

# MUĞLA-TINAS LİNYİT ARAŞTIRMALARINDA İNDÜKLEM POLARİZASYON YÖNTEMİ

M. Işık TURGAY\*

ÖZ.— Bu çalışma Muğla-Tmas linyit sahasında, yapılmış ya da yapılması planlanmış mekanik sondaj noktaları üzerinde yapılan deneysel nitelikteki zaman ortamı indüklem polarizasyon (I.P.) sondaj sonuçlarını kapsamaktadır. Dar bir graben sahasındaki Neojen çökelleri üzerinde, Schlumberger elektrot dizilimi ile yapılan I.P. sondajlarıyla bu ortamda yer alan farklı elektrik özelliklere sahip formasyonların derinlik ve kalınlıklarının saptanmasında I.P. yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. I.P. sondajlarının nicelik yönünden değerlendirilmelerinde, hayali özdirenç eğrisi ve beraberindeki özdirenç saha eğrisi birlikte ele alınarak yüklenebilirlik değerleri elde edilmiştir. Bu değerlendirmelerin sonuçlarıyla araştırma sahasında yapılan mekanik sondajlardan elde edilen bilgiler çok iyi bir uyum göstermiş, genellikle, linyitli serinin küçük yüklenebilirlik değerleriyle çevresindeki formasyonlardan ayırt edilebildiği ve yöntemin linyit aramalarında kullanılmasının yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

## GİRİŞ

Linyit aramalarında özdirenç yönteminin değişik amaçlara yönelik olarak kullanılmasıyla:

1. Araştırılan havzanın taban topografyası;
2. Araştırma ortamında yer alan farklı elektrik özelliklere sahip formasyonların derinlik ve kalınlıkları;
3. Yukarıda belirttiğimiz sonuçlara bağlı olarak da, sondajlı aramalarda araştırılması gerekli sondaj derinliği saptanabilmektedir.

Ancak bu sonuçlar genellikle, linyit varlığının ve kalınlığının doğrudan işaretçisi olmadıklarından araştırmacı için yeterli olmayabilmektedir. Bu nedenle ve linyit araştırmalarında jeoelektrik yöntemle yapılan araştırma sonuçlarının yararlılığını artırabilmek amacıyla bu tür araştırmalarda indüklem polarizasyon (I.P.) yönteminin uygulanabilirliğinin araştırılması düşünülmüştür.

Daha önce, Patella (1973) tarafından önerilen yeni bir değişikene ilişkin olarak yapılan uygulamalar sırasında, Muğla-Eskihisar linyit alanında yapılan çalışma (Turgay, 1976), bu yöredeki linyit aramalarında I.P. yönteminin uygulanabilirliği konusunda umut verici görünmüştür.

Belirtilen düşüncelerin ışığında, Muğla-Tmas linyit aramalarında I.P. yönteminin uygulanışı ve sonuçların nicelik yönünden değerlendirilmesi konusunda özellikle Patella'nin (Mongelli ve Patella, 1971; Patella, 1972 a, b, 1973) çalışmalarından yararlanılarak varılan sonuçlar sonraki bölümlerde incelenecektir.

## JEOLOJİ

Muğla ili merkezine uzaklıkları sırasıyla 16 ve 21 km olan Tinas ve Bağyaka köyleri çevresinde iki tarafı yüksek tepelerle çevrili bir koridor şeklinde uzanan çok dar bir graben sahasını kapsayan araştırma alanının (Şek. 1) jeolojisi Gökmen'le yapılan sözlü görüşmeden özetlenmiştir (Gökmen, 1978).

Tınas-Bağyaka Neojen çökelleri, Neojen öncesi bir çukurlukta Tersiyer sırasında meydana gelen bir göl içinde çökelmişlerdir.

Sahada Neojenin tabanını genellikle Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı mermer, yarı mermer mikaşist fillatlar teşkil ederler ve grabenin iki tarafında yükseldikleri gibi yer yer de Neojen sahasının orta kısımlarında yüzeylenirler.

Tınas-Bağyaka linyit sahasındaki Neojen kayaçları alttan üste doğru şu seriler halindedir:

1. En alt seviyede, üzerindeki marn-kireçtaşı serisi ile olan dokanaklarda kömür yüzeylenmeleri görülen ve alt kısımlarında daha çok kaba taneli oluşuklar şeklinde, üst kısımlara doğru ise iri taneli olarak, kum, şilt ve kil, şilt ardalanması görünümünde devam eden kil, şilt, kum serisi;

2. Kömür seviyesi üzerine doğrudan oturan ve üst seviyelere doğru marnların karbonat oranının artmasıyla tedricî bir şekilde plaklet kireçtaşlarına geçilen marn-kireçtaşı serisi;

3. Tüfit, kil, konglomera serisi;

4. Yamaç molozları;

5. Alüvyon.

Tınas sahasının orta kısımları kenarlara göre daha derindir. Doğuda ve batıda yüzeylenen kömür damarı ortada, Tınas köyünün kuzey ve kuzeydoğusunda oldukça derinlere dalar.

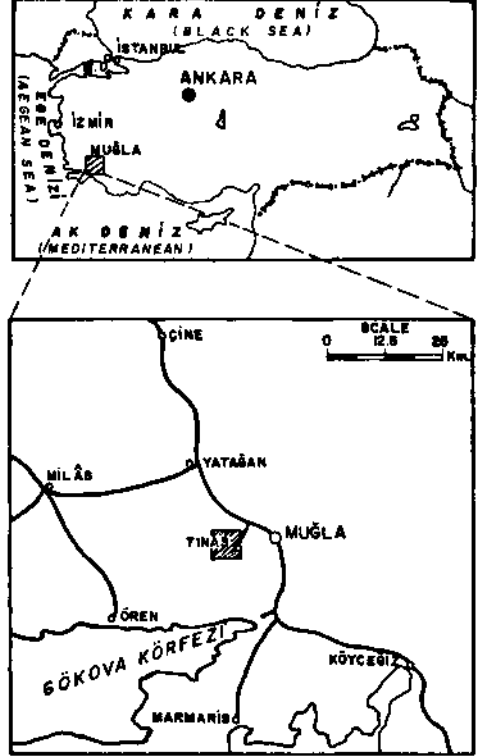
Kuzeybatıya doğru devam eden graben sahası içinde temel yükselmeleri görülür. Graben içindeki Neojenin kalınlığı her yerde aynı değildir.

## SAHA UYGULAMALARI İLE İLGİLİ BİLGİLER

Saha çalışmalarında «zaman ortamında I.P.» etkilerini ölçmek için «Scintrex IPC-7 2.5 Kw» indüklem polarizasyon cihazı kullanılmıştır. Cihaz ile yere A ve B diye adlandırdığımız iki elektrotla akım verilerek, bu akımın M ve N diye adlandırılan diğer iki elektrot arasında yarattığı ikincil voltaj ölçülmektedir.

Scintrex IPC-7 cihazı ile I.P. ölçüsü, gönderilen birincil akımın yerde 1.5 saniye süren akışının kesilme anından itibaren 0.5 saniyelik süre içerisinde başlayarak geçici I.P. voltajı  $AU(t)$  nin zaman integrali olarak verilmektedir.

Bu cihaz ile yere verilen akım ve birincil voltaj  $AU$  ölçüleri yapılabildiğinden, aşağıda belirtilen bağıntılarla istenilen değişkenleri kolayca elde etmek mümkündür:



Şek. 1 - Coğrafi konum haritası.

a. Boyutsuz «görünür yüklenebilirlik  $m_a$ » (Patella, 1972 a,b)

$$m_{(a)} = \frac{1}{t_2 - t_1} \frac{\int_{t_1}^{t_2} \Delta U_P(t) dt}{\Delta U} \quad (1)$$

Genellikle mV/V ya da doğrudan binde olarak ifade edilir.

b. «Görünür rezistivite  $\rho(a)$ »

$$\rho_{(a)} = K (\Delta U/I) \quad (2)$$

I, polarize eden akım şiddeti, K, ölçülerde kullanılan elektrot dizilimine bağlı geometrik faktördür. Uygulamada düşey elektrik sondajlarında kullanılan Schlumberger elektrot diziliminde K geometrik faktörü:

$$K = \pi r^2 \quad (3)$$

olup, Ess, polarize eden akımın kesilmesinden hemen önce ölçülen denge durumu elektrik alanıdır, görünür öz direnç:

$$\rho_{(a)} = \pi r^2 \frac{E_{ss}}{I}$$

ifadesiyle  $\Omega$ -m olarak saptanmıştır.

c. «Görünür hayali öz direnç  $\rho'_{(a)}$ » (apparent fictitious resistivity-Patella, 1973):

$$\rho'_{(a)} = K \frac{1}{t_2 - t_1} \frac{\int_{t_1}^{t_2} \Delta U_P(t) dt}{I} \quad (5)$$

ya da, ölçülerimizde kullandığımız Schlumberger elektrot dizilimi için:

$$\rho'_{(a)} = \pi r^2 \frac{1}{t_2 - t_1} \frac{\int_{t_1}^{t_2} \Delta U_P(t) dt}{I} \quad (6)$$

$\Omega$ -m.  $10^{-8}$  olarak ifade edilir.

## DEĞERLENDİRME

İndüklem polarizasyon (I.P.) aynı anda oluşan farklı elektro-kimyasal işlemlerden ötürü çok karışık bir olaydır. Bu nedenle D. Patella'nın (1973) deyişi ile «I.P. çalışmalarında mümkün olan hal-lerde I.P. çok geniş anlamda düşünülmeli, yani I.P. ye neden olan bütün karışık elektro-kimyasal işlemler, aynı etkilere sebep olan tek bir mekanizma olarak kabul edilmelidir.»

Söz konusu edilecek olan I.P. saha çalışmalarında nicelik yönünden değerlendirme yapılabilmesi için deneylerle doğruluğu saptanmış bazı sınırlama ve varsayımlar gerekmektedir (Patella, 1972 a,b, 1973). Nitekim tortul kayalarda yapılan I.P. çalışmalarında test edilen her yerde görüldüğü gibi, I.P. voltajının, polarizasyona neden olan akım yoğunluğunun artışına uygun olarak lineer şekilde arttığı saptanmıştır (Wait, 1958).

Bilindiği gibi tabakalı ortamlarda görünür yüklenebilirlik  $m_{(a)}$  nin matematik ifadesi Patella (1972 a,b) tarafından Schlumberger diziliminde akım elektrotları arasındaki uzaklığın yarısı (AB/2) cinsinden şöyle verilmiştir:

$$m_{(a)} = m_1 \frac{1+2(AB/2)^2 \int_0^{\infty} K'(\lambda) J_1(\lambda AB/2) \lambda d\lambda}{1+2(AB/2)^2 \int_0^{\infty} K(\lambda) J_1(\lambda AB/2) \lambda d\lambda} \quad (V)$$

Bu ifadede  $m_1$  ilk tabakanın yüklenebilirliği,  $K(\lambda)$  öz direnç doğru akım sondaj teorisinde Kernel fonksiyonu diye adlandırılan büyüklük,  $K'(\lambda)$  her tabakanın yüklenebilirliğine de bağlı olan yeni Kernel fonksiyonu ve  $J_1(\lambda AB/2)$  ise birinci cins ve sıfırına dereceden Bessel fonksiyonudur.

Görünür yüklenebilirliğin bu tür ifade şekli, Patella (1972b) tarafından geliştirilen ve kolaylıkla hesaplanıp çizilebileceği ifade edilen standart grafiklerin kullanımını gerektirir, dolayısıyla ölçülerden elde edilen eğriyi, uygun değişken grupları seçerek oluşturulacak teorik eğri ile kıyaslamak yorucu ve zaman alıcı bir iştir (Patella, 1973).

Bu güçlüğü üstesinden gelmek için Patella (1973) tarafından ikinci bir ifade şekli önerilmiştir. Bu ifade şeklinin dayandığı teorik temeller de birinci ifadedekilerin aynıdır. Fakat ikinci ifade şeklinin, öz direnç master eğrilerinin, hayali öz direnç  $[\rho'(a)]$  eğrisine tamamen uygulanması gibi büyük bir üstünlüğü vardır.

Sözünü ettiğimiz bu  $\rho'(a)$  hayali öz direnç eğrisi, görünür yüklenebilirlik ve görünür öz direncin bir ürünü olarak Patella (1973) tarafından şöyle türetilmiştir:

$$\rho'(a) = m_{(a)} \rho(a) \quad (8)$$

Bu tanımdan hareketle  $\rho(a)$  nin genel ifadesi olan:

$$\rho(a) = \rho_1 \left\{ 1 + 2(AB/2)^2 \int_0^{\infty} K(\lambda) J_1(\lambda AB/2) \lambda d\lambda \right\} \quad (9)$$

ve (7) de verilen  $m_{(a)}$  ifadesinden:

$$\rho'(a) = \rho_1 \left\{ 1 + 2(AB/2)^2 \int_0^{\infty} K'(\lambda) J_1(\lambda AB/2) \lambda d\lambda \right\} \quad (10)$$

elde edilir. Bu ifadede  $\rho'_1 = m_1 \rho_1$  ilk tabakanın görünür hayali öz direncidir.

Görüldüğü gibi  $\rho'(a)$  nin genel matematik ifadesi  $\rho_{(a)}$  nin genel matematik ifadesinin aynıdır. Bu nedenle yorumda eğri çakıştırma yöntemiyle öz direnç standart eğrilerini kullanmak olasıdır. Böyle bir değerlendirmede her tabakanın hayali öz direnci bir öz direnç eğrisinin değerlendirilişinde her tabaka için bulunan gerçek öz direnç durumundadır.

Eğer bir I.P. sondajı  $\rho'$  ifadesine göre yorumlanırsa, her tabakanın sadece hayali öz direnci ve süreksizliklerin derinliği elde edilir. Oysa yüklenebilirlik yeraltı yapısının araştırılması açısından daha ayırıcı bir fiziksel değişkendir.

Bu nedenle yüklenebilirliği elde edebilmek için,  $\rho'$  ile birlikte, beraberindeki öz direnç saha eğrisini de yorumlamak gerekir. İki saha eğrisinin yorumlanmasıyla elde edilen tabakaların gerçek ve hayali öz dirençlerinin oranlanması sonucunda da yüklenebilirlik ( $m = \rho'/\rho$ ) elde edilir (Patella, 1973).

Değerlendirmeye ilişkin olarak sunulan bu açıklamalardan sonra Muğla-Tınas linyit araştırma sahasında ölçülen düşey elektrik (I.P. ve öz direnç) sondajları incelenecektir. Bu ölçülerde elektrot açılımlarının merkezleri, Tınas sahasında linyit aramaları çerçevesinde yapılan ya da yapılması planlanmış mekanik sondaj noktaları üzerinde olacak şekilde seçilmişlerdir. Bu seçim jeoelektrik sondajlarla varılan sonuçları, mekanik sondaj sonuçlarıyla karşılaştırabilirle olanağı vermiştir.

Şekil 2, 3, 4, 5, 6 da T-17, T-18, T-20, T-24 ve T-31 no.lu mekanik sondajlar üzerinde yapılan ve her'biri bir eğri grubunu karakterize edebilecek I.P. sondajlarının özdirenç ve hayalî özdirenç saha eğrileri gösterilmektedir. Her iki eğrinin, yeraltının yatay tabakalı olduğu varsayılarak yapılan yorumuyla elde edilen sonuçlar şekillerin alt kısımlarında, ölçülerin üzerinde alındığı mekanik sondaj sonuçlarıyla birlikte verilmiştir.

Şekillerdeki özdirenç değerleri içi dolu küçük daireler, hayalî özdirenç değerleri içi dolu küçük kareler ve bilgisayar vasıtasıyla elde edilen teorik eğriler de kesikli çizgilerle gösterilmiştir.

Saha eğrilerinin nicelik yönünden değerlendirilmeleri Orellena ve Mooney'in (1966) master eğri albümünden yararlanılarak çakıştırma yöntemiyle ve yardımcı nokta abakları kullanılarak yapılmıştır. Saha eğrilerinin son kısımlarının T-20 ve T-24 no.lu (Şek. 5, 6) düşey elektrik sondajlarda görüldüğü gibi 45° den daha büyük bir eğimle yükselmesi halinde Gosh (1970) dönüşüm katsayıları kullanılarak yapılan dönüşüm ile elde edilen eğriler, Koefed (1970) iki tabaka ve yardımcı eğri grupları ile değerlendirilmiştir.

Her iki yöntemle saptanan jeoelektrik tabakalanmanın teorik model eğrilerinin elde edilmeleri ise Canitez'in (1974) programı kullanılarak yapılmıştır.

Değerlendirmeye ilişkin bu bilgilerden sonra eğriler sırasıyla incelenecektir.

#### a. T-17 Elektrik I.P. Sondajı

Şekil 2 de görülen saha eğrilerinden özdirenç eğrisinin yedi tabakalı olarak yorumlanmasıyla;

$$\rho_1 = 140 \Omega \text{ m}, \rho_2 = 115 \Omega \text{ m}, \rho_3 = 200 \Omega \text{ m}, \rho_4 = 75 \Omega \text{ m}, \rho_5 = 250 \Omega \text{ m}, \rho_6 = 45 \Omega \text{ m}, \rho_7 = 250 \Omega \text{ m};$$

$h_1 = 14 \text{ m}, h_2 = 23 \text{ m}, h_3 = 29 \text{ m}, h_4 = 55 \text{ m}, h_5 = 75 \text{ m}, h_6 = 170 \text{ m}$  olarak saptanmıştır.

Diğer saha eğrisi hayalî özdirenç eğrisinin de yedi tabakalı olarak yorumlanması sonucu;

$$\rho'_1 = 700 \text{ m } \Omega \text{ m}, \rho'_2 = 450 \text{ m } \Omega \text{ m}, \rho'_3 = 850 \text{ m } \Omega \text{ m}, \rho'_4 = 290 \text{ m } \Omega \text{ m}, \rho'_5 = 70 \text{ m } \Omega \text{ m}, \rho'_6 = 270 \text{ m } \Omega \text{ m}, \rho'_7 = 700 \text{ m } \Omega \text{ m};$$

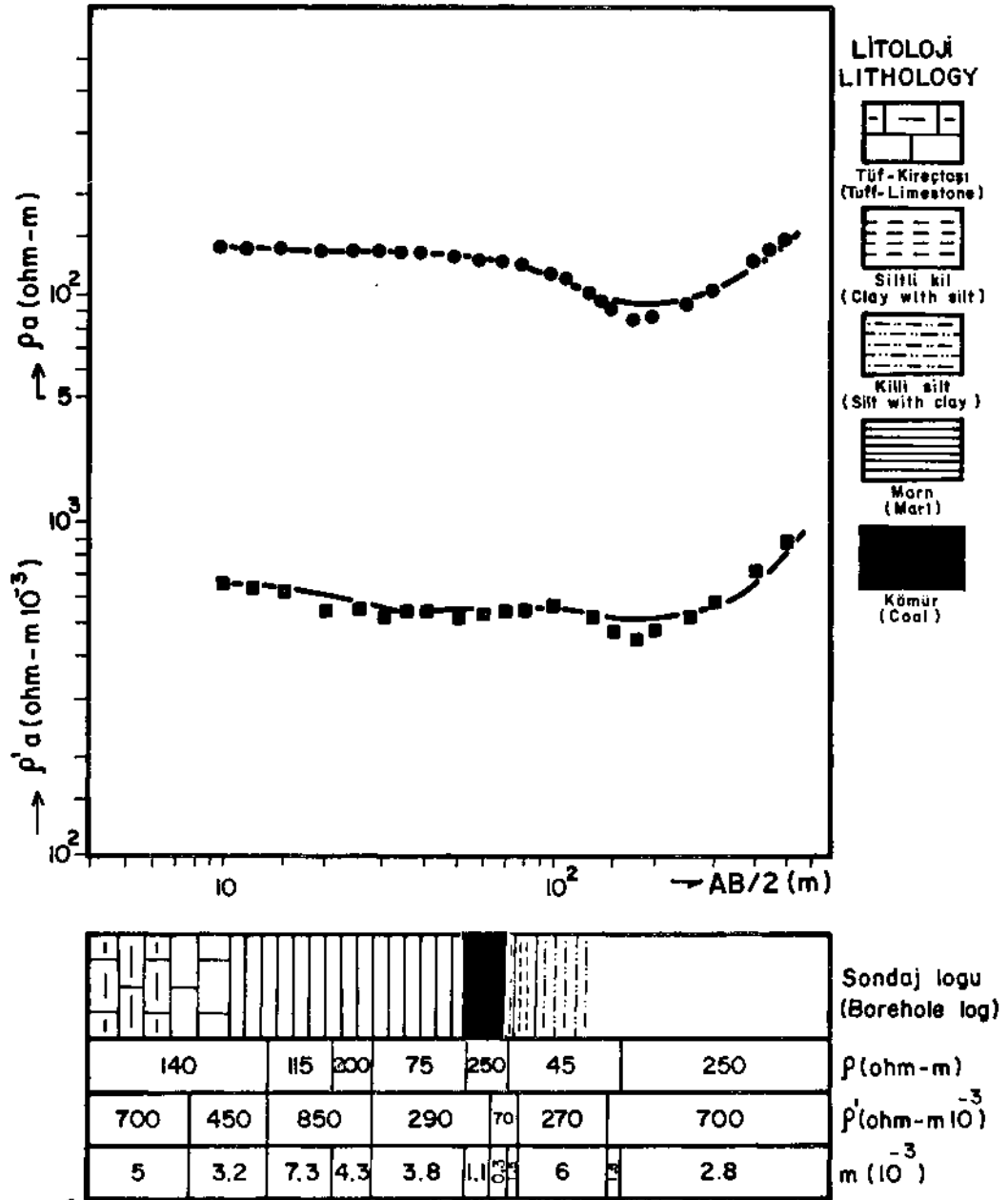
$h'_1 = 8 \text{ m}, h'_2 = 14 \text{ m}, h'_3 = 29 \text{ m}, h'_4 = 65 \text{ m}, h'_5 = 80 \text{ m}, h'_6 = 150 \text{ m}$  elde edilmiştir.

Daha önce bu noktada yapılan mekanik sondaj ile ortaya konulan stratigrafik dizilim ise; 0-12 m tuf bantlı kireçtaşı, 12-55 m marn (yer yer kireçtaşı bantlı), 55-74 m linyitli seri (marn, şilt ara bantlı), 74-80 m killi şilt, 80-90 m siltli kil şeklindedir.

Görüldüğü gibi özdirenç eğrisinin yorumundan marn, linyitli seri ve killi şilt tabakalarının derinlikleri iyi bir yaklaşımla bulunmuştur. Bunun yanı sıra marn tabakası içerisinde kireçtaşı içeren seviyelerle, kireçtaşı içermeyen seviyelere işaret edildiği söylenebilir.

Hayalî özdirenç eğrisinin yorumu ile de, marn, siltli kil derinlikleri çok iyi bir yaklaşımla elde edilmiştir. Ayrıca tuf bantlı kireçtaşı ile marn tabakaları içerisinde mekanik sondaj logunda ayrı gösterilmeyen birer tabaka daha ortaya çıkmakta ve linyitli serinin tabanındaki killi siltli linyitli seviye saptanmaktadır.

Bu iki eğrinin yorumlarının birlikte değerlendirilmesiyle ortaya çıkarılan tabakaların yüklenebilirlik değerleri de;



Şek. 2 - T-17 Elektrik I.P. sondajı yorumu.

$0 < Z < 8$  m için  $m_1 = 5 \cdot 10^{-8}$  (tüf bantlı kireçtaşı)

$8 < Z < 14$  m için  $m_2 = 3.2 \cdot 10^{-3}$  (tüf bantlı kireçtaşı)

$14 < Z < 23$  m için  $m_3 = 7.3 \cdot 10^{-3}$  (yer yer kireçtaşı bantlı marn)

$$23 < Z < 29 \text{ m için } m_4 = 4.3.10^{-3} \text{ (mam)}$$

$$29 < Z < 55 \text{ m için } m_5 = 3.8.10^{-3} \text{ (yer yer kireçtaşı bantlı marn)}$$

$$55 < Z < 65 \text{ m için } m_6 = 1.1.10^{-3} \text{ (linyitli seri-marn, şilt ara bantlı)}$$

$$65 < Z < 75 \text{ m için } m_7 = 0.3.10^{-3} \text{ (kil, linyitli şilt, linyit)}$$

$$75 < Z < 80 \text{ m için } m_8 = 1.5.W \text{ (killi şilt)}$$

$$80 < Z < 155 \text{ m için } m_9 = 6.10^{-3} \text{ (siltli kil)}$$

$$150 < Z < 170 \text{ m için } m_{10} = 15.10^{-3} \text{ (siltli kil)}$$

$$Z > 170 \text{ m için } m_{11} = 2.8.10^{-3} \text{ (kireçtaşı)}$$

olarak belirlenmiştir.

Bu değerlendirme sonucu ortaya çıkan yukarıdaki yüklenebilirlik değerleriyle; marn, linyitli seri, killi şilt, siltli kil tabakaları için mekanik sondaj sonuçlarıyla uyumlu derinlikler bulunmasının yanı sıra, marn tabakası içindeki, kireçtaşı bantı içeren ve içermeyen farklı seviyelere işaret edilmiştir. Ayrıca, eğrilerin tek tek değerlendirilmesinden elde edilemeyen, linyitli seri altındaki killi, siltli, linyitli tabaka ile bunun altındaki killi şilt ve siltli kil tabakaları saptanarak linyitli seri, çevresindeki formasyonlardan belirgin bir şekilde ayrılmıştır.

#### b. T-18 Elektrik I.P. Sondajı

Sahadaki ölçülerimizden elde edilen eğrilerin (Şek. 3) üç tabaka olarak değerlendirilmesiyle bulunan özdirenç değerleri ve tabaka kalınlıkları;

$$p_1=18\text{Öm}, \quad p_2=45\text{Qm}, \quad p_3=2000\text{Qm};$$

$$h_1=10 \text{ m}, \quad h_2=160 \text{ m};$$

hayali özdirenç ve tabaka kalınlıkları ise;

$$p'_1=60 \text{ m Q m}, \quad p'_2=1000 \text{ m Q m};$$

$$h'_1=91 \text{ metredir.}$$

Aynı noktada yapılmış olan mekanik sondaj ile elde edilen stratigrafik dizilim de;

0-16 m yamaç molozu, 16-94.5 m marn bantlı kireçtaşı, 94.5-121 m marn, 121-135 m linyitli seri, 135-159 m kil, şilt aralanması, 159-163 m diyasporit çakıllı, kumlu, killi seviye görünümündedir.

Özdirenç eğrisinin yorumundan görüleceği gibi yamaç molozu kalınlığı ile tabandaki diyasporit çakıllı, kumlu killi seviyenin derinliği iyi bir yaklaşımla elde edilmiştir. Linyitli seri için herhangi bir bilgi sağlanamamıştır.

Hayali özdirenç eğrisinin yorumu ise sadece marnlı seviyenin derinliğini vermektedir.

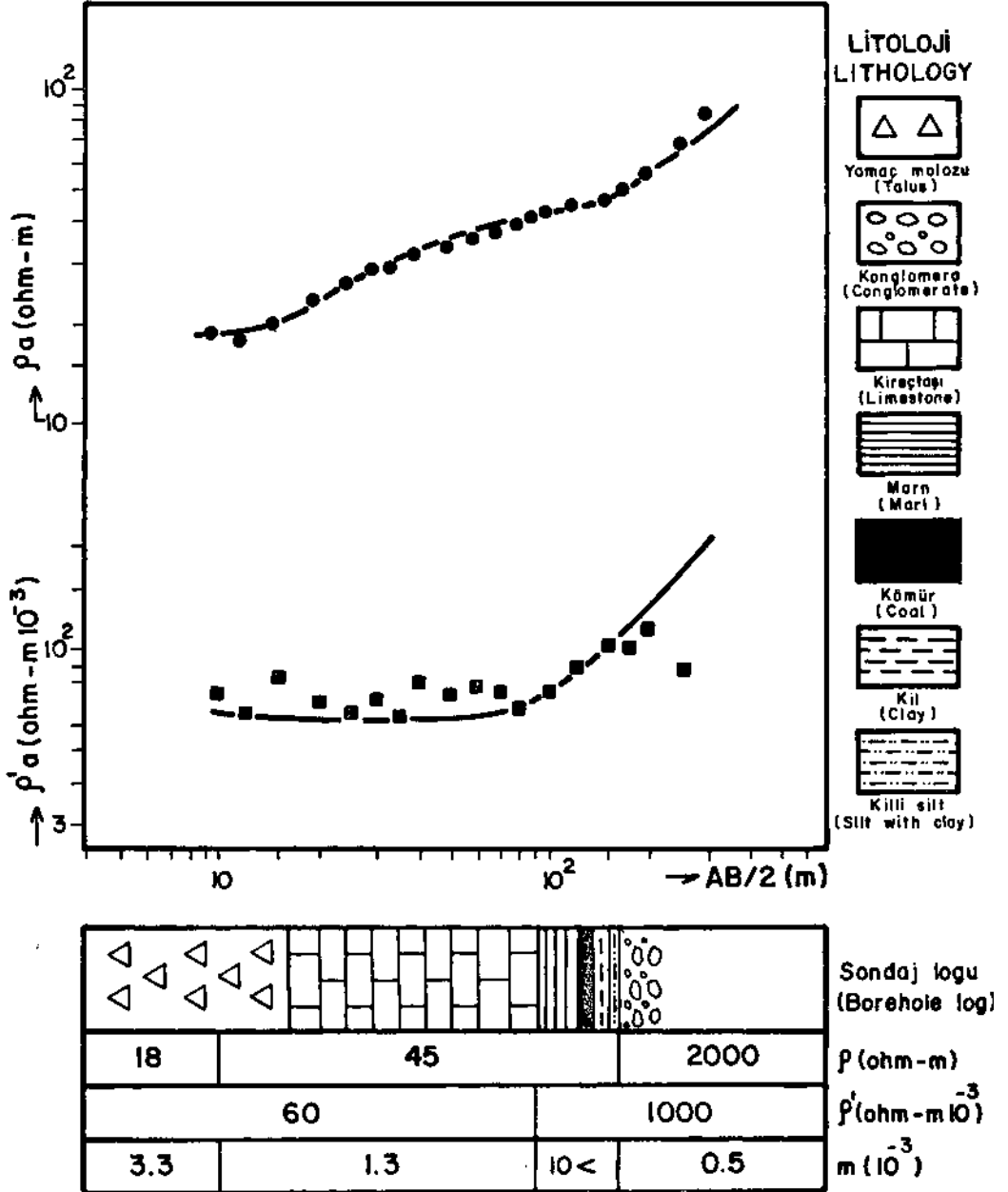
Özdirenç ve hayali özdirenç eğrilerinin yorumlarının beraberce ele alınmasıyla ortaya çıkan tabakaların yüklenebilirlik değerleri ise aşağıdaki gibi saptanmıştır;

$0 < Z < 10$  m için  $m_1=3.3 \cdot 10^{-3}$  (yamaç molozu)

$10 < Z < 91$  m için  $m_2=1.3 \cdot 10^{-8}$  (kireçtaşı)

$91 < Z < 160$  m için  $m_3=\text{büyük } 10^{-8}$  (marn, linyitli seri ve killi silt ardalanması)

$Z > 160$  m için  $m_4=0.5 \cdot 10^{-3}$  (diyasporit çakıllı, kumlu killi seviye)



Şek. 3 - T-18 Elektrik I.P. sondajı yorumu.



Elde edilen bu yüklenebilirlik değerleri ile yamaç molozu ve kireçtaşı tabakalarının kalınlıklarının yanı sıra, özdirenç ve hayalî özdirenç eğrilerinin yorumlarından elde edilemeyen linyitli serinin derinlik ve kalınlığı, üzerindeki marn tabakası ile birlikte tek bir tabaka şeklinde ve bütün bu derinlikler mekanik sondaj sonuçlarıyla iyi bir uyum içinde elde edilmiş olmaktadır.

c. T-20 Elektrik I.P. Sondajı

Özdirenç ve hayalî özdirenç saha eğrilerinin (Şek. 4) dört tabakalı olarak yorumlanmalarıyla bulunan tabakaların özdirenç değerleri ve kalınlıkları;

$$\rho_1=25 \Omega \text{ m}, \quad \rho_2=90 \Omega \text{ m}, \quad \rho_3=55 \Omega \text{ m}, \quad \rho_4=600 \Omega \text{ m};$$

$$h_1=9 \text{ m} \quad , \quad h_2=55 \text{ m} \quad , \quad h_3=85 \text{ m} \quad ;$$

hayalî özdirenç değerleri ve kalınlıkları ise;

$$\rho'_1=65 \text{ m } \Omega \text{ m}, \quad \rho'_2=650 \text{ m } \Omega \text{ m}, \quad \rho'_3=150 \text{ m } \Omega \text{ m}, \quad \rho'_4=1000 \text{ m } \Omega \text{ m};$$

$$h'_1=17 \text{ m} \quad , \quad h'_2=32 \text{ m} \quad , \quad h'_3=72 \text{ m}$$

olarak elde edilmiştir.

Daha sonra bu noktada yapılan mekanik sondajdan sağlanan litolojik veriler ise şöyledir; 0-13 m yamaç molozu, 13-20 m konglomera, 20-37 m plaketsiz kireçtaşı, 37-84 m marn, 84-97 m linyitli seri, 97-128 m linyit bantlı, siltli kumlu kil.

Bu sonuçlar göz önüne alındığında, özdirenç eğrisinin yorumu ile yamaç molozu kalınlığının ve linyitli seri derinliğinin mekanik sondaj verileri ile çok iyi bir uyum içerisinde elde edildiği açıktır. Hayalî özdirenç eğrisinin yorumundan ise plaketsiz kireçtaşı, marn ve linyitli seri derinlikleri belirli bir yaklaşımla saptanmıştır.

Sözü edilen yorumların birlikte değerlendirilmesi sonucunda bulunan tabakaların yüklenebilirlik değerleri de;

$$0 < Z < 9 \text{ m için } m_1=2.6.10^{-3} \text{ (yamaç molozu)}$$

$$9 < Z < 17 \text{ m için } m_2=0.7.10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$17 < Z < 32 \text{ m için } m_3=7.10^{-3} \text{ (plaket kireçtaşı)}$$

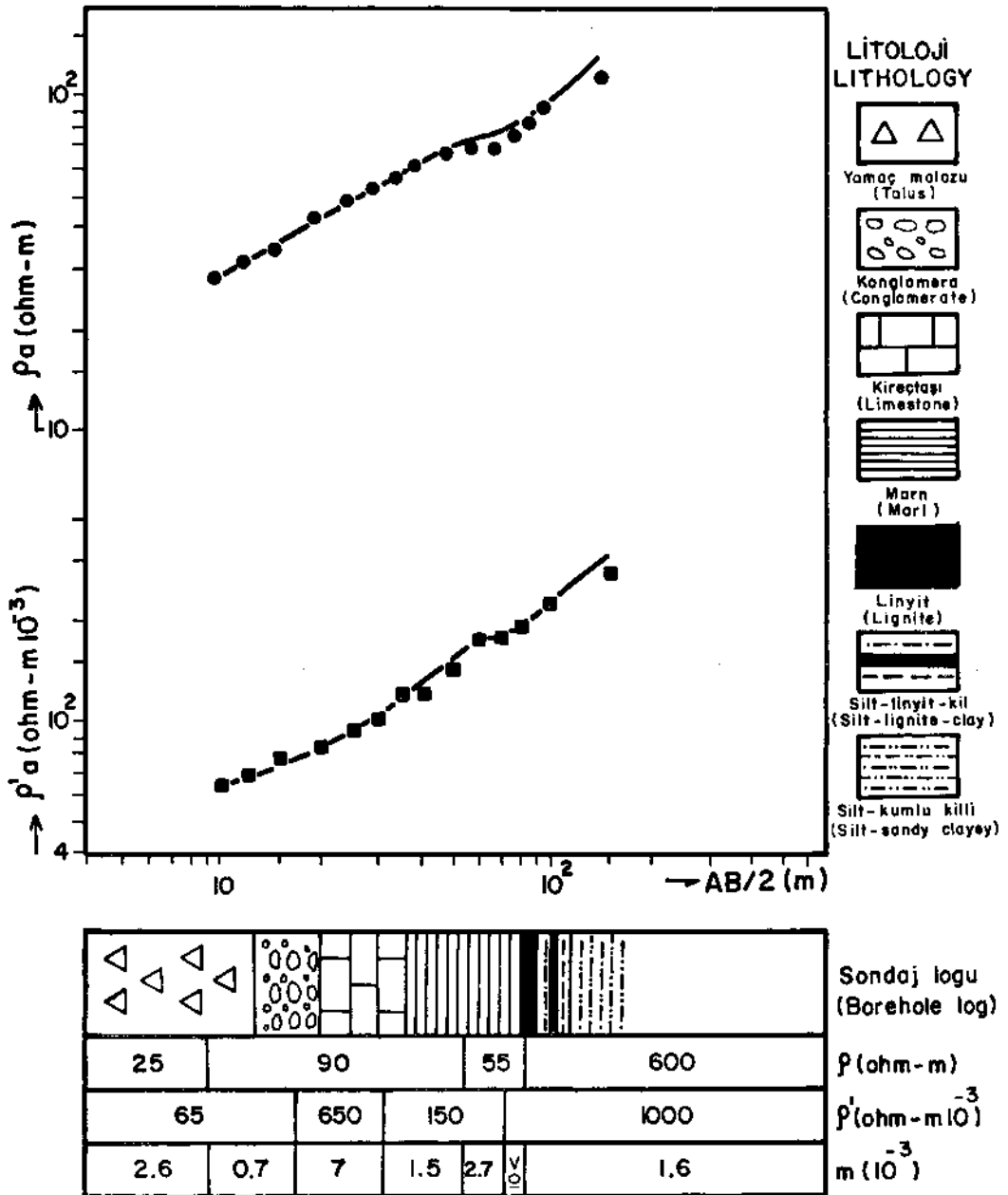
$$32 < Z < 55 \text{ m için } m_4=1.5.10^{-3} \text{ (marn)}$$

$$55 < Z < 85 \text{ m için } m_5=2.7.10^{-3} \text{ (marn)}$$

$Z > 85 \text{ m için } m_6=1.6.10^{-3}$  (linyitli seri kumlu, killi, şilt) bulunmuştur.

Bulunan yüklenebilirlik değerleri ile varılan sonuçlardan görüleceği gibi, daha önceki yorumlarda elde edilemeyen konglomera tabakasıyla marn tabakası içerisinde mekanik sondaj loğunda ayrı gösterilmeyen seviyelere işaret edilmiştir.

Böylece, linyitli serinin derinliğinin ve bu derinliğe kadar istiflenen tabaka kalınlıklarının iyi bir yaklaşımla elde edildiği görülür.



Şek. 4 - T-20 Elektrik I.P. sondajı yorumu.

## d. T-24 Elektrik I.P. Sondajı

Şekil 5 teki saha eğrilerinden öz direnç eğrisinin yedi tabakalı duruma göre yorumlanmasıyle;

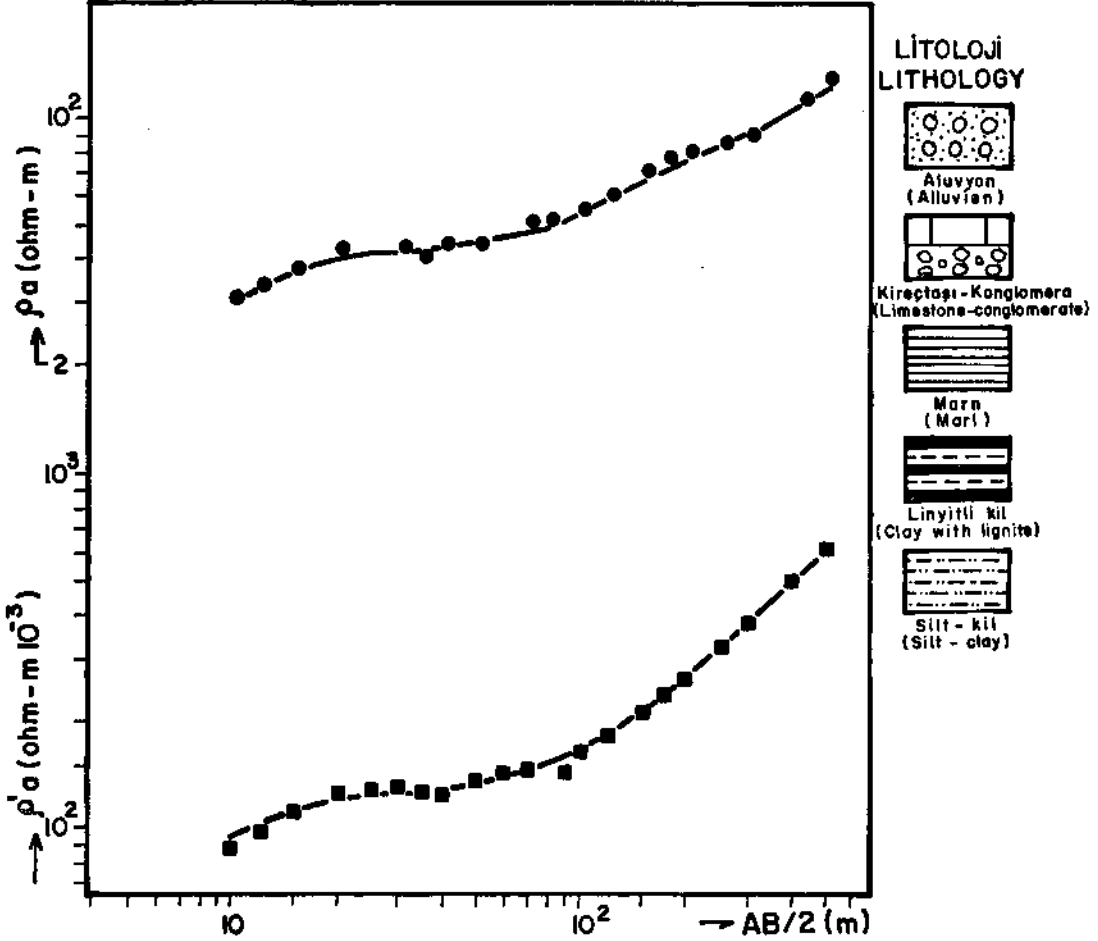
$\rho_1=27 \Omega m$ ,  $\rho_2=130 \Omega m$ ,  $\rho_3=30 \Omega m$ ,  $\rho_4=75 \Omega m$ ,  $\rho_5=260 \Omega m$ ,  $\rho_6=36 \Omega m$ ,  
 $\rho_7=1000 \Omega m$ ;

$h_1=9 m$ ,  $h_2=14 m$ ,  $h_3=34 m$ ,  $h_4=108 m$ ,  $h_5=125 m$ ,  $h_6=280 m$  olarak bulunmuştur.

Hayali rezistivite eğrisinin de yine yedi tabakalı olarak yorumlanması sonucunda;

$\rho'_1=52 \text{ m } \Omega \text{ m}$ ,  $\rho'_2= 340 \text{ m } \Omega \text{ m}$ ,  $\rho'_3=80 \text{ m } \Omega \text{ m}$ ,  $\rho'_4=260 \text{ m } \Omega \text{ m}$ ,  $\rho'_5=75 \text{ m } \Omega \text{ m}$ ,  
 $\rho'_6=400 \text{ m } \Omega \text{ m}$ ,  $\rho'_7=2000 \text{ m } \Omega \text{ m}$ ;

$h'_1=9 \text{ m}$ ,  $h'_2=14 \text{ m}$ ,  $h'_3=28 \text{ m}$ ,  $h'_4=46 \text{ m}$ ,  $h'_5=89 \text{ m}$ ,  $h'_6=280 \text{ m}$  bulunmuştur.



27	130	30	75	260	36	1000	
52	340	80	260	75	400	2000	
1.9	2.6	2.6	3.4	1	11	2	

Sondaj logu (Borehole log)

$\rho$  (ohm-m)

$\rho'$  (ohm-m  $10^{-3}$ )

$m$  ( $10^{-3}$ )

Şek. 5 - T-24 Elektrik L.P. sondajı yorumu.

Daha önce bu noktada yapılan mekanik sondaj sonucunun ortaya çıkardığı istiflenme ise; 0-9 m alüvyon, 9-91 m kireçtaşı-konglomera, 91-108 m marn, 108-122 m linyitli seri, 122 metreden sondajın ilerlemesinin durdurulduğu 161 metreye kadarı ise killi, kumlu, şilt şeklindedir.

Özdirenç eğrisinin yorumundan görüldüğü gibi alüvyon tabakası ile linyitli seri kalınlıkları çok iyi bir yaklaşımla verilmiştir. Mekanik sondaj loğunda 9-91 metreler arasında işaret edilen kireçtaşı konglomerasında, yorumumuzda görülen farklı iki seviyeye ait herhangi bir işaret yoktur. Linyitli seri üzerinde yer alan marn tabakası da konglomeradan ayıramamış ve sondajın devam etmediği bir derinlikte taban kayacına işaret edilmiştir.

Aynı şekildeki hayali özdirenç eğrisinin yorumundan ise, alüvyon kalınlığı ve marn tabakasının derinliği iyi bir yaklaşımla elde edilmiş ve taban kayacı derinliği saptanmıştır. Linyitli seviye steril zonlardan ayıramamıştır.

Her iki eğrinin yorumlarının beraberce ele alınarak değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan tabakaların yüklenebilirlik değerleri ise şu şekildedir;

$$0 < Z < 9 \text{ m için } m_1 = 1.9 \cdot 10^{-3} \text{ (alüvyon)}$$

$$9 < Z < 14 \text{ m için } m_2 = 2.6 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$14 < Z < 28 \text{ m için } m_3 = 2.6 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$28 < Z < 34 \text{ m için } m_4 = 8.6 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$34 < Z < 46 \text{ m için } m_5 = 3.4 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$46 < Z < 89 \text{ m için } m_6 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$89 < Z < 108 \text{ m için } m_7 = 5.3 \cdot 10^{-3} \text{ (marn)}$$

$$108 < Z < 122 \text{ m için } m_8 = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ (liniyitli seri)}$$

$$122 < Z < 280 \text{ m için } m_9 = 11 \cdot 10^{-3} \text{ (killi kumlu şilt)}$$

$$Z > 280 \text{ m için } m_{10} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (kireçtaşı)}$$

Eğrilerin beraberce değerlendirilmesiyle elde edilen yüklenebilirlik değerleriyle alüvyon, marn ve linyitli seri tabakaları diğer tabakalardan ayrılmış, kalınlıkları da iyi bir yaklaşımla saptanmıştır. Ayrıca tabandaki kireçtaşı derinliği elde edilmiş ve konglomera içerisinde mekanik sondaj loğunda ayrı gösterilmeyen dört ayrı seviyeye işaret edilmiştir.

#### e. T-31 Elektrik I.P. Sondajı

Saha ölçülerinden elde edilen özdirenç ve hayali özdirenç eğrilerinden her birinin (Şek. 6) altı tabaka olarak yorumlanmalarıyla bulunan tabakaların özdirenç değerleri ve kalınlıkları;

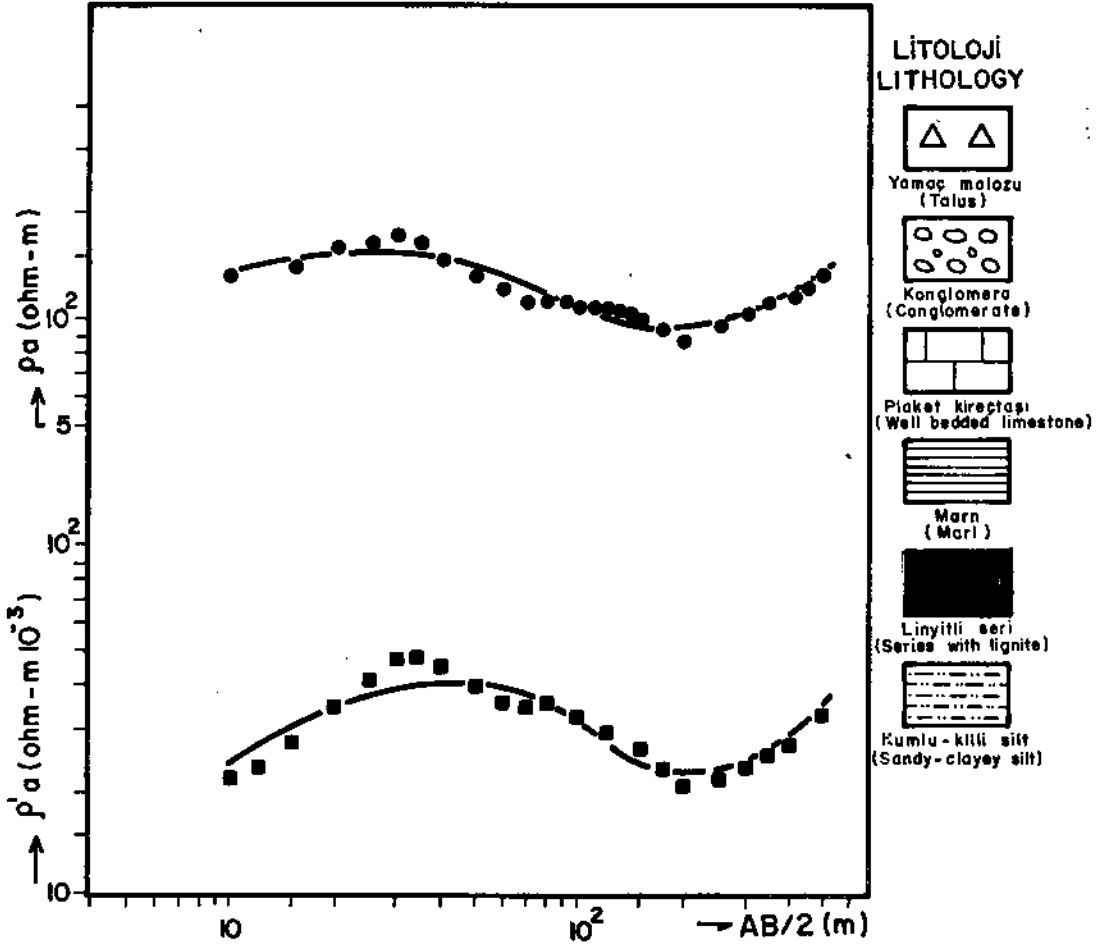
$p_1=120 \text{ Q m}$ ,  $p_2=235 \text{ Q m}$ ,  $p_3=70 \text{ Q m}$ ,  $p_4=190 \text{ Q m}$ ,  $p_5=36 \text{ Q m}$ ,  $p_6=460 \text{ Q m}$ ;

$h_1=9 \text{ m}$ ,  $h_2=20 \text{ m}$ ,  $h_3=61 \text{ m}$ ,  $h_4=105 \text{ m}$ ,  $h_5=-180 \text{ m}$  ve

$p'_1=165 \text{ mQm}$ ,  $p'_2=1650 \text{ mQm}$ ,  $p'_3=100 \text{ mQm}$ ,  $p'_4=580 \text{ mQm}$ ,  $p'_5=50 \text{ mQm}$ ,  $p'_6=800 \text{ mQm}$ ;

$h'_1=9 \text{ m}$ ,  $h'_2=20 \text{ m}$ ,  $h'_3=48 \text{ m}$ ,  $h'_4=90 \text{ m}$ ,  $h'_5=200 \text{ m}$

olarak saptanmıştır.



		Sondaj logu (Borehole log)					
120	235	70	190	36	460	$p \text{ (ohm-m)}$	
165	1650	140	580	50	900	$p' \text{ (ohm-m } 10^{-3})$	
1.3	7	2	2	3	1.4	$m \text{ ( } 10^{-3})$	

Şek. 6 - T-31 Elektrik I.P. sondajı yorumu.

Bu noktada daha sonra yapılan mekanik sondajla ise, 0-20 m yamaç molozu, 20-108 m konglomera, 108-137 m plaket kireçtaşı, 137-147 m marn, 147-156 m konglomera, 156-164 m linyitli seri, 187 metreden sonra killi kumlu şilt şeklinde bir stratigrafik dizilim elde edilmiştir.

Özdirenç eğrisinin yorumu mekanik sondaj sonuçları göz önüne alınarak incelendiğinde, yamaç molozu kalınlığı ile plaket kireçtaşı ve killi kumlu şilt tabakalarının derinliklerinin iyi bir yaklaşımla saptandığını, linyitli seri hakkında ise veri elde edilemediğini görürüz.

Hayalî özdirenç eğrisinin yorumunda da yine yukarıda sözü edilen tabakaların derinliklerinin özdirenç eğrisinden biraz farklı olmak üzere saptanabildiği ve linyitli seriye ilişkin bir verinin olmadığı görülmektedir.

Sözü edilen bu eğrilere ilişkin yorumların beraberce ele alınmasıyla ise;

$$0 < Z < 9 \text{ m için } m^{-3} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ (yamaç molozu)}$$

$$9 < Z < 20 \text{ m için } m_2^{-3} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ (yamaç molozu)}$$

$$20 < Z < 48 \text{ m için } m_3^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$48 < Z < 60 \text{ m için } m_4^{-3} = 8.2 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$60 < Z < 90 \text{ m için } m_5^{-3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$90 < Z < 105 \text{ m için } m_6^{-3} = 0.2 \cdot 10^{-3} \text{ (konglomera)}$$

$$105 < Z < 180 \text{ m için } m_7^{-3} = 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ (plaket kireçtaşı, marn ve linyitli seri)}$$

$$Z > 180 \text{ m için } m_8^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (kumlu killi şilt)}$$

bulunmuştur.

Görüldüğü gibi varılan sonuçlar ile diğerlerinden farklı olarak sadece konglomera içinde dört seviye ayırt edilmiş, linyitli serinin varlığına işaret edecek bir veri ise bulunamamıştır. Varılan bu sonucun linyitli seri derinliğinin fazla oluşundan ileri geldiği düşünülmüştür.

## SONUÇ

Muğla-Tınas linyit araştırmalarında, linyitli serilerin ve bu çökelti alanında bulunan diğer formasyonların özdirenç aralıklarının geniş olması nedeniyle linyitli seri birlikte bulunduğu formasyonlardan özdirenç yöntemiyle ayırt edilememiştir.

Oysa, bu sahada yapılan ve önceki bölümde sonuçlarını incelediğimiz I.P. sondajlarının nicelik yönünden değerlendirilmeleriyle linyitli serilerin yayılım ve derinliklerine ilişkin gerekli bilgi elde edilerek, I.P. yönteminin linyit araştırmalarında başarı ile uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Araştırmamızın yapıldığı sahadaki I.P. sondajlarının nicelik yönünden değerlendirilmeleriyle linyitli seri, küçük yüklenebilirlik değerleriyle çevresindeki formasyonlardan ayırt edilebilmekte ve linyitli serinin 100 metreden daha az ya da 100 metreye yakın derinliklerde bulunması halinde bu seri hakkında elde edilen I.P. verileri mekanik sondaj sonuçlarıyla daha iyi bir uyum göstermektedir.

Ayrıca, mekanik sondaj loğlarının ayrıntısı göz önüne alındığında linyitli seri içerisindeki farklı yüklenebilirlik değerlerinin, bu seri içerisinde yer alan ve yer yer kalınlaşan marn, kil, şilt seviyeleriyle iyi bir uyum gösterdiği saptanmıştır.

#### KATKI BELİRTME

Yapılan çalışmada bilgisinden büyük ölçüde yararlandığım Jeofizik Yüksek Mühendisi Savcı Sülün ile saha çalışmalarında yardımcı olan Jeofizik Mühendisi Asım Özmen, Jeofizik Yüksek Mühendisi Altan İçerler, Jeomorfoloğ Muammer Atiker ve Jeomorfoloğ Resul Özgür'e katkılarından ötürü teşekkür ederim.

Ayrıca çizimleri yapan Sultan Tunç ile yazıyı daktilo eden Sultan Sevinç'e de teşekkürü borç bilirim.

*Yayına verildiği tarih, 17 Eylül 1982*

#### KAYNAKLAR

- Bertin, V., 1968, Some aspects of induced polarization (time-domain): *Geophysical Prospecting*, 16, 401-426.
- Camtez, N., 1974, Özdirenç problemlerinde matematiksel modelleme: *Jeofizik*, 4, 3, 63-75.
- Eskola, L., 1978, Principles underlying the computation of İP parameters in a heterogeneous medium: *Geophysical Prospecting*, 26, 000-000.
- Gosh, D.P., 1971, The application of linear filter theory to the direct interpretation of geoelectrical resistivity sounding: *Geophysical Prospecting*, 19, 192-217.
- Keçeli, A., 1978, Vertical frequency effect sounding in induced polarization and galvanic resistivity methods; *Geophysical Prospecting*, 26, 202-213.
- Koefoed, O., 1970, A fast method for determining the layer distribution from the raised kernel function in geoelectrical sounding: *Geophysical Prospecting*, 18, 564-570.
- , 1976, Progress in the direct interpretation of resistivity sounding, an algorithm: *Geophysical Prospecting*, 24, 233-240.
- Madden, T.R., 1959, induced polarization, a study of its causes: *Geophysics*, 24, 790-816.
- Mongelli, F. ve Patella, D., 1971, About a method of representation of İP values obtained over Sedimentary formations (two-layercases): *Geophysical Prospecting*, 19, 652-661.
- Orellana, E. ve Mooney, H.M., 1966, Master Tables and curves for vertical electrical soundings over layered Structures: *Interciencia*, Madrid.
- Patella, D., 19720, An interpretation theory for induced polarization vertical soundings (time-domain): *Geoph. Prosp.* 20, 561-579.
- , 1972b, Easy construction of master curves for the quantitative interpretation induced polarization vertical soundings over layered structure (time-domain): *Riv. Ital. Geofis.*, 21, 123-131.
- , 1973, Anew parameter for the interpretation of induced polarization field prospecting (time-domain): *Geophysical Prospecting*, 21, 315-329.
- ve Schiavone, D., 1976, The quantitative analysis of frequency-domain induced polarization soundings over horizontal beds: *Geophysical Prospecting*, 24, 334-343.

- Patella, D., 1977, Comparative analysis of time-domain and frequency-domain in the induced polarization prospecting method: *Geophysical Prospecting*, 25, 496-511.
- , 1977, Resistivity sounding on a Multi-Layered Earth with Transitional Layers. Part I: Theory, *Geophysical Prospecting*, 25, 699-729.
- , 1978, Resistivity sounding on a Multi-Layered Earth with Transitional Layers. Part II: Theoretical and Field Examples, *Geophysical Prospecting*, 26, 130-156.
- , 1978, Reply to discussion by L. Eskola, *Geoph. Prosp.* 26, 000-000.
- , 1978, Reply to comments by L. Eskola, *Geophysical Prospecting* 26, 000-000.
- , 1978, Reply to comment by K.K. Roy and H.E. Elliott *Geophysical Prospecting* 26, 000-000.
- Roy, K.K. ve Elliot, H., 1978, Comments on «An interpretation theory for induced Polarization Vertical Sounding (time-domain)» and «A new Parameter for the interpretation of induced Polarization Field Prospecting (time-domain)»: *Geophysical Prospecting* 26, 000-000.
- Seigel, H.O., 1959, Mathematical formulation and type curves for induced polarization: *Geophysics*, 24, 547-565.
- , 1978, Reply to comments by L. Eskola, *Geophysical Prospecting* 26, 000-000.
- Turgay, M.I., 1976, Sedimanter kayalardaki I.P. çalışmalarının yorumunda yeni bir parametrenin kullanılması: I.Ü.F.F. Jeofizik Yüksek Mühendisliği çalışması.
- Wait, J.R.; Frische, R.H. ve Buttlar, H.V., 1958, Discussions on a theoretical study of induced electrical polarization: *Geophysics*, 23, 143-153.
- , 1979, Comments on papers discussing the principles underlying the computation of I.P. parameters in a Heterogeneous Medium: *Geophysical Prospecting* 27, 000-000.