerin alüvyona rastlayan kısımda daha çok ve yüksek değerli olduğu görülür.

Yukarıda izah etmiş olduğumuz bölgenin mineralizasyon durumundan, alüvyon içerisinde pirit bulunma ihtimali kabul olunamaz.

Alüvyon içinde görülen bu anomaliler önceden deneysel ve teorik olarak incelediğimiz zahiri yükselmelerdir.

Bölgede (çok iri taneli) alüvyonun rezisti-

vitesi 50 fim ve altere diabazınki ise 200 fim dir.. M.F. parametrisi rezistivitenin karesi ile ters orantılı olduğunu hatırlayarak basit bir hesapla aynı Ap polarizasyon tesirinin aleviyon içerisinde 16 defa daha büyük anomali vereceği anlaşılabilir.

Normal şartlarda, ince taneli bir alüvyon ortamının rezistivitesinin 5-10 fim olacağı ve diyabazın da 200 fi mden daha büyük rezistiviteli olacağı düşünülürse bu oranın onaltıdan çok daha büyük olacağı kabul edilebilir. Halbuki A E kesitinde derenin altına rastlayan alüvyon içindeki tek kapanmadan gayri madenle alakasız görülebilecek anomali mevcut değildir. Böylece denemelerin yapıldığı sahadaki A E büyüklüğüne göre (parametrisine göre) hazırlanan kesit M.F. Parametrisine göre hazırlanan kesitten daha iyi sonuç vermiş- tir denebilir.

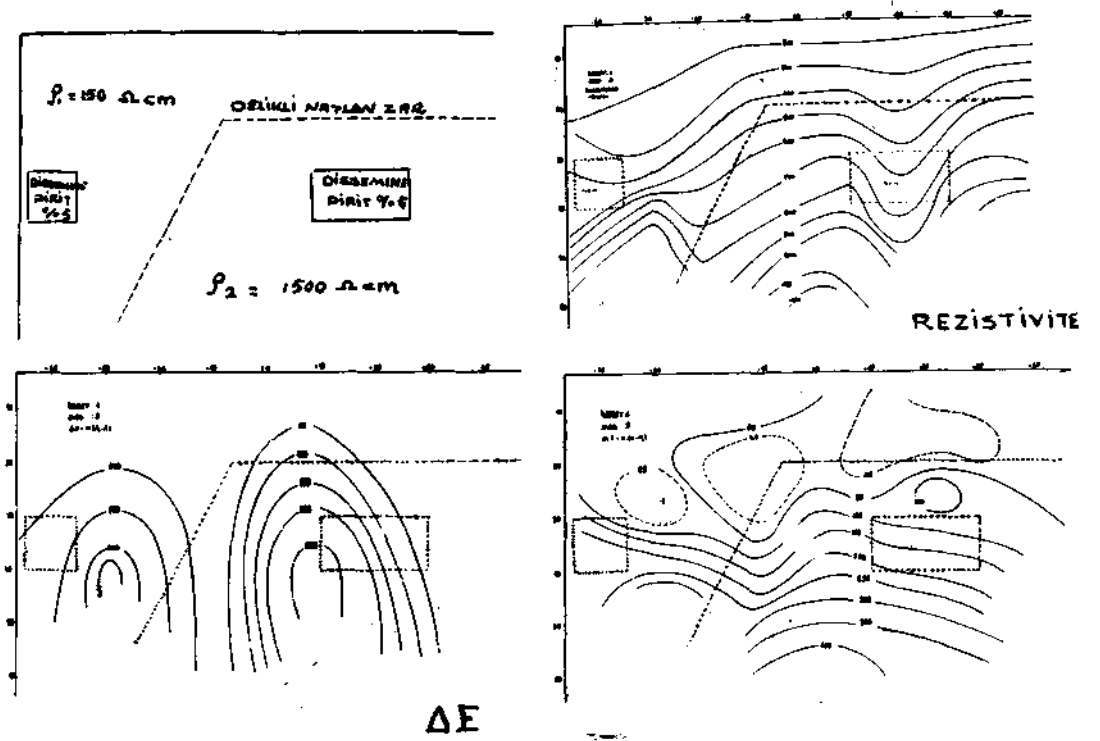
Yukardaki saha çalışmasında M.F. ile A E m yalnızca zahiri anomali verme bakımından mukayesesi yapılabilmektedir.

Çalışılan sahadaki mineralizasyon durumu sondajla tam olarak tesbit edilmemiş olduğundan, anomalilerin kayma durumları incelenememiştir.

M.F. ve A E parametrisleri ile hazırlanan

anomalilerin gerek kayma ve gerekse zahiri yükseltileme yönünden mukayesesi için aşağıdaki model tecrübeleri yapılmıştır.

Şekil 6 a da, Şekil 4 de bahis konusu olan model tecrübeye ki şekilde hazırlanmış model görülmektedir.



ŞEKİL — 6

Rezistivite A E ve M.F. Anomalileri

- Model: İki ortamın rezistivite sırası ile; 150 $\Omega \text{ cm}$ ve 1500 $\Omega \text{ cm}$ dir.
- Rezistivite anomalisi: Dissemine pirit kütlelerinin anomalileri net teşhis edilememekte
- M.F. anomalileri dissemine pirit kütleleri üzerinden kaymış, aynı zamanda zahiri kapanmalar görülmektedir.
- A E: iki dissemine pirit kütlesi üzerinde M.F. e nazaran çok az kaymış iki net anomali, hiç yok.

Modelde, 1 ortamı 2 ye nazaran 10 defa daha iletkenlidir. Kontak yüzeyi bir yatay ve birde eğik düzlemde müttesekkil olup, şekil 6a da kesikli çizgi ile gösterilmiştir.

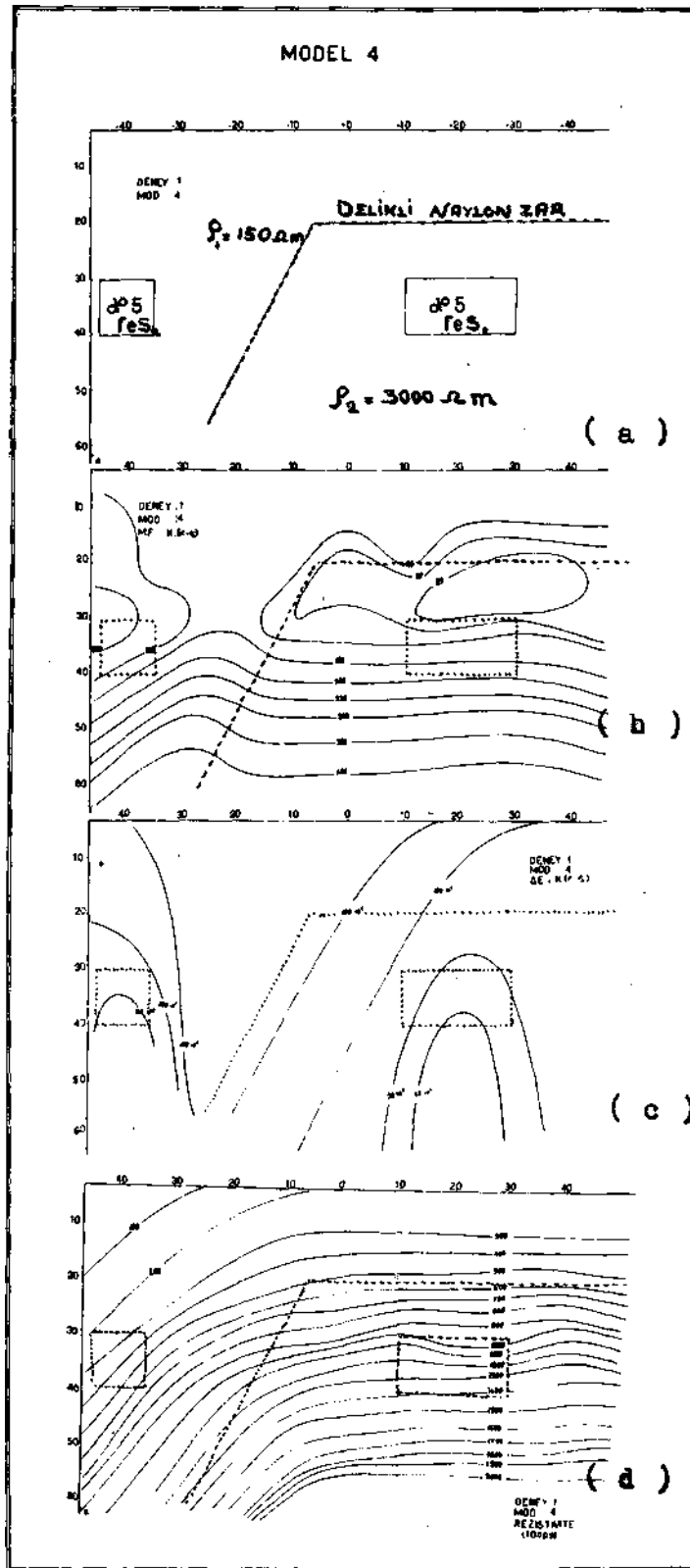
Ölçüler çeşitli (a) aralıkları ile Venner sisteminde, kaymalar şeklinde alınmış ve hesaplanarak elde olunan kesitler şekil 6 b, c, d de gösterilmiştir.

Şekil 6b: Rezistivite kesitinde elde edilmiş olan anomaliler gerek kontaklar üzerinde ve gerekse dissemine pirit kütleleri üzerin-

de bazı değişiklikler göstermektedir. Fakat bu değişimlerin dissemine pirit kütlelerinden gelenleri diğerleri yanında karakteristik bir fark göstermemektedir.

Görülen anomaliler bilinen bir modele ait olmasaydı bunlardan dissemine kütleleri işaret edenlerini seçmek hayli güç hatta imkânsız olurdu.

Şekil 6c: Metal Faktör kesitinde dört kapanma mevcuttur. Fakat modelin tetkikinde, bunlardan hiç birinin dissemine pirit kütleleri üzerinde olmadığı görülür.



ŞEKİL 7

Diğer taraftan modelde yalnızca iki dilemine pirit bloku bulunduğu halde, kesitte dört kapanma görülmesi ve bunların bir birine nazaran karakterce seçilebilir bir fark göstermemesi M.F. parametrisinin bu şartlarda kifayetsizliğini ortaya çıkartmaktadır.

Şekil 6d: de ise, modeldeki dissemine pirit kütleleri üzerinde A E anomalilerinin M.F. e nazaran çok daha az ve tefsiri mümkün şekilde de bir kayma ile iki bariz anomali verdiği görülmektedir.

Modeldeki iki dissemine blok a karşılık kesitte yalnızca iki bariz kapanışın görülmesi ve hiç zahiri anomalinin bulunmaması A E parametrisinin bu şartlarda en iyi netice verdiğini göstermektedir.

Şekil 7: a, b, c, d de aynı modelin iki ortama ait p_1 ve p_2 rezistivite oranı artırılmak sureti ile tekrar ölçülmesinde elde edilen neticeler görülmektedir.

Modelde ikinci ortamı ayırarak naylon zar üzerindeki delik konsantrasyonu azaltılmak suretiyle p_2 rezistivitesi 3000 fım ye çıkartılmıştır. Ve böylece ikinci ortam birinciye nazaran 20 defa daha yüksek rezistiviteli hale getirilmiştir.

Bu durumda şekil 7 b de M.F. kesitinde p_2/p_1 oranının 10 dan 20 ye çıkarılışı, anomaliler üzerinde fark edilir bir değişme göstermektedir. Bu durumda M.F. anomalileri, tefsir edilebilir bir niteliğe yükselmiş görülmektedir.

Şekil 7c A E kesitinde de anomaliler, bir önceki tecrübeye nazaran çok daha açık görülmektedir.

Modeldeki iki dissemine pirit blokunun verdiği A E anomalileri hiç kaymaksızın tam tesir kütleleri üzerinde görülmektedir. Ayrıca iki ortamın kontak durumu da A E konturları ile gayet açık olarak belirmiş haldedir.

Şekil 7d, rezistivite kesiti: İki ortamın rezistivite oranının artması ile M.F. ve A E kesitlerinin göstermiş olduğu düzelmeye tam ters olarak, dahada belirsiz hale gelmiştir. Ancak kontağa ait emareler gösteren zahiri rezistivite değişimleri dissemine pirit kütleleri üzerinde kayda değer bir anomali vermemiştir.

Bu tecrübeye de A E m M.F. den daha açık netice verdiği görülmektedir.

Şekil 6 ve 7 deki model tecrübelerinde, modelde cevherleşmenin yan kayaçlarını teşkil

eden formasyonları temsil eden p_1 ve p_2 ortamlarının rezistivite oranının değişmesi, anomalilerin sarahat ve şiddetleri üzerinde tesirli görülmektedir. Bu durumun daha açık incelenmesi için şekil 8 de görülen model tecrübe yapılmıştır. Bu modelde homojen bir vasatta 7r 5 dissemine pirit ihtiva eden dielektrik kütlelenin verdiği anomaliler incelenmiştir.

Tecrübe yapılırken, bahs olunan kütlelenin içinde bulunduğu ortamın p rezistivitesi sırası ile, 50, 100,200, fi cm olarak değiştirilmiş ve buna karşılık herüç parametiri ile hazırlanan kesitlerdeki anomalilerin şiddet ve şekillerinin değişimi incelenmiştir.

Şekil 8 a, b, c, de rezistivite anomalisinin p değıştikçe gösterdiği şiddet ve şekil farklılaşması görülmektedir, p nin her üç değeri için de, elde edilen rezistivite kesitlerinde anomalinin derine doğru devam ettiği görülmektedir. Bu hal rezistivite kesitlerinin inter pretasyonu için hayli enteressan görülmektedir. Anomaliyi veren kütlelenin derine doğru hiç bir imtidadı olmadığı halde anomalinin derinlere doğru devam eder tarzda çıkması interpretasyon da yanıltıcı bir faktördür.

Bu anomali, modelden elde edilmiş olmayıpda saha prospeksiyonunda elde edilmiş olsa idi anomalii veren fiziki farklılığın derinlere doğru devam ettiği yanlış kanaatine varılabildi.

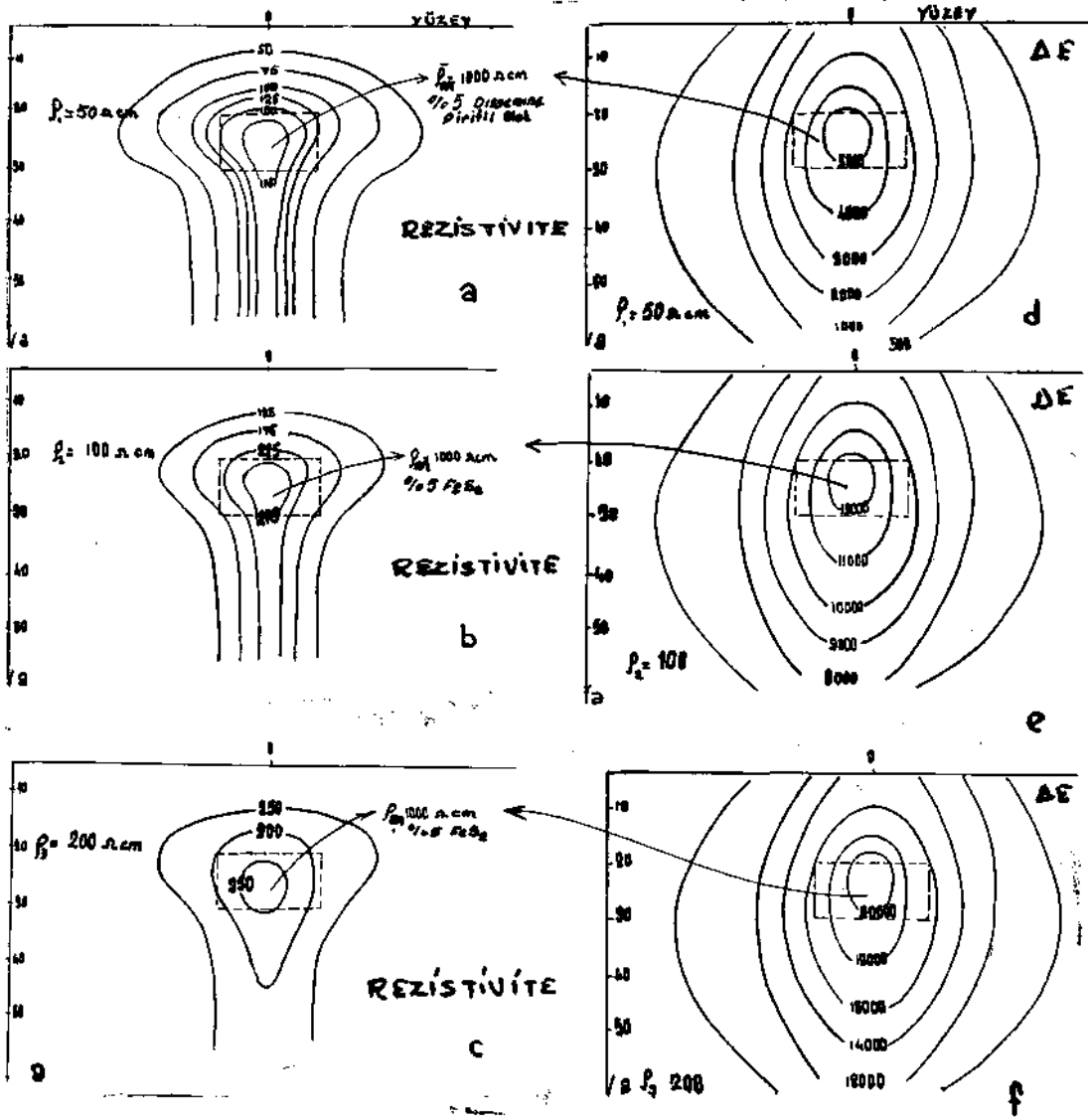
Bu durum aliviyon içerisindeki daha yüksek rezistiviteli küçük bir blokun çok derinlere kadara devam eden bir dayk zan edilmesine sebep olabilir.

Hakikatte rezistif kütle, tıpkı model tecrübelerinde yüksek rezistiviteli zarla ayrılan kısmın zahiri rezistivitesinin yükselmesi hadisesi gibi bir dielektrik şilt vazifesi görerek altına rastlayan kısmın zahiri rezistivitesini yükseltmektedir.

$P^{pi'2'3}$ rezistivite kontrastı azaldıkça, kütle, civarına nazaran yüksek rezistiviteli bir şilt durumunu kaybettiğinden, bu zahiri anomali zonu da azalmaktadır. (Şekil 8 a, b, c,)

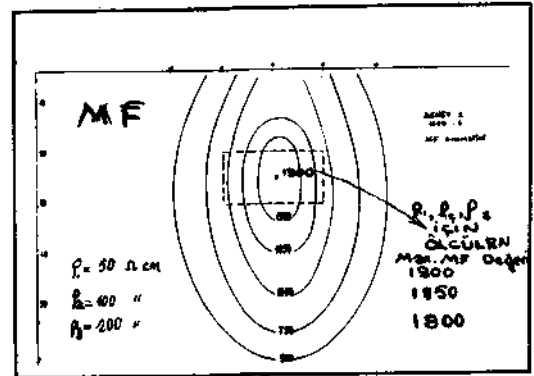
Şekil 8 d, e, f de görülen A E kesitlerinde $p_{1,2,3}$ civar rezistivitesinin artması ile anomalilerin şekil ve yerlerinin değişmediği fakat şiddet bakımından artma gösterdiği görülmektedir.

Şekil 8g de $p_{1,2,3}$ nun 50, 100, 200 fım değerleri için incelediğimiz, %5 dissemine piriti havi kütlelenin M.F. anomalisi, pratikte ehemmiyetsiz sayılacak derecede az değıştiği görülmüştür.



Değişim çok az olduğundan M.F. anomalisi her üç $\rho_{1/2,3}$ değeri için çizilmemiş, şekil 8 g de yalnız $\rho = 50 \Omega \cdot \text{cm}$ için ölçülen anomali gösterilmiştir.

Diğer iki $\rho_{2,3}$ değeri için anomalinin şekli aynı kalmış, yalnız kontur değerleri ve maksimum değeri %2 kadar değişmiştir. Bu değişme şekil 8 g nin sağ yanında liste olarak gösterilmiştir.

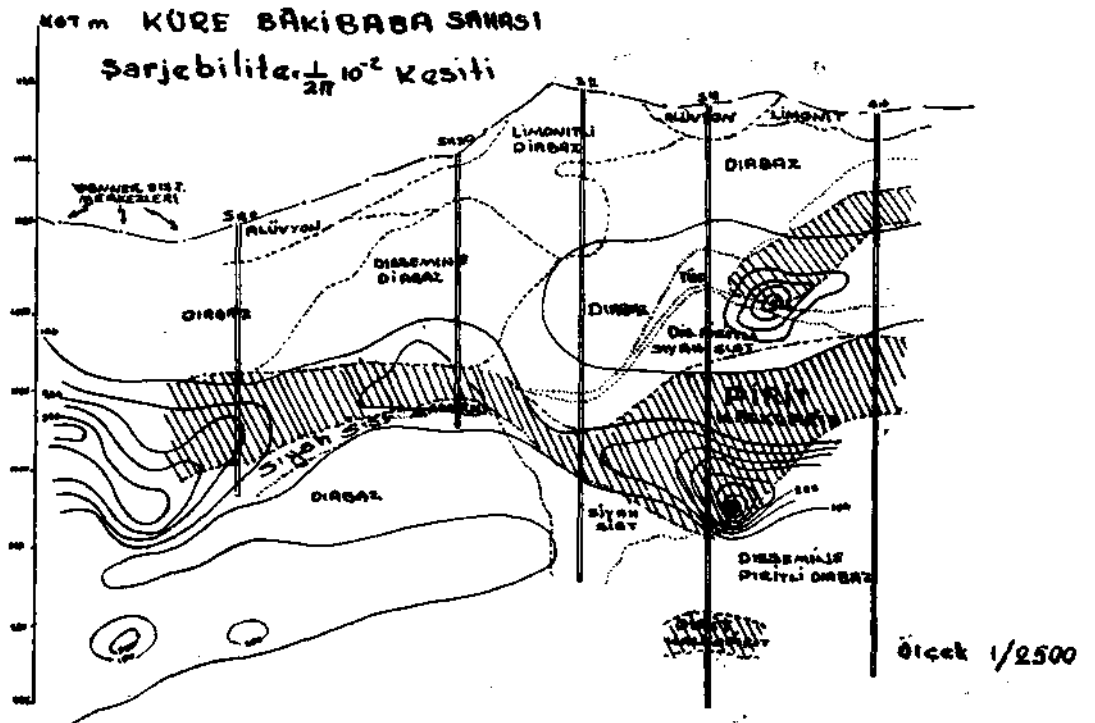
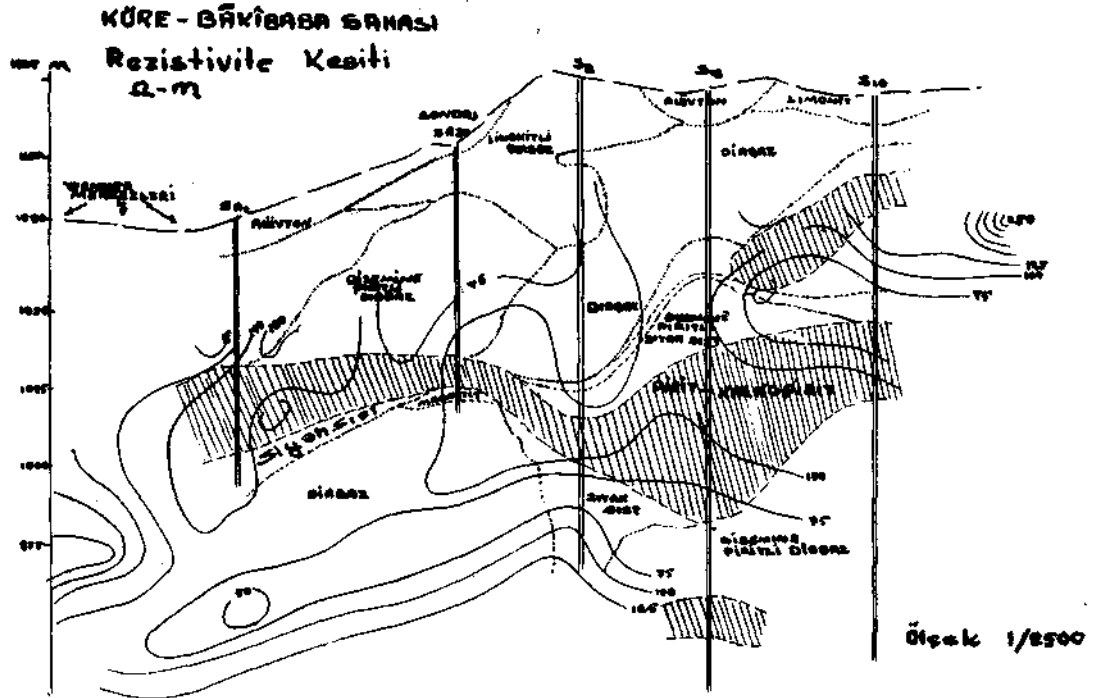


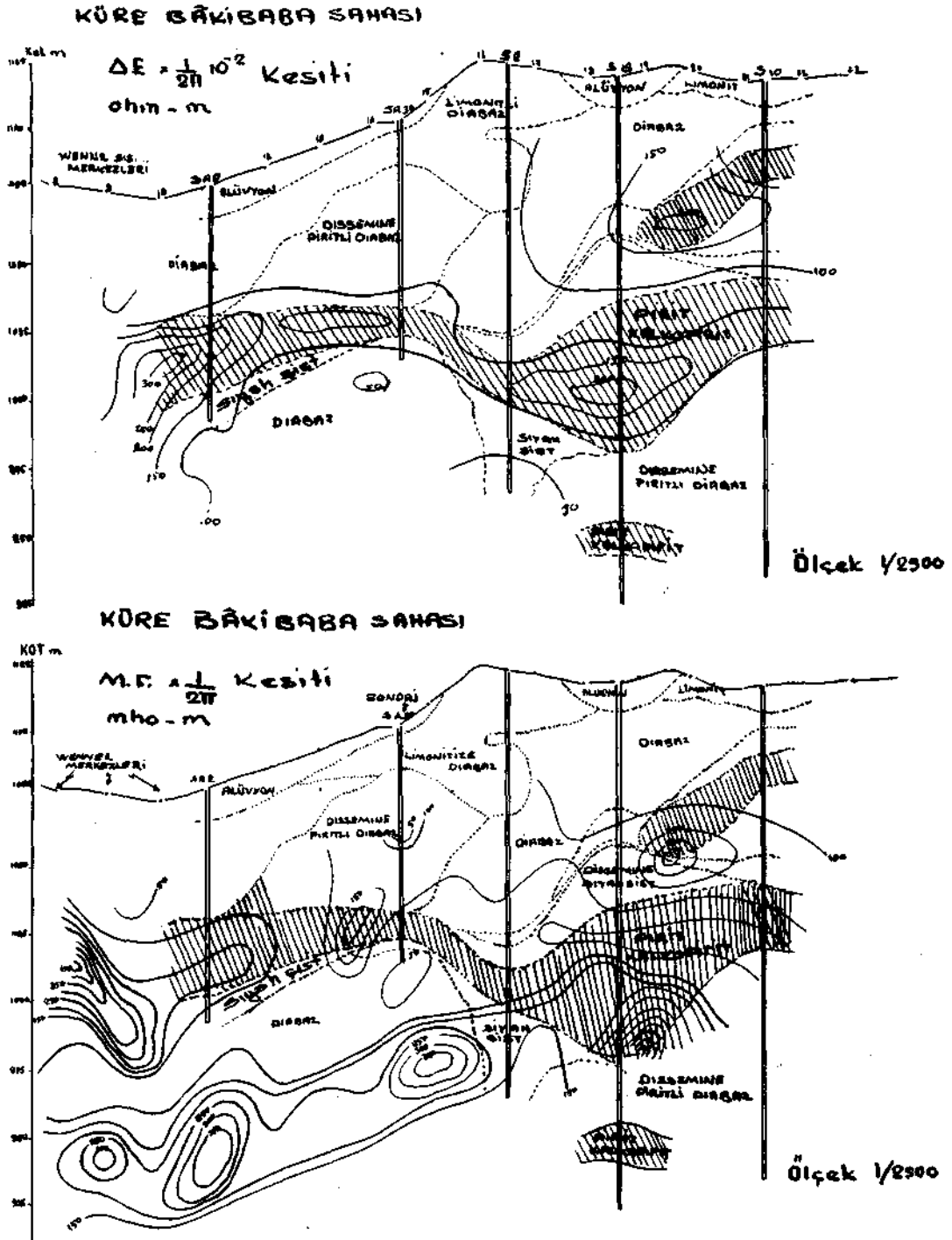
Şekil 8g

Anomali veren kütle homojen bir ortamda olduğu zaman, diğer parametrelere üstün olarak M.F. anomalisinin, önceden incelenen kontak zonlarında olduğu gibi kayma göstermediği ve civarının rezistivitesi değişse dahi şiddet ve şekil bakımından sabit kaldığı söylenebilir.

Ancak tabiatta şekil 8 deki modelin temsil edebileceği bir yataklanmanın olması pek ihtimal dahilinde değildir.

Modelde cevherleşmenin içerisinde bulunduğu yatak kayacı, etrafındaki formasyonlar ve tektonik durum, tamamen homojen bir tek ortamla temsil edilmiştir.





ŞEKİL 9: Küre Baki Baba sahası Değişken Frekans İ.P. etüdü Anomali Kesitleri

Hakikatte ise, sülfürlü mineral yataklarının ekserisi, kontak ve faylarla ilgili teşekküllerdir ve civarlarının tektonik durumu çoğu zaman kompleksdir.

Netice olarak, en çok rastlanan bu durum-

larda kayma ve yer değiştirme gösterdiğini daha önceden izah ve deneylerle ispat etmiş olduğumuz M.F. anomalilerinin, şekil 8 deki modele karşılık olabilecek ve pek nadir rastlanan jeolojik şartlarda diğerlerinden üstün olduğu söylenebilir.

Buraya kadar ileri sürülen fikirleri desteklemesi ve incelediğimiz jeolojik durumlardan çok farklı bir pozisyon göstereceği bakımından Küre kazasındaki pirit-kalkopirit yatağı üzerinde yapılan çalışmaları inceliyelim. (şekil 9-a,b,c,d)

Şekil 9 daki kesitler, Küre kazası Baki Baba bölgesinde Etibank ve M.T.A. Enstitüsü tarafından sondajlarla tespit edilmiş olan, üç milyon ton civarında rezerv bulunan pirit -kalkopirit yatağı üzerindeki çalışmalar neticesinde elde edilmiştir.

Küre bakırlı piritleri üzerinde yapılan çalışmalar :

Şekil 9 da buraya kadar gerek sahada ve gerekse laboratuvarında incelenmiş jeolojik durumlardan tamamen farklı olan Küre-Bakıba pirit-kalkopirit yatağının İ.P. anomalileri görülmektedir.

Anomali kesitleri üzerine işlenmiş olan jeolojik kesitlerden de görüldüğü gibi sahada hakim formasyon diabazdır.

Satihda yer yer alüvyon görülmekte ise de, limonit ve limonitize diabazlar bir demir şapka teşekkülünü göstermektedir. Yer yer dissemine pirit - kalkopirit ihtiva eden diabazlar, massif yatağın ana kayacını teşkil etmektedir.

Ekseriya bölgenin masif pirit zonları siyah şist ile sınırlanmış durumdadır. Diabazın yer yer altere olan kısımları ile siyah şistler çok fazla bakır sülfat ihtiva eden sularla doymuş haldedir. Anomali kesitleri üzerine işlenmiş jeolojik kesitten de görüldüğü gibi, bilhassa masif pirit zonuna yakın bölgelerde siyah şist içerisinde de dissemine pirit ve kalkopirite rastlanmaktadır.

Şekil 9 da jeolojik durum ve taranmış olarak görülen masif pirit yatağının şekli Etibank ve M.T.A. tarafından yapılmış mekanik sondajlarla tespit edilmiş olduğundan hakikate çok yakındır.

Bölgenin pirit teşekkülünün, parlak ve ince kesit incelemeleri neticesinde bir kaç fazda teşekkül etmiş olduğu anlaşılmıştır.

Gene aynı parlak kesitlerde, yer yer çoğalan Çinkoblend pirit kiristalleri arasına enjekte olmuş durumda görülmektedir.

Sahadaki bilinen masif pirit yatağı yüzeyden yer yer 50 ile 80 metre derinlikte ve 15 m. ile 60 m. kalınlıkta horizontal bir adese şeklindedir.

Kesitte S_{A_2} ile S_{10} sondaj kuyuları arasında görülen bu adeseden daha derinlerde ikinci bir adesenin olma ihtimali de S_{9} sondajı ile belirmiş durumdadır.

Yukarda jeofizik yönden lüzumlu yerlerde kafi detay bilgi verilmek sureti ile sahanın jeolojik durumu kısaca belirtildikten sonra elde edilen jeofizik neticeleri inceliyelim.

Rezistivite kesiti:

Şekil 9A da görülmekte olan rezistivite anomalleri tetkik edildiğinde, cevher zonuna tekabül eden kısımların yer yer civara nazaran yüksek rezistivite gösterdiği görülmektedir. Bu durum her zaman karşılaşılan ve beklenene tamamen ters olduğundan enteresandır. Yatağın civarında Kızılsu bölgesinde yapılan incelemelerde de rezistivite ölçmeleri bilinen pirit kütlesi üzerinde yüksek değerler vermiştir.

Kızılsu bölgesine ait kesitler her ne kadar yazıya alınmamış isede, yukarıdaki durumun bütün bölgeye has bir anormallik olduğunu belirtmesi bakımından hiç temas edilmeksizin geçilememiştir.

Çok özel olan bu durumun izahı hayli zor olmakla beraber en muhtemel izah tarzı olarak altere diabaz ve siyah şist formasyonlarının bakır sülfatlı sularla doyması neticesinde çok kondüktif duruma gelmeleri ileri sürülebilir.

Sebepler her ne olursa olsun, elde edilmiş olan rezistivite anomallerinin, yatak bilinmesi idi tefsiri mümkün olmazdı denilebilir.

Kesitin sol alt kısmında 75 ÷m rezistivite konturunun sınırladığı ve içerisinde 50 ÷m konturunun kapanma yaptığı anomaliye dikkat çekmek uygun olur. Bu kısımda yapılmış olan SS_{A_2} ve $S_{A_{30}}$ sondajları anomalinin bulunduğu seviyeye kadar inmiş olmadığından jeolojik bilgi de kafi değildir.

Büyük bir ihtimalle altere diabaz veya siyah şiste tekabül eden bu düşük rezistivite anomalisi, Şarjibilite ve M.F. büyüklüklerinde zahiri yükselişlere sebep olabileceğinden önemlidir.

Şarjibilite kesiti:

Bu kesit üzerinde görülen Şarjibilite anomalileri incelendiğinde cevherleşme durumu ile sıkı bir alaka görülür.

Kesitteki, 100 kontrunun kabaca masif sülfat sınırını takip ettiği söylenebilir.

Umumiyetle rahatça tefsir edilebilir anomalilere sahip olan şarjibilite kesitinin sol alt bölgesinde, rezistivite kesitini incelerken de dikkat çekmiş olduğumuz yerde, zayıf da olsa bir anomali görülmektedir. Bu anomalinin münakaşasını ilerde tekrar yapmak üzere şimdi M.F. kesitinin incelenmesine geçelim.

Metal Faktör kesiti :

M.F. Parametrisine göre hesaplanmış olan bu anomaliler kesit üzerinde pek tatminkar görülmemektedir. Bunlar, kapanmalardan bazıları cevher zonu üzerine rastlamış ise de kompozisyon olarak cevher blokunu ve yerini karakterize edememektedir.

Önceki iki kesitte de dikkati çekmiş olduğumuz sol alt bölgedeki anomali, bu kesitte en enteresan anomali olarak ortaya çıkmıştır.

Her ne kadar S_{19} sondajı ile kesilmiş en alt seviyelerdeki bir pirit kütlelerinin ortaya attığı ikinci bir zon durumu bu anomaliye sebep olarak düşünülebilirdi, rezistivite kesitinin incelenmesinde de belirtildiği gibi, bunun rezistivite düşmesinden doğmuş zahiri bir anomali olduğuna hükmetmek daha doğru olur.

Diğer taraftan bildiğimiz pirit yatağının vermiş olduğu anomaliden daha düzgün olan bu anomali, şayet ikinci bir cevher adesesine tekabül etseydi şarjibilite kesitinde hiç değilse bilinen pirit adesesinin vermiş olduğu anomali şiddetinde bir değişme göstermesi gerekirdi.

Diğer taraftan rezistivite kesitinde de bölgenin düşük rezistiviteli görünüşünü bu anomalinin zahiri olması ihtimalini kabul edilebilecek dereceye yükseltmektedir.

Böylece bu kesitte M.F. iyi netice vermiştir denilemez.

A E (Delta Empedans kesiti):

A E anomalileri tetkik edildiğinde, bilinen cevher konsantrasyonları üzerinde sarıh anomaliler görülmektedir, anomali maksimumlarının pirit kütlelerinin merkezlerine isabet edişi, hiçbir zahiri anomalinin bulunmayışı, diğer üç kesitte görülen anomalilere nazaran A E anomalilerinin daha açık netice vermiş olduğunu göstermektedir.

İncelenen sahanın kontak ve çatlak durumları en genel halde sayılabileceğine göre, elde edilen neticeler pratik için de önemli sayılabilir.

Netice :

Yukarda izah olunan arazi çalışmaları, laboratuvar tecrübelerinden ve teorik mülazahazalardan, sülfür yataklarının İ.P. metodu ile araştırmasında kullanılacak en iyi ve en pratik parametrenin AE olacağı görülür.

TEŞEKKÜRLER

Gerek laboratuvar çalışmalarına imkân veren ve gerekse de yapmış olduğum arazi çalışmaları neticelerinin neşrine müsaade eden M.T.A. Enstitüsü Genel Direktörlüğüne ve ayrıca laboratuvar çalışmalarımda kıymetli kritik ve tavsiyelerini esirgemeyen sayın Dr. M. Y. Dizioğlu'na teşekkürlerimi belirtmek isterim.

REFERANSLAR

- Wait, J. R.; Overvoltage research and Geophysical applications, Pergamon Press 1959
- Bleil, D. F.; Induced polarisation: A method of geophysical prospecting, Geophysics 1957
- Madden, T. R. ve D. J. Marshall Induced polarisation: A Study Of ita causes and magnitudes in Geological Materials. Final Report, June1959 U.S.A. Atomic Emery Commission.
- Marshall, T. R., D. A. Fahlquist, A. S. Neves, T. R. Madren; June 28, 1957 1). S. A. Atomic Commission.
- Birch, F.; The geological society of America, 1942.