

JEOLJİK FORMASYON TAKİBİNDE 2B ELEKTRİK ÖZDİRENÇ UYGULAMASI

Hasan Karaaslan^{1*}, Ali Silahtar²

^{1,2}Jeofizik Mühendiliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

*(hkaraaslan@sakarya.edu.tr)

Özet – Uygulamalı jeofizik yöntemleri içerisinde yer alan elektrik öz direnç yöntemi, mühendislik problemlerinin tespiti ve çözümlenmesinde oldukça etkindir. Yöntem, yapay kaynak ile yere gönderilen elektrik akımının oluşturduğu potansiyel farkın ölçülmesi ve buna göre hesaplanan öz direnç parametresiyle yer altı elektrik modelinin çıkarılmasına dayanmaktadır. Elde edilen elektrik modeli, heyelan, maden araması, arkeolojik çalışmalar, su araması, imar planı değerlendirmesi ve jeolojik birimlerin incelenmesi gibi birçok araştırma gerçekleştirilebilir. Bu çalışma imar planı güncellemesi konusunda Sakarya'nın Hendek ilçesinde 2-Boyutlu (2B) elektrik öz direnç tomografi (ERT) kesitleri ile yer altı yapısının modellenmesini ve jeolojik formasyonların incelenmesini konu edinmiştir. Bu bağlamda farklı doğrultuda toplamda 5 profilde 48 elektrotlu ERT uygulaması 4m elektrot aralığı ve Wenner-schlumberger dizilimi gerçekleştirilmiştir. Veriler RES2DINV ters çözüm programında 2-Boyutlu yer elektrik kesitlerine dönüştürülmüştür. Elde edilen kesitlerin derinlikleri 35-45 m arasında değişmektedir. Bu kesitlerdeki öz direnç değerleri mekanik sondaj verisi dikkate alınarak altere metakumtaşı ve kompakt metakumtaşı olmak üzere iki jeolojik birim ile tanımlanmıştır. Bu birimlerden sığ derinlikte yer alan altere metakumtaşı dolgu malzeme, altta yer alan kompakt metakumtaşı ise anakaya olarak tanımlanmıştır. Yatay doğrultuda ilk dört profilde altere metakumtaşına karşılık gelen öz direnç değerleri ilk dört ERT profilinde 5-10 m aralığında değişim gösterirken son ERT kesitinde yatayda yaklaşık 128 m civarında bir fay çizgiselliği oluşturacak şekilde 25 m derinlik seviyesine inmiştir. Diğer profillerde gözlemlenmeyen bu yapı olası tali fay çizgiselliği olarak tanımlanmıştır. Jeolojik formasyon takibini konu alan çalışma sonuçlarının devam eden süreçte lokal ölçekteki olası fay çizgiselliğinin devamlılığının araştırılması ile birleştirilmesi, alanın sismik risk değerlendirmesine pozitif katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler – ERT, Jeofizik, Jeolojik Formasyon, Sakarya, İmar Planı

I. GİRİŞ

Elektrik rezistivite yönteminde, yüzeydeki spesifik elektrot dizilimleri (dipol-dipol, Wenner vb.) kullanılarak yeraltı öz direnç dağılımını belirlemeye yönelik ölçümler yapılmaktadır [1]. Bu ölçümlerden elde edilen öz direnç verileri genellikle 2 boyutlu (2B) yapay (pseudo) kesit haritaları olarak görselleştirilir. Bu harita, yeraltı gerçek öz direnç değerlerinin bir temsildir ve elektrot dizilimlerinin geometrik faktörünün bir fonksiyonudur. Öz direnç değerlerinden ters çözüm yöntemleri yardımıyla gerçek yer altı modeli ile uyumlu sonuçlar elde edilebilir. Gömülü yapılar ile örtü birimi arasındaki öz direnç farkı yöntemin

etkinliğini belirler [2]. Bu prensip dikkate alındığında öz direnç farklılığı söz konusu olan jeolojik formasyon ve bu formasyonların geometrik özellikleri elektrik öz direnç kesitleri ile aydınlatılabilir.

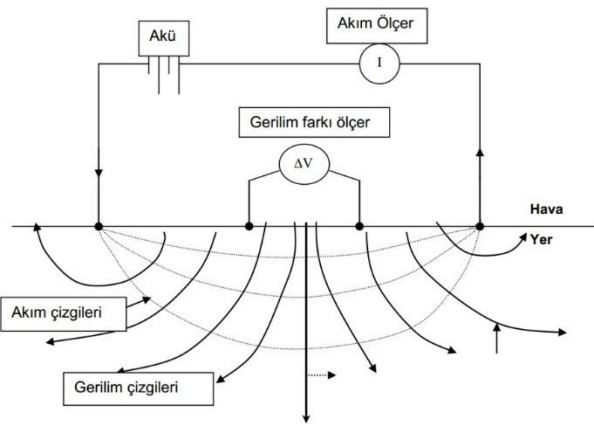
Zemin-bina etkileşimi gözetilmeden gerçekleştirilen imarlaşma sürecinin meydana getirdiği sarsıcı sonuçlar yakın tarihte meydana gelen 6 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan depremlerinde literatürde yerini almıştır [3]. Fay yapılarının aydınlatılması üst yapı-zemin ilişkisi için oldukça kritik bir konudur. İmar durumu üzerine çalışma planlanırken fay düzlemlerinin haritalanması, zemindeki en büyük hareketin

karşılacağı kırık zonlara uzak alanların belirlenmesi açısından hayatidir. Bu bağlamda jeolojik koşullar etkisi altında fay zonları öz direnç değişim zonlarına neden olabilir. Dolayısıyla, bu değişim zonlarının tespiti fay kırıklarının tespitine karşılık gelecektir.

Bu çalışma imar planına uygunluk açısından yeraltı jeolojisinin elektrik öz direnç yöntemi ile aydınlatılmasını konu edinmiştir. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanı olarak belirlenen Sakarya'nın Hendek ilçesinde alınan 5 adet 2-B elektrik rezistivite tomografi ölçümleri ile yeraltı jeolojik formasyonlar ve faylanma yapıları ortaya çıkarılmıştır. Belirlenen yeraltı modelleri ile tespit edilen tali fay yapıları yöntemin başarılı bir uygulamasını sunması açısından ileride yapılacak olan imar planı çalışmalarına altlık oluşturacaktır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Elektrik öz direnç yöntemi iki elektrotla yere uygulanan akım ile farklı diğer iki elektrot arasındaki potansiyel farktan yararlanarak yerin derinlik öz direnç yapısının çıkarılmasıdır (Şekil 1). Bu yöntemde amaç, yer içindeki yapıların yatay ve düşey yönde elektriğin iletim biçimlerini araştırmaktır. Kayaçlar; elektriği iletme yeteneğinin yanı sıra elektriğin iletimine karşı direnç gösterme özelliğine de sahiptir ve bu özelliğe de dirençlilik (rezistive) adı verilir. Kayaç birimleri içerisinde gözenekliliği az ve sıkı olanlar oldukça zayıf ileticilerdir ve yüksek dirence sahiptirler. Buna karşılık gözeneklilik miktarı arttıkça gözeneklerdeki sıvı oranına bağlı olarak iletkenlik artar ve direnç azalır.



Şekil 1. Öz direnç yönteminin uygulanması ve akım-gerilim çizgilerinin yer içindeki yayılımı [4]

Öz direnç araştırmalarında araştırma alanı, hedeflenen araştırma derinliği, araştırmanın konusu gibi çeşitli değişkenler göz önünde tutularak, kullanılan elektrotlar birçok farklı biçimde dizilebilirler. Uzun süredir araştırmacılar yöntemin başarısını artırabilmek için değişik elektrot dizimleri geliştirmişlerdir. Ölçülen alanın, homojen ve izotrop olduğu varsayılırsa, ortamın öz direnci Ohm Kanunu'ndan;

$$\rho = k(\Delta V/I)$$

olarak gösterilir. Burada, ρ (ohm.m) ortamın öz direnci, k (m) geometrik faktör, ΔV (volt) potansiyel farkı, I (amper) akımı göstermektedir. Ancak yeryüzü homojen ve izotrop olmadığından yani yanal yönde ve düşey yönde düzensizlikler içerdiğinden potansiyel farkı karmaşık bir ortamın akıma karşı tepkisidir ve ölçülen öz direnç değeri de gerçek öz direnç olmaktan çıkar (ΔV_a) ve görünür öz direnç (ρ_a) olarak adlandırılır. Bu durumda bağıntı;

$$\rho_a = k(\Delta V_a/I)$$

olarak yazılır. Bu bağıntı tüm dizimler için geçerlidir. Elektrotların birbirlerine göre farklı yerleştirilmesinden kaynaklanacak fark, k sabitinin dizilime göre farklılık göstermesiyle aşılır. Öz direnç yönteminde sıklıkla kullanılan elektrot dizimleri şunlardır: Wenner, Wenner-schlumberger, Schlumberger, Dipol-dipol ve Pol-pol dizilimi.

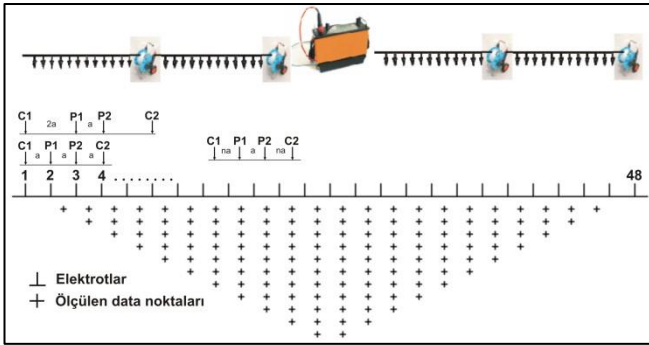
Bu çalışmada imar planı alanının jeolojik yapısını karakterize edebilmek amacıyla 2-Boyutlu elektrik rezistivite tomografisi (ERT) çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışma alanında ARES GF çoklu elektrot (48 elektrot) cihazı yardımıyla, 5 adet ERT profili farklı doğrultular boyunca gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).

188 metre uzunlukta ve elektrot aralığı 4m, Wenner-schlumberger dizilimi (Şekil 3) ile toplanan bu 5 profildeki veriler smoothness-constrained en küçük kareler algoritması kullanarak RES2DINV [5] ters çözüm programı ile 2-Boyutlu yer elektrik kesitlerine dönüştürülmüştür. Elde edilen kesitlerin derinlikleri 35-45 m arasında değişmektedir. Her bir profil ölçümünde 48 elektrotla ait kot değerleri

sahada kaydedilmiştir ve bu kot değerlerine göre 2-B ERT kesitleri topoğrafya düzeltmeli görselleştirilmiştir. Maksimum 3-5 iterasyon sonucunda elde edilen kesitlerin ters çözümünde RMS hata değerleri 1.0 – 5.1 arasında değişmektedir.



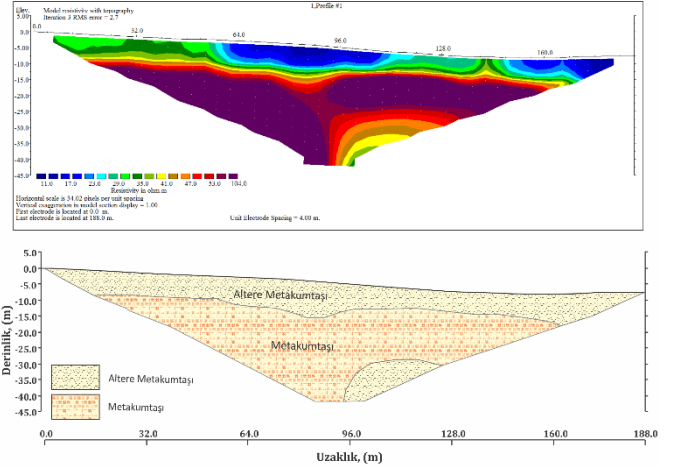
Şekil 2. Jeofizik yöntemlerin gerçekleştirildiği profillerin gösterimi



Şekil 3. Wenner-schlumberger dizilimi için ölçü alım modeli

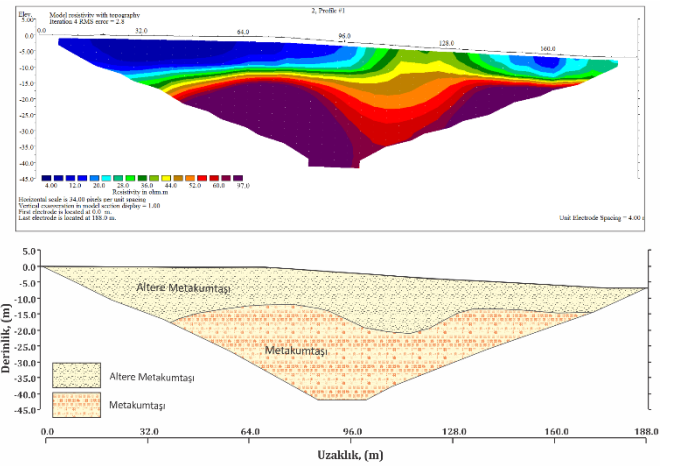
III. BULGULAR

Şekil 4’ te ERT-1 profiline ait RES2DINV 2-B topoğrafyalı ters çözüm sonucu verilmiştir. 2-B özdirenç kesiti incelendiğinde elektrik özdirenç değerlerinin min:11 ohm.m, max:104 ohm.m arasında değişmektedir. Bu kesitte, özdirenç farklılığı yaklaşık yatay konumlu 2 birimi temsil ettiği görülmektedir. ERT-2 profiline ait 2-B topoğrafyalı ters çözüm sonucu Şekil 5’de verilmiştir. 2-B özdirenç kesiti dikkate alındığında elektrik özdirenç değerlerinin min:4 ohm.m, max:97 ohm.m arasında değişmektedir. ERT-2 profilinde, profil başı ile profil sonu arasında kot farkı 7,00 metredir. Bu kesitte, özdirenç farklılığı yaklaşık yatay uzanımlı, tabaka sınırında ondülasyon gösteren 2 birime karşılık gelmektedir.



Şekil 4. ERT-1 topoğrafyalı 2-B ters çözüm kesiti (üstte), ERT-1 jeolojik modeli (altta) alım modeli

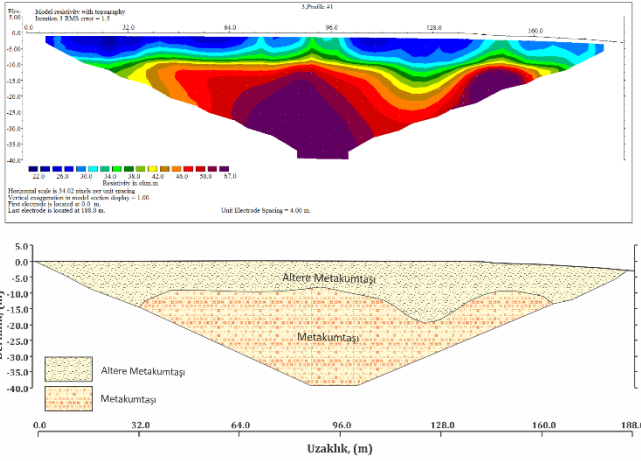
Şekil 6’da ERT-3 profiline ait 2-B topoğrafyalı ters çözüm sonucu verilmiştir. ERT-3 ölçümüne ait 2-boyutlu özdirenç kesitinde elektrik özdirenç değerlerinin min:22 ohm.m, max:67 ohm.m arasında değişmektedir. ERT-3 profilinde, profil başı ile profil sonu arasında kot farkı 3,05 metredir. Bu kesitte, özdirenç farklılığı yaklaşık yatay uzanımlı, tabaka sınırında ondülasyon gösteren 2 birime karşılık gelmektedir.



Şekil 5. ERT-2 topoğrafyalı 2-B ters çözüm kesiti (üstte), ERT-2 jeolojik modeli (altta) alım modeli

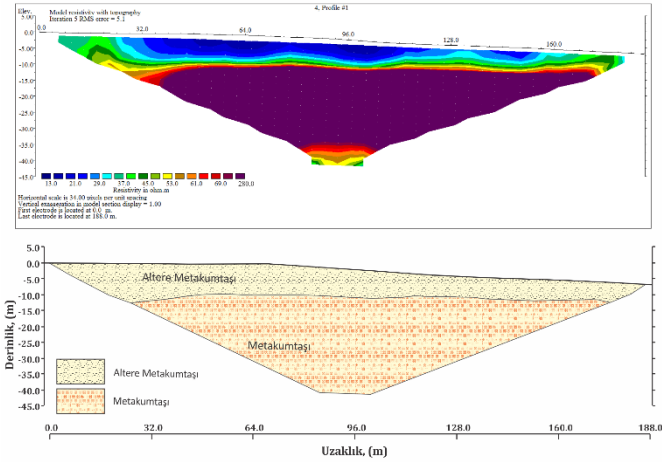
ERT-4 profiline ait 2-B topoğrafyalı ters çözüm sonucu ise Şekil 7’ de verilmiştir. ERT-4 ölçümüne ait 2-boyutlu özdirenç kesitine bakıldığında elektrik özdirenç değerlerinin min:13 ohm.m, max:280 ohm.m arasında değişmektedir. ERT-4 profilinde, profil başı ile profil sonu arasında kot farkı 6,80 metredir. Profil yönü yaklaşık olarak K-G uzanımlıdır. Bu kesitte, özdirenç farklılığı

yaklaşık yatay konumlu 2 birime karşılık gelmektedir.



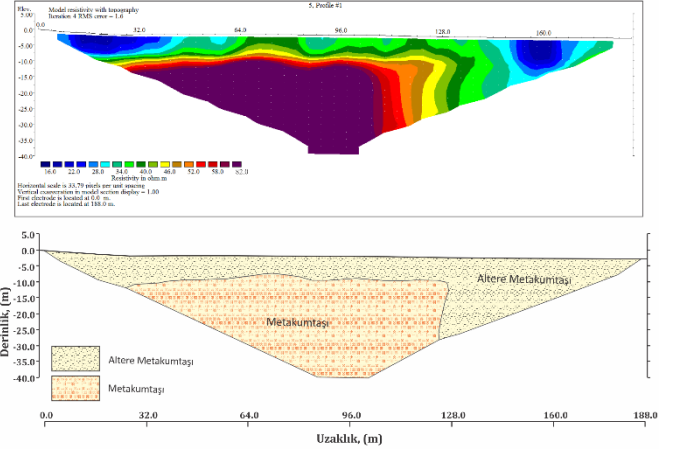
Şekil 6. ERT-3 topoğrafyalı 2-B ters çözüm kesiti (üstte), ERT-3 jeolojik modeli (altta) alım modeli

Şekil 8’ de ERT-5 profiline ait 2-B topoğrafyalı ters çözüm sonucu verilmiştir. ERT-5 ölçümüne ait 2-boyutlu öz direnç kesiti incelendiğinde elektrik öz direnç değerlerinin min:16 ohm.m, max:82 ohm.m arasında değişmektedir.



Şekil 7. ERT-4 topoğrafyalı 2-B ters çözüm kesiti (üstte), ERT-4 jeolojik modeli (altta) alım modeli

ERT-5 profilinde, profil başı ile profil sonu arasında kot farkı 2,80 metredir. Profil yönü yaklaşık olarak K-G uzanımlıdır. Bu kesitte, öz direnç farklılığı yaklaşık yatay konumlu 2 birime karşılık gelmektedir.



Şekil 8. ERT-5 topoğrafyalı 2-B ters çözüm kesiti (üstte), ERT-5 jeolojik modeli (altta) alım modeli

IV. TARTIŞMA

Çalışma alanı genelinde volkanik kökenli kum taşı (Tey) ana kaya görevinde olup farklı derinlik seviyelerinde dağılım göstermektedir. Volkanik kökenli kumtaşının porozitesi yüzeyde soğuma ve üzerinde basınç oluşturan tabakalar olmaması nedeniyle yüksek ve bu bağlamda bozuluşu da hızlıdır. Taneleri kum boyutunda olduğu için kumtaşı olarak tanımlanmaktadır. Öte yandan topoğrafik eğim etüt sahasında su içeriğini besleyebilir niteliktedir. Buna bağlı olarak çalışma alanında genel olarak öz direnç değerleri düşük seviyelerde tespit edilmiştir.

2-B ERT sonuçlarının her biri yukarıda bahsedilen bilgilere göre yorumlanmıştır ve jeolojik modeller oluşturulmuştur. Buna göre, öz direnç farklılığı yaklaşık yatay konumlu 2 birime karşılık gelmektedir. Bunlardan birincisi, düşük öz dirençli yapıyı temsil eden ve dolgu malzeme şeklindeki altere metakumtaşı olarak tanımlanmıştır. Bu tabakanın altında nispeten yüksek öz dirençler ile tanımlanan kısımlar ise meta kumtaşı olarak tanımlanmıştır. Doğal atmosferik koşullardan daha az etkilenen bu birim katı ve kısmen kompakt haldedir.

Kesitlerde hem yanal hem düşey öz direnç değişimlerinin tespiti sağlamak amacıyla Wenner-schlumberger elektrot dizilimi kullanılmıştır. Buna göre derinlik hassasiyetinin artırılmasıyla beraber yanal değişimlerinde ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Elde edilen kesitlerin tamamında iki tabakalı yatay katmanlar mevcut iken ERT-5 profilinde meta kumtaşı-altere kumtaşı sınırında düşey bir geçiş tespit edilmiştir. Ani bir şekilde

özdirenç değişikliğine bağlı olarak tespit edilen bu kısmın tali bir fay olabileceği şeklinde değerlendirilmiştir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışma 2-B ERT kesitleri ile yer altı yapısının modellenmesini ve jeolojik formasyonların irdelenmesini konu edinmiştir. ERT kesitlerinde jeolojik birimlerin iki ana özdirenç karakteri ile temsil edildiği görülmüştür. Bunlardan ilki, dolgu malzeme olarak tanımlanan altere metakumtaşıdır. Diğer birim ise altta yer alan anakaya görevi gören kompakt metakumtaşıdır. Çalışma alanında elde edilen ERT-5 kestinde yatayda yaklaşık 128 m civarında düşey bir fayı temsil eden özdirenç değişim zonu gözlemlenmiştir. Sondajlar ile gerçekleştirilmesi maliyet ve zaman kaybından dolayı mümkün olmayan bu tespitlerin jeofizik yöntemler ile gerçekleştirilmesini göstermesi bakımından çalışma literatüre önemli katkı sağlayacaktır.

Jeolojik formasyon takibini konu alan çalışma sonuçlarının devam eden süreçte lokal ölçekteki olası fay çizgiselliğinin devamlılığının araştırılması ile birleştirilmesi, alanın sismik risk değerlendirmesine pozitif katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] C. Karavul, H. Karaaslan and A. Demirkol, "Investigation of structures in the Alabanda Bouleuterion by electrical resistivity method," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 9, pp.1-9, 2016.
- [2] H. Karaaslan and C. Karavul, "Usefulness of electrical and magnetic methods in finding buried structure of the Alabanda Ancient Cistern in Çine Town, Aydın City, Turkey," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 11, pp. 1-11, 2018.
- [3] Y. Duan, J. Bo, D. Peng, Q. Li, W. Wan and W. Qi, "Analysis of Peak Ground Acceleration and Seismogenic Fault Characteristics of the Mw7. 8 Earthquake in Turkey," *Applied Sciences*, vol. 13(19), pp. 10896, 2023.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.