

## **TAŞTEPE (TRABZON-ARAKLI) MADEN SAHASINDA IP VE CSAMT YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI**

Kürşad BEKAR\* ve Taner BEKAR\*

### **GİRİŞ**

MTA Genel Müdürlüğü Maden Etütleri Dairesi Başkanlığı'nın 2010-32-13-04-1 özel proje kod numaralı Trabzon - Rize Polimetale Maden Aramaları Projesi kapsamında G43-b3 ve G44-a4 nolu paftada, Jeofizik IP (Induced Polarization) ve CSAMT (Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric) etütleri yapılmıştır. IP etüdü ile çalışma sahasındaki jeolojik yapıların sülfürleşme derecesi ve bu sülfürlü yapıların geometrisi ile yan birimlere göre özdi-

renç farklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için her bir profilde ölçülen öz direnç ve şarjabilite (yüklenbilirlik) değerlerinin ters çözümleri (inversion) yapılarak gerçek yapıya yaklaşılmaya çalışılmıştır. Çalışma sahasının genel görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

### **YÖNTEM TANIMI**

IP yöntemi baz metal ve altın aramacılığında birincil jeofizik yöntemlerin başında gelir. Bu yöntem ile elde edilen şarjabilite değerleri, yer altında yeterli hacim ve yoğunlukta bulunan sülfürlü yapıların bulunması durumunda yüksek değerler verirler. Bu yöntemde ölçülen öz direnç verisi ise litolojik birimler ile alterasyon zonlarının haritalanmasında, iletken sülfürlü yapıların ve sahanın jeolojik/jeofizik karakterinin belirlenmesinde etkindir. Bu sahada IP öz direnç verilerinin daha derine doğru takibi ama-



Şekil 1- Çalışma sahasının genel görünümü.

\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon.

ciyla CSAMT (Controlled Source Audio Magnetotelluric) yöntemi ilave yöntem olarak uygulanmıştır.

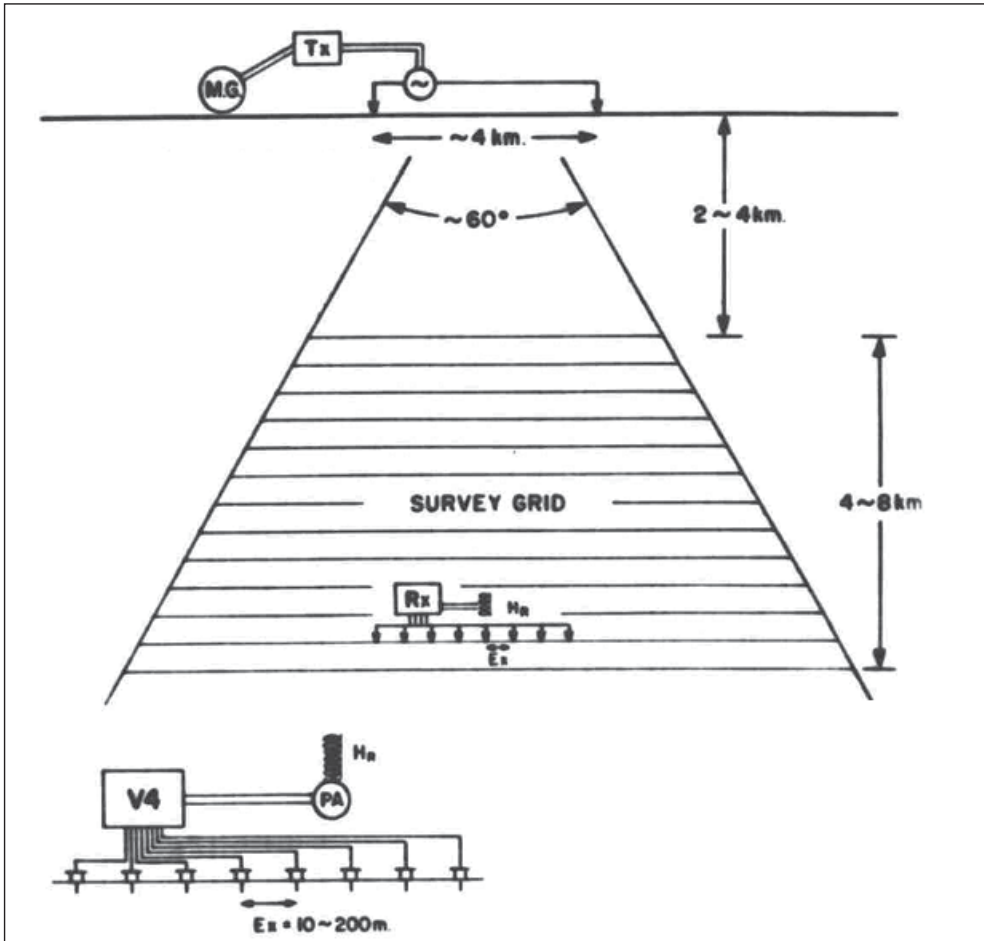
CSAMT yöntemi MT (Magnetotelluric) ve AMT (Audio Magnetotelluric) yöntemlerinden yararlanılarak geliştirilmiştir. CSAMT yönteminde ölçülen parametreler; kaynağa paralel olarak iki elektrot aracılığı ile ölçülen elektrik alan, elektrik alana dik ve oldukça duyarlı bir manyetik bobin aracılığı ile de manyetik alan ve bu iki alanın fazlarıdır. Bu ölçülen parametreler Cagniard bağıntısı kullanılarak görünür öz direnç ve faz farkı hesaplanır. CSAMT uygulamalarında görünür öz direnç değeri; Cagniard öz direnç bağıntısından hesaplanmaktadır (Cagniard, 1953).

$$\rho_a = \frac{1}{5} f \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2$$

Burada;  $\rho_a$ : görünür öz direnç,  $f$ : frekans (Hz),  $E_x$ : elektrik alan magnetüdü (mV/km),  $H_y$ : manyetik alan magnetüdü (gamma)'dır.

CSAMT yönteminde arazi yerleşimi şekil 2'de görüldüğü gibi verici ve alıcı ünitelerin bulunduğu iki gruptan oluşur. Kaynağı yapay olarak oluşturulan CSAMT yönteminin avantajları şöyle sıralanabilir.

- 1- Sinyal kuvvetli olduğu için alıcı birimin AMT ve MT yöntemlerine göre fazla duyarlı olması gerekmez.
- 2- Kaynaktan istenilen frekansta sinyal yaratılıp ölçüldüğü için, sinyal ayrımı diye bir sorun yoktur. Böylece sinyal analiz işlemi daha kolaydır.
- 3- Yöntem AMT ve MT yöntemine göre daha hızlıdır.



Şekil 2- CSAMT ölçü düzeneği (Yamashita, 1987).

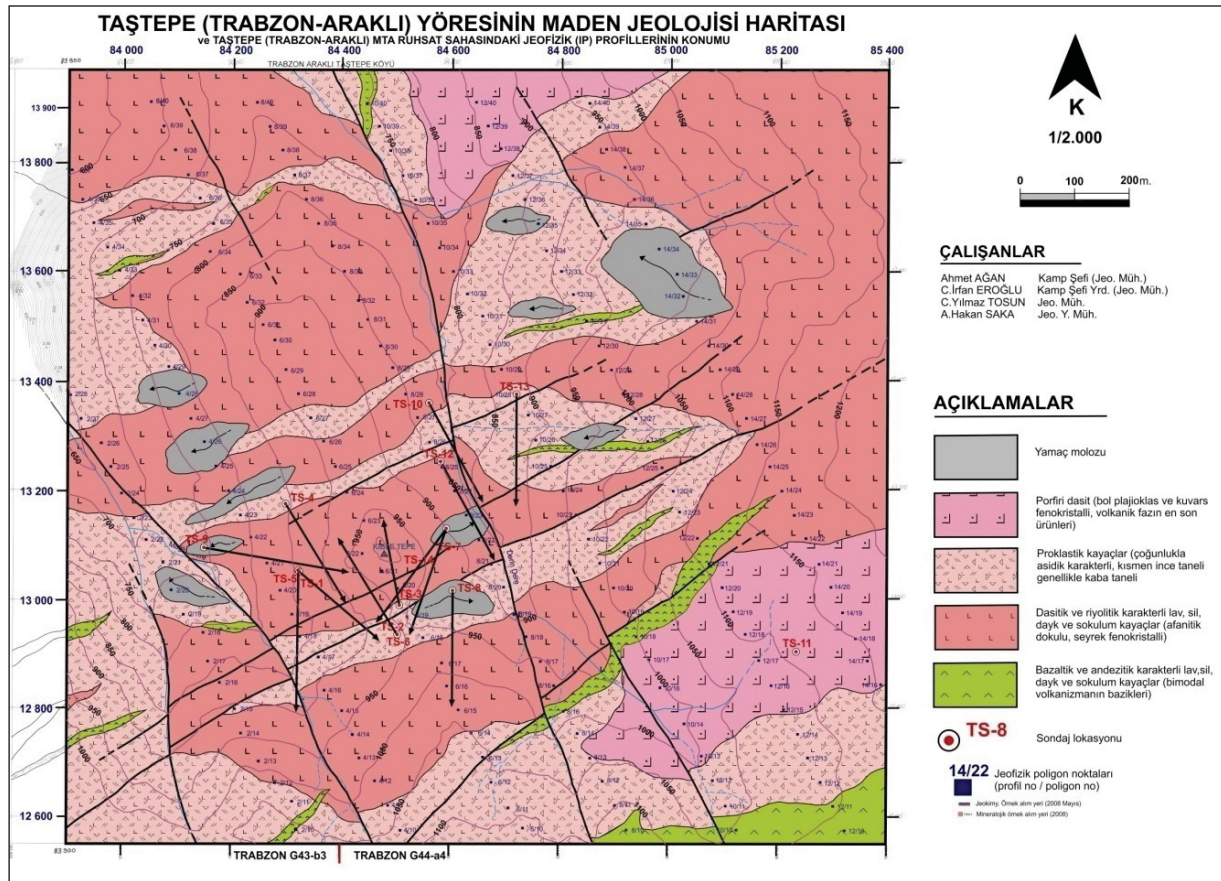
Doğal kaynaklı yöntemlerde (AMT ve MT) kaynak alıcıdan sonsuz uzaklıkta olduğu için düzlem dalga düşüncesi ile matematiksel bağıntılar geliştirilmiş ve değerlendirmeler ona göre yapılmaktadır. Bu avantajların yanında bir tek dezavantajı ise CSAMT yönteminde kaynak sonlu uzaklıkta olup alıcı ile verici arasındaki mesafe mümkün olduğu kadar uzak tutulmalıdır. Böylece daha derinleri araştırma imkânı elde edilmektedir. Aksi takdirde yakın alan etkisi nedeniyle fazla derinlere inmek mümkün değildir.

## SAHANIN JEOLJİSİ

Çalışma alanında bölgesel bazda; Üst Kretase yaşlı kumtaşı, marn ve mikritik kireçtaşı ara katkılı bazalt-andezit lav ve piroklastlar (Çatak formasyonu-Kr1), kuvars porfir-dasit lav ve piroklastlar (Kızılkaya formasyonu-Kr2), kırmızı- bordo renkli mikritik kireçtaşı,

marn ve kumtaşı ara katkılı andezit-bazalt lav ve piroklastları (Çağlayan formasyonu-Kr3), dasit-riyodasit-porfiri dasit lav ve piroklastları (Tirebolu formasyonu-Kr4), epiklastik kumtaşı-marn-kireçtaşı ardalanmalı sedimanter kayalar (Bakırköy formasyonu-Kr5) ile Tersiyer yaşlı andezit-bazalt lav ve piroklastları (Kabaköy formasyonu-Ev) yer almaktadır. Tüm bu birimler Üst Kretase yaşlı Kaçkar-I ve Tersiyer yaşlı Kaçkar-II (Güven, 1993) granitoyitleri tarafından kesilmiştir (Şekil 3).

İnceleme alanında Eosen dönemi kuzey ve güney zonda farklı fasiyesdedir (Güven, 1993). Kuzey zonda volkanizma etkili olurken güney zonda fliş gelişmiştir. Kuzey zon, çoğunlukla andezit - bazalt lav ve piroklastları ve volkanizmanın etkin olmadığı zaman aralığında kumtaşı - kumlu kireçtaşı ve marn çökelimi şeklinde volkano-tortul karakterli Kabaköy formasyonu ile temsil edilirken, güney zon volkanizmanın görülmediği tamamen konglomera,



Şekil 3- İnceleme alanının 1/2.000 ölçekli detay maden jeolojisi haritası (Ağan, 2011'den değiştirilerek).

kumtaşı, kumlu kireçtaşı - şeyl - tuf aralanmalı fliş özelliğinde Kelkit formasyonu ile temsil edilmektedir (Güven, 1993). Bu iki formasyon yer yer yanal ve düşey olarak birbirlerine tedrici geçişlidir. Eosen döneminde Kaçkar granitoidinin (y3) bazı fazları sokulum yapmıştır (Güven, 1993).

## JEOFİZİK DEĞERLENDİRME

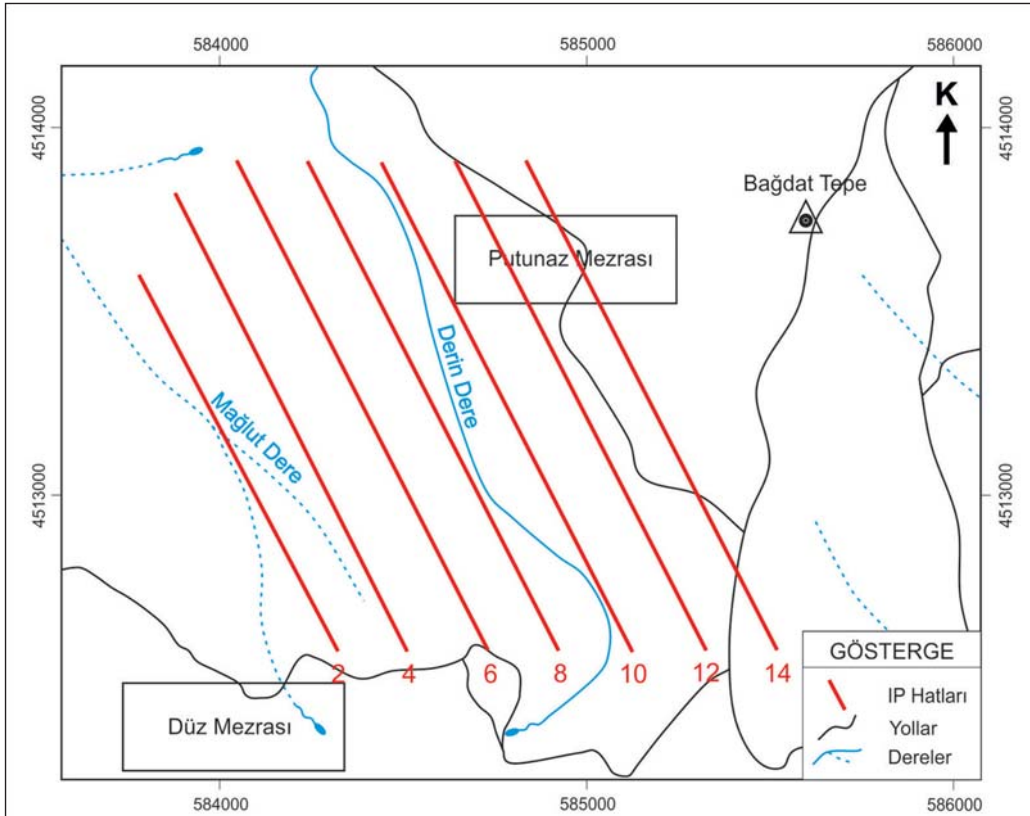
Sahada yaklaşık olarak KB-GD yönlü 7 adet profil hattı oluşturularak bu hatlar üzerinde IP ve CSAMT ölçüleri alınmıştır (Şekil 4).

Sahada yapılan Jeofizik IP etüdü sonucunda elde edilen şarjabilite değerleri benzer sahalarla göre çok yüksek olmamakla beraber sahada pirit saçınımının da söz konusu olmasından dolayı daha zayıf anomali gösteren çinko cevherleşmesi bazen gölgede kalabilmektedir. Taştepe sahası için cevherleşme ile ilişkili olabilecek sülfür mineralleri açısından eşik değerin yaklaşık 15 mV/V olduğu düşünülmektedir.

Etüt sahasında 8 ve 14 no.lu profiller üzerinde IP ölçümlerinin yanı sıra CSAMT ölçüleri de alınmıştır. CSAMT ve IP profillerinin öz direnç kesitleri karşılaştırıldığında düşük ve yüksek öz direnç anomalilerinin bazıları tutarlı iken, bazılarında ise tutarsızlıklar söz konusudur.

Sahanın en doğusunda alınan ölçülerde elde edilen şarjabilite değerleri etüt alanında elde edilen en düşük değerler olup sahanın sınırını da temsil etmektedir. Öz direnç kesitinde ise derine doğru bir öz direnç artışı gözlenmektedir. Sahanın jeolojisinden ve profile nispeten yakın olan TS-9 sondaj bilgisinden buradaki birimlerin ağırlıklı olarak dasit ve riolit olduğu bilinmektedir. Yine bu sondajın yaklaşık 400 m lere kadar çinko yönünden oldukça zayıf olması da zayıf şarjabilite anomalisini destekler niteliktedir.

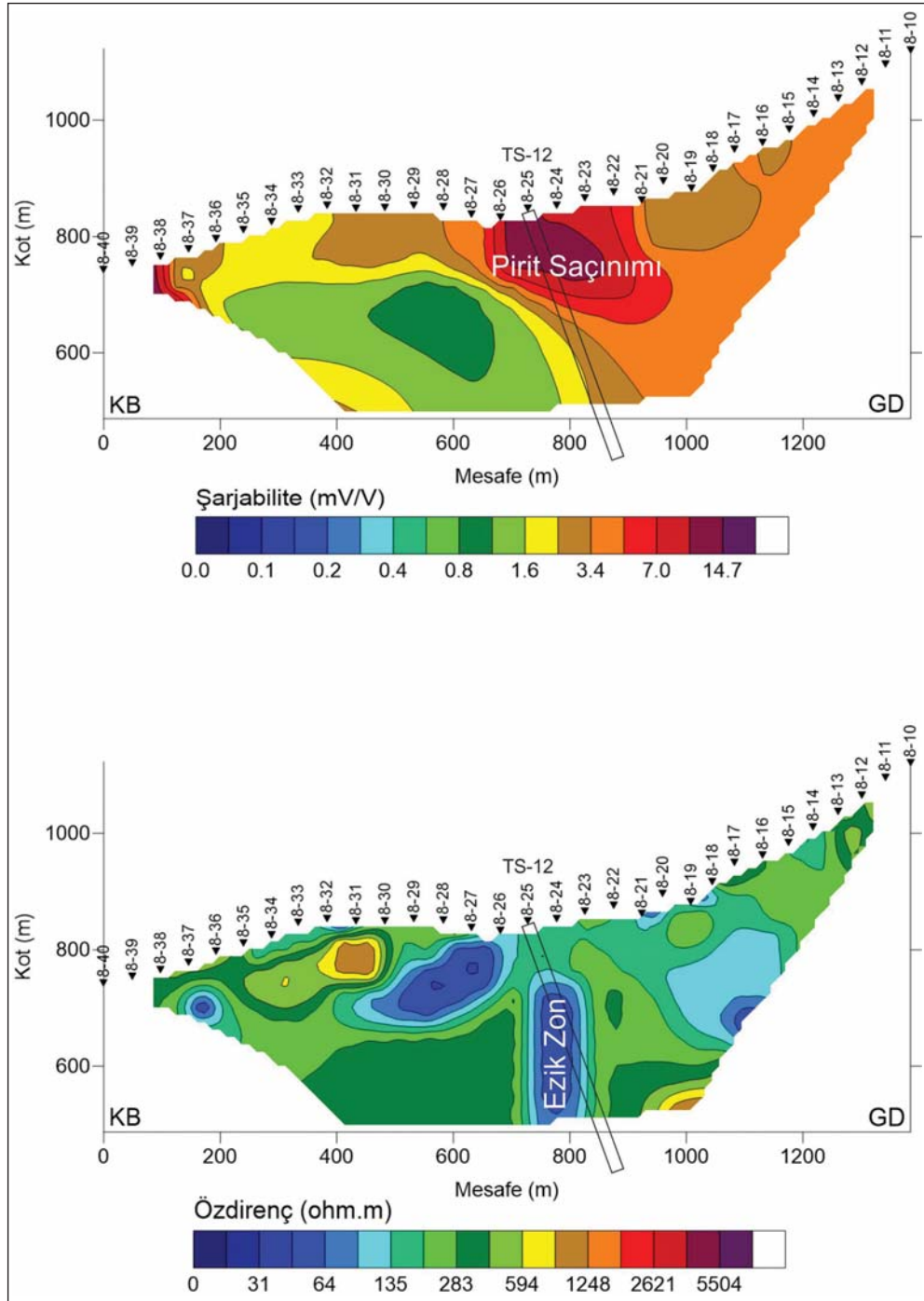
Takip eden kesitlerde genel olarak yüzeye yakın yerlerde kuvvetli şarjabilite anomalileri gözlenmektedir ve bu anomalinin şiddeti 25



Şekil 4- Çalışma sahası ölçü noktaları konum haritası.

mV/V değerine kadar ulaşmaktadır. Bu durum TS-3 sondajında ortalama 2450 ppm Zn ve TS-5 sondajında 3250 ppm Zn değerlerine karşılık gelmektedir. Bu metrajın altından 433 m ye kadar ortalama Zn değeri ise 480 ppm'e kadar düşmektedir (Ağan, 2011). Şarjabilite anomalisini kuvvetlendiren bir diğer unsur ise yer yer gözlenen yoğun saçınımlı pirit varlığıdır.

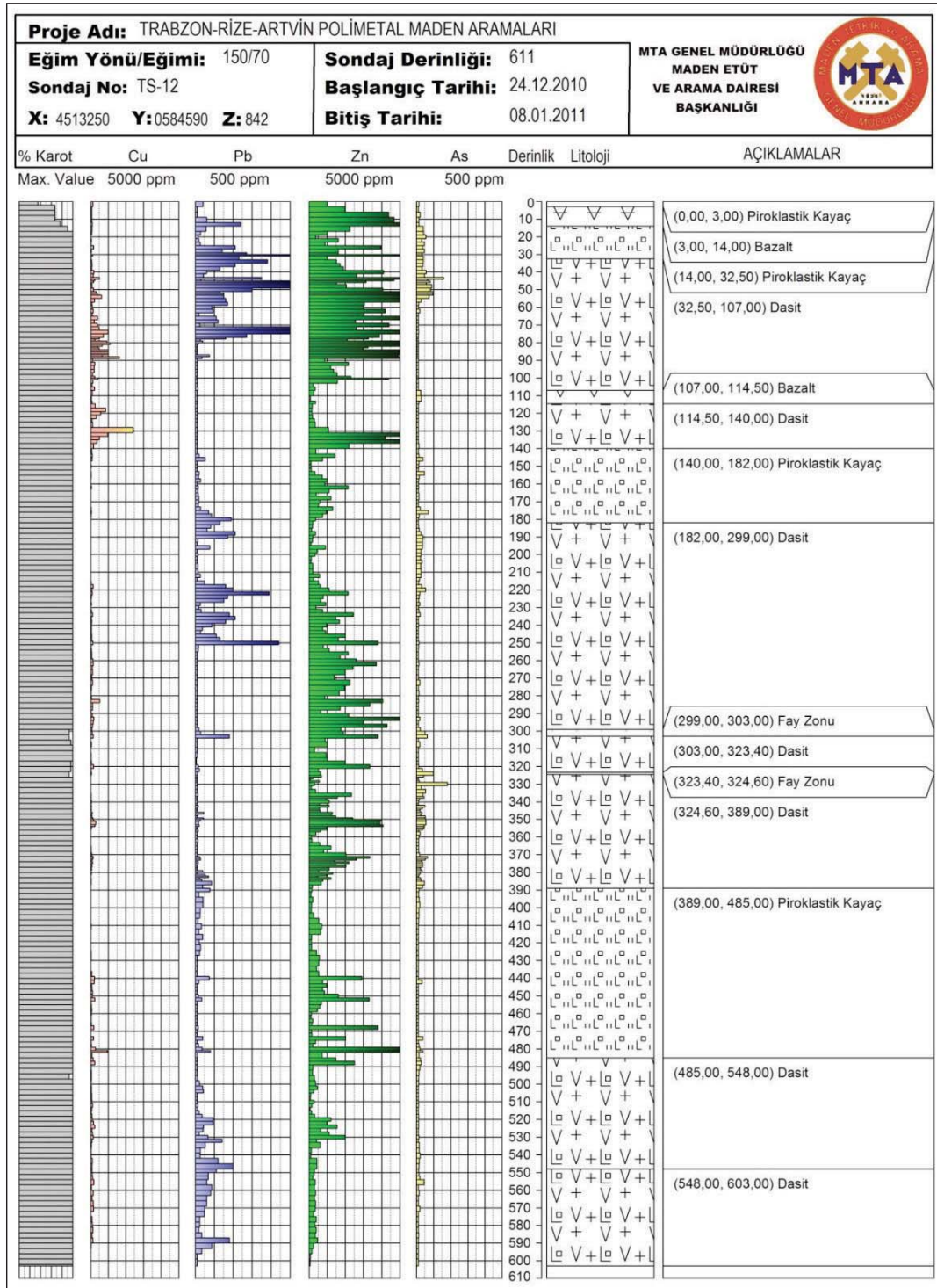
8 no lu profilin şarjabilite kesitinde profilin 800. metrelerinde bir anomali gözlenmektedir (Şekil 5). Bu profil üstünde bulunan TS-12 sondajından elde edilen bilgiler ışığında anomali olarak görülen metrajlarda piroklast, bazalt ve dasit ardalanması kesilmiştir. Sondajda 100 m ye kadar ortalama 3850 ppm Zn kesilmesi, saçınımlı piritin varlığı, bazaltların yük-



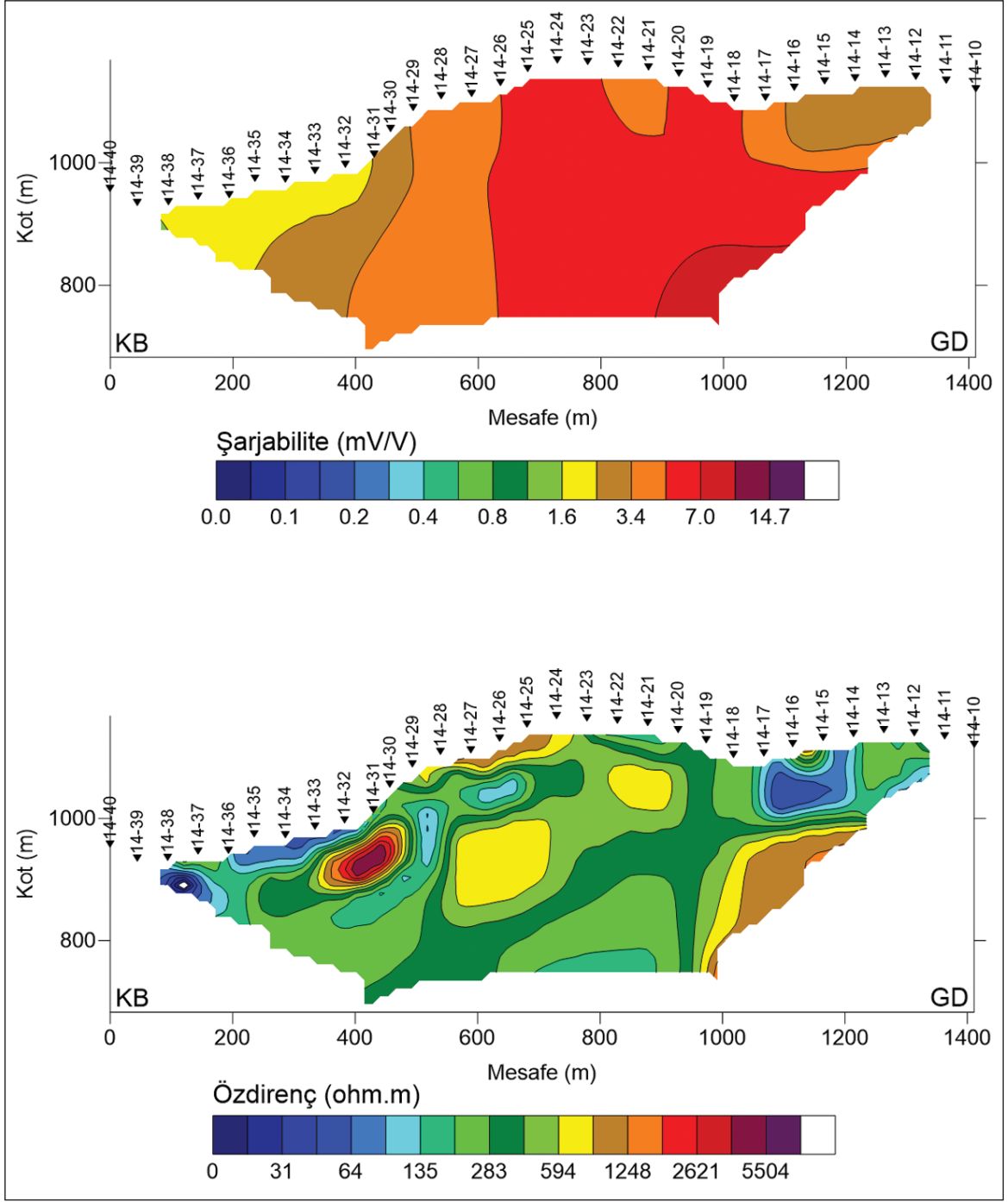
Şekil 5- 8 profilinin şarjabilite ve özdirenç kesitleri.

sek demir içeriği nedeniyle bu anomalinin alındığı anlaşılmıştır. 100 m den 600 m ye kadar ortalama Zn oranı ise 1150 ppm' dir (Şekil 6). 8 no.lu profilin öz direnç kesitinde ise kesitin geneline dasit ve piroklastların öz direnç değerleri hakimdir.

Şekil 7'de verilen ve sahanın en doğusunda yer alan 14 no.lu profilin şarjabilite kesitinde 7 – 10 mV/V değerlerine varan muhtemelen saçınımlı piritten kaynaklanan yaygın ama nispeten zayıf bir anomali gözlenmektedir. Bu profilin öz direnç kesitinde de yine dasit ve piroklastik birimlerin karakteristik değerleri hakimdir.



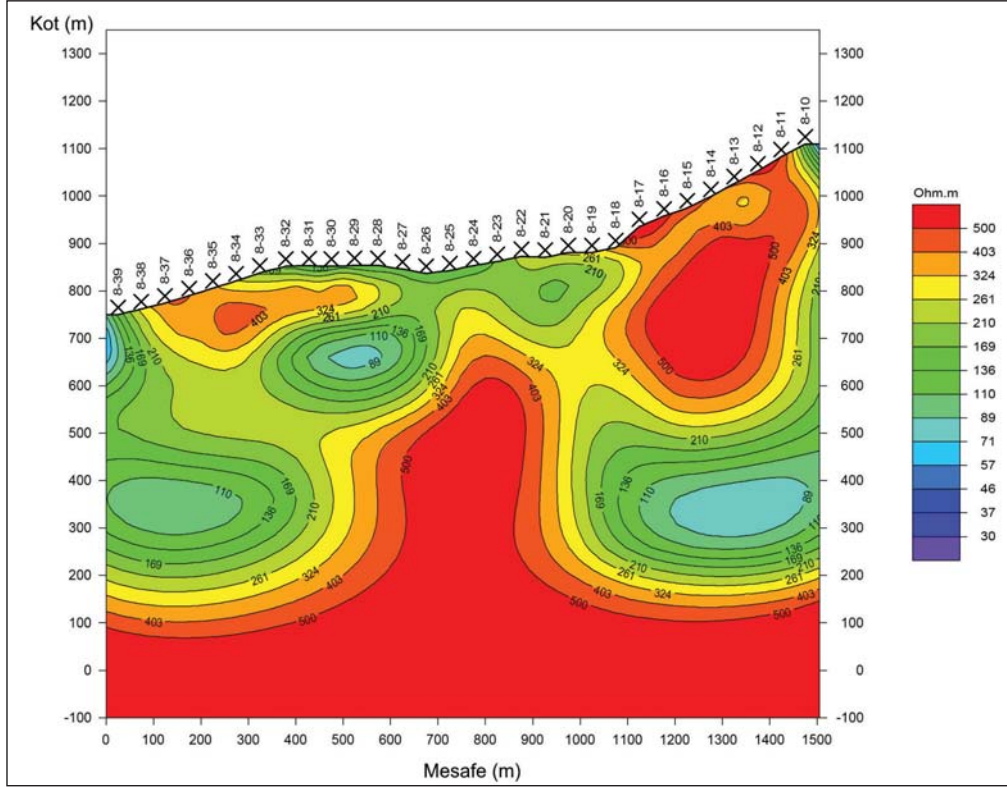
Şekil 6- TS12 sondajı analiz değerleri (Ağan, 2011'den).



Şekil 7- 14 profilinin pol dipol şarjabilite ve özdirenç kesitleri.

Etüt sahasında 8 ve 14 no.lu profiller üzerinde CSAMT ölçüleri de alınmıştır. IP ve CSAMT kesitlerinin özdirenç renk ölçeklerinin farklı olduğuna dikkat edilerek değerlendirme yapılmıştır. 8 no.lu profilin özdirenç kesiti ile CSAMT özdirenç kesiti kıyaslandığında, profilin sekizyüzcü metrelerinde yer alan özdirenç anomalisinde tezatlık gözlenmektedir (Şekil 8). IP özdirenç kesitinde bu bölgede

gözlenen düşük özdirenç anomalisi CSAMT kesitinde yüksek özdirençli olarak gözlenmektedir. Bu bölgenin dışında kesitler genel olarak uyumludur. CSAMT özdirenç kesitinden yaklaşık 500 – 700 m lere kadar ağırlıklı olarak piroklastik – dasit ardalanması izlenirken, bu metrelerden sonra ağırlıklı olarak dasit birimleri izlenmektedir (Bekar vd., 2015).



Şekil 8- 8 no.lu profil üzerinde alınan CSAMT ölçüsü.

Şekil 9’da verilen 14 no.lu profil üzerinde alınan CSAMT öz direnç kesitinde ise pol dipol kesitinin araştırma derinliğinin altında, yaklaşık 600-700 m’lerde düşük öz dirençli bir kapanım gözlenmektedir. Bu metrajlarda alterasyonun ya da sülfür mineralizasyonunun arttığı düşünülebilir.

Her iki kesit üstte jeolojik kesit olmak üzere alt alta konulduğunda özellikle 14 no.lu profildeki IP ve CSAMT öz direnç kesitlerindeki uyum gözlenebilmektedir (Şekil 10). Bu şekilde pol dipol kesitinin araştırma derinliği içerisindeki IP öz direnç ve CSAMT öz direnç dağılımı ve birbiriyle olan ilişkisi izlenebilir (Bekar vd., 2015).

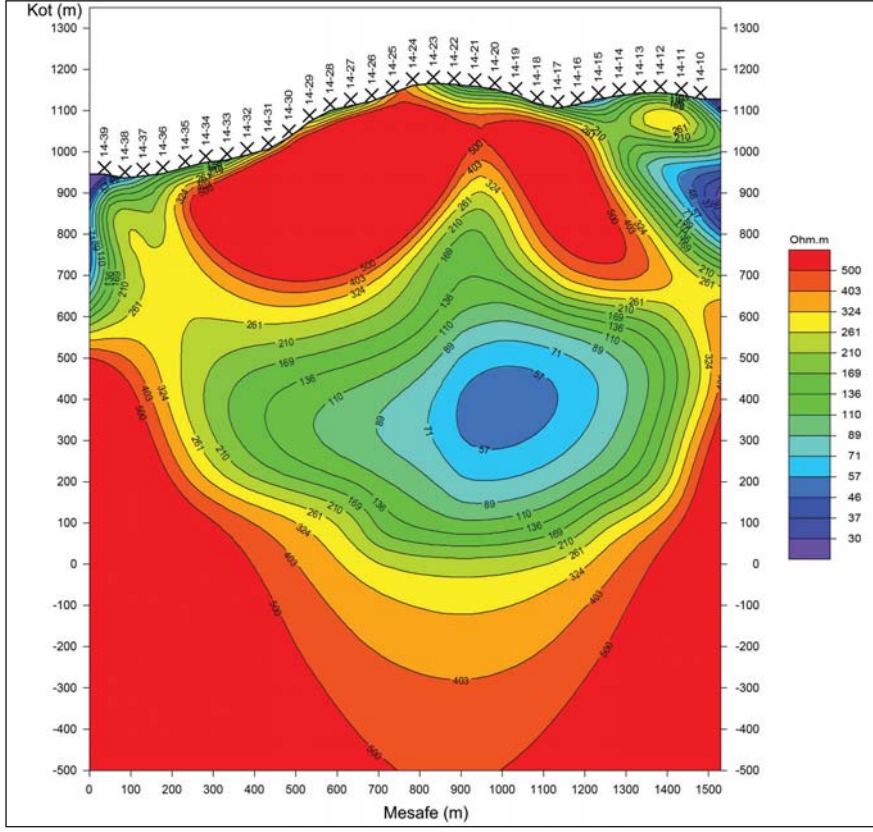
## SONUÇLAR

Trabzon Araklı Taştepe sahasında yürütülen IP ve CSAMT çalışması sonucu sahanın bu iki jeofizik yöntemle tepkisi incelenmiştir. Sa-

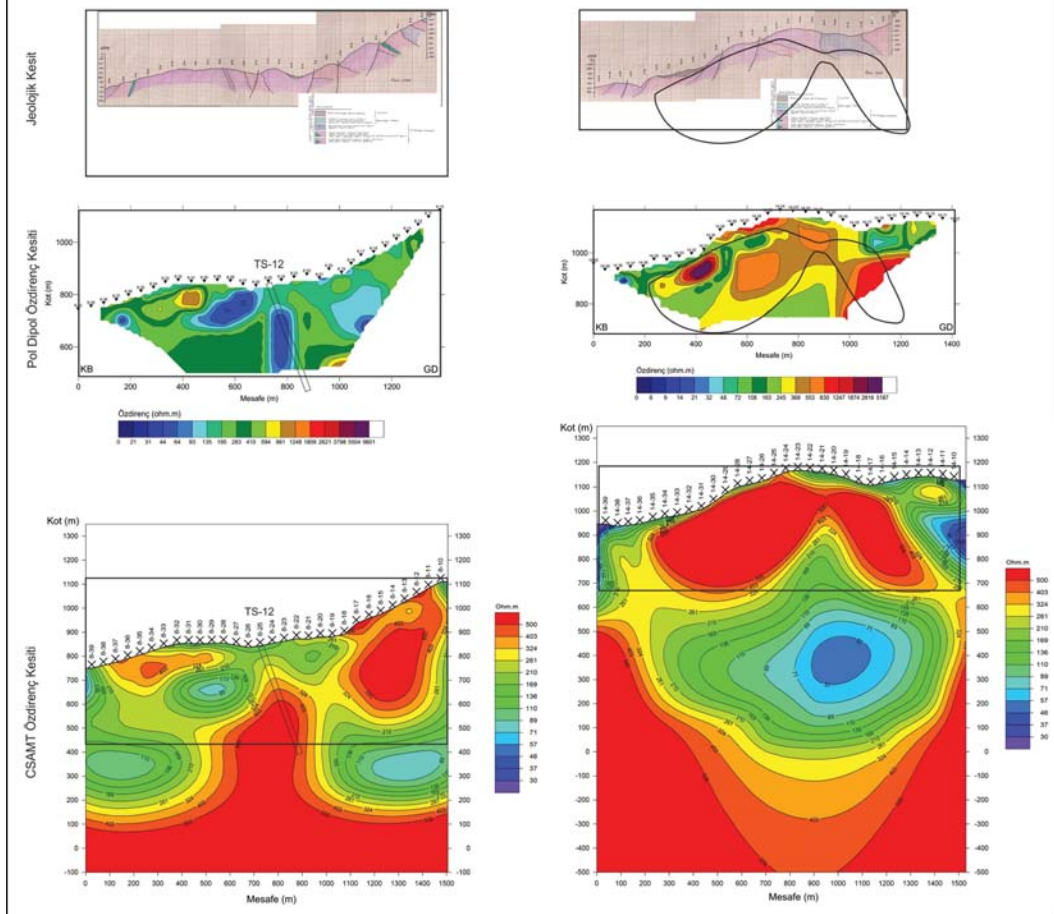
hada alınan yedi profilden ikisi üzerinde daha derin yapıları izleyebilmek için CSAMT ölçüsü alınmış ve IP öz direnç kesitleriyle ilişkilendirilmiştir. Genel olarak IP ve CSAMT öz direnç kesitleri uyum göstermekle birlikte 8 no.lu profilde 800 m lerinde farklılık görülmüştür. Bunun dışında her iki yöntem iyi bir korelasyon sergilemiştir.

Her iki yöntemden elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu, sülfürleşme ile ilişkili olduğu düşünülen iki anomaliye (JFZ-1 ve JFZ-2) sondaj önerilmiştir. Jeofizik etütler ile belirlenen JFZ-1 lokasyonu TS-12 sondajı olarak gerçekleştirilmiştir. TS-12 sondajının analiz neticelerinde IP şarjabilite anomalisinin kaynağının ağırlıklı olarak dasit içerisindeki yüksek sayılabilecek çinko yoğunluğu ile pirit saçınımlı olduğu görülmüştür. Buna yer yer sondajda kesilen bazaltların içerisindeki yüksek demir ve manyetit içeriği de katkıda bulunmuştur.





Şekil 9- 14 no.lu profil üzerinde alınan CSAMT ölçüsü.



Şekil 10- 8 ve 14 no.lu IP ve CSAMT kesitlerinin korelasyonu (Bekar ve Üçer, 2011).

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Ağan, A. 2011. Trabzon, Rize polimetal maden aramaları projesi, Araklı Taştepe 2011-01-106 ruhsat no.lu sahanın buluculuk raporu, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, (Yayımlanmamış).
- Bekar, K., Üçer, A. 2011. Trabzon-Araklı-Taştepe sahası jeofizik IP ve CSAMT etüt sunumu, Hizmet içi eğitim semineri, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Bekar, K., Üçer, A. 2015. Trabzon-Araklı-Taştepe sahası jeofizik IP ve CSAMT etüt raporu, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 11801*, Ankara (Yayımlanmamış).

Cagniard, L. 1953. Basic theory of the magnetotelluric method: *Geophysics*, 8, 605-635.

Güven, H. 1993. Dođu Karedeniz Bölgesi'nin 1/100.000 ölçekli harita ve jeoloji raporu, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara (Yayımlanmamış).

Yamashita, M. 1987. Software and hardware design of Controlled Source Audio-frequency Magnetotelluric (CSAMT) system and test survey: Phoenix Geophysics Limited company report, 43 p.