

Ergene Havzası, Çorlu formasyonu, Sarılar Köyü çevresinde akifer oluşturacak stratigrafik kapanların düşey elektrik sondajları ile görüntülenmesi

Imaging of stratigraphic trap forming aquifer in the Ergene Basin, Corlu formation, in the vicinity of Sarilar Village with vertical electrical sounding

Fethi Ahmet YÜKSEL¹, Nihan HOŞKAN²

^{1,2} Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye.
fayuksel@istanbul.edu.tr, nihan@istanbul.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 03.04.2017, Kabul Tarihi/Accepted: 15.05.2018
* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2018.70457
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Yeraltı suyu aramalarında düzenli aralanma gösteren tabakalı yapıların aksine stratigrafik kapanlar (kum, çakıl, kil mercikleri) daima bir sorun oluşturmaktadır. Merciksi yapıların jeolojik özelliklerinin yanı sıra bu merciklerin yerleri, boyutları, kalınlıkları ve derinlikleri gibi geometrik özellikleri ve iletkenlik, öz direnç, gözeneklilik gibi fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla jeofizik yöntemler kullanılır. Çalışma sahası Marmara bölgesinin Tekirdağ kesiminde Çorlu Sarılar Köyünün kuzeyinde, KD-GB yönünde akan Çorlu Deresi'nin batı kesiminde yer alır. Çalışma sahasının en düşük kotu 123 m ve en yüksek kotu ise 146 m'dir. Çalışma bölgesinde Pliosen yaşlı Çorlu formasyonunun içinde değişik seviyelerde ve boyutlarda stratigrafik kapanların modellenmesi için jeoelektrik yöntemler kullanılarak bu jeolojik oluşumlar araştırılmıştır. Jeofizik çalışmada açılım uzunlukları (AB/2)=300 m olan Schlumberger dizilimi kullanılarak Düşey Elektrik Sondaj (DES) yöntemi 21 noktada uygulanmıştır. Ölçülen DES öz direnç değerlerinden yararlanılarak iki boyutlu jeoelektrik kesitler ve öz direnç kat haritaları oluşturularak çalışma alanındaki stratigrafik kapanların geometrik konumları görüntülenmiş ve fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bölgede öz direnç değerleri 18.5 Ohm-m ile 7.0 Ohm-m arasında değer alırken, düşük öz dirençli bölgelerin daha sığ derinlikte olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Öz direnç, Akifer, Stratigrafik kapan, Çorlu formasyonu, Ergene havzası

Abstract

In exploration of groundwater, unlike the layers showing regular sequence, stratigraphic traps (sand, gravel, clay lens) are always a problem. In addition to geological characteristic of the lens structures, geophysical methods are used to identify geometric features of the lens such as locations, dimensions, thickness and depth. It also identifies physical features such as conductivity, resistivity and porosity. The study area is located in the north of Corlu Sarilar village of Tekirdag (Marmara region). It is also located in the west part of Corlu creek flowing in the direction of NE-SW. The lowest level of the study area is 123 mt. and the highest level is 146 mt. In the study area, geological structures were analyzed for modelling the stratigraphic traps in the different level and dimension of Pliocene aged Corlu formation using the geoelectric method. In the geophysical study, Vertical Electrical Sounding (VES) method was applied in 21 points using Schlumberger array. Line length (AB/2) is 300 m. Geometric locations of stratigraphic traps were monitored and physical features were tried to define by generating resistivity level map and two dimensional geoelectric profile obtained from VES resistivity values. Resistivity values in the region are between 18.5 Ohm-m and 7.0 Ohm-m, while low resistivity zones are observed at shallower depth.

Keywords: Resistivity, Aquifer, Stratigraphic trap, Corlu formation, Ergene basin

1 Giriş

Jeofizik araştırmalar yer altı yapısı hakkında dolaylı ve doğrudan bilgi edinebilmek amacıyla yapılır. Yer yüzeyinden veya açılan kuyulardan yapılan jeofizik yöntemlerle, yer altında farklı fiziksel özelliklere sahip kayaç ve yapıların birbirinden ayırt edilmesiyle yer altı jeolojisi belirlenmeye çalışılır. Bu çalışmalarını yapmak için yaygın ve etkin olarak kullanılan jeofizik yöntemlerden biri de yer elektrik yöntemidir. Potansiyel yeraltı suyu zonlarında jeoelektrik araştırmalar pek çok araştırmacı tarafından yapılmaktadır. Gupta ve diğ. [1] Maharashtra'da, Rotnogiri ve Kolhapur ilçesinin civarında düşey elektrik sondaj yöntemi yardımı ile IPI2WIN programını kullanarak olası yeraltı su zonlarını araştırmış ve potansiyel akifer zonlarının çoğunun yeryüzünden 10 ile 70 m altında bulunduğunu tespit etmişlerdir. Yeni Delhi'de Jamia Hambard Üniversitesi kampüsünde yapılan çalışmada, iki boyutlu öz direnç verileri, derin yeraltı su kaynakları araştırmaları için kullanılmış, akiferin 88 m derinde olduğu tespit edilmiş ve önerilen sondaj noktasında akifere ulaşılmıştır [2]. Hindistan,

Nagpur-Katol Taluk'da yeraltı suyu aramaları için yaklaşık 20 km²'lik alanda ve 12 noktada düşey elektrik sondaj ölçümü yapılmıştır [3]. Nijerya'da Deghele civarında AB=600 m elektrot açılımı ile yeraltı suyu araştırması için düşey elektrik sondaj yöntemi uygulanmış, bulunan altı jeoelektrik katmandan 170 m kalınlığında ve 180 m derinlikteki dördüncü katmanın 1121 ile 2796 Ohm-m arasında değişen öz direnç değeri ile akiferi oluşturan katman olduğu ileri sürülmüştür [4]. Güney Nijerya, Bayelsa Eyaleti'nde DES yöntemi kullanılarak akifer geçişleri tanımlanmıştır [5]. Ayrıca DES ölçümleri yardımıyla, Bihar, Hindistan'da stratigrafik kapanlardaki akiferlerde arsenik ölçümleri yapılmış ve özellikle sığ akiferlerde arseniğe rastlanmıştır [6]. Bu çalışmada Çorlu-Sarılar köyündeki çökeltme ortamının jeolojik yapılarının aydınlatılması amacıyla doğru akım öz direnç yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem için her profilde 7 noktada olmak üzere, toplamda 21 noktada, DES ölçüsü alınmıştır. Bu çalışmada;

- Çalışma alanının akarsu havzasında bulunmasından dolayı varlığı tahmin edilen alüvyonal (fluvial) şekillenmeden dolayı oluşmuş kum mercceklerinin görüntülenmesi,
- Yer altı suyu taşıyan akiferin modellenmesi,
- Bölgede yapılacak olan sondaj konumlarının belirlenmesi amacıyla doğru akım öz direnç yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada (AB)/2 aralığı, düşey dağılımı belirleyebilmek açısından 300 m tutulmuştur. Ölçü alınan dizilim şekli Schlumberger elektrot açılımı yöntemidir.

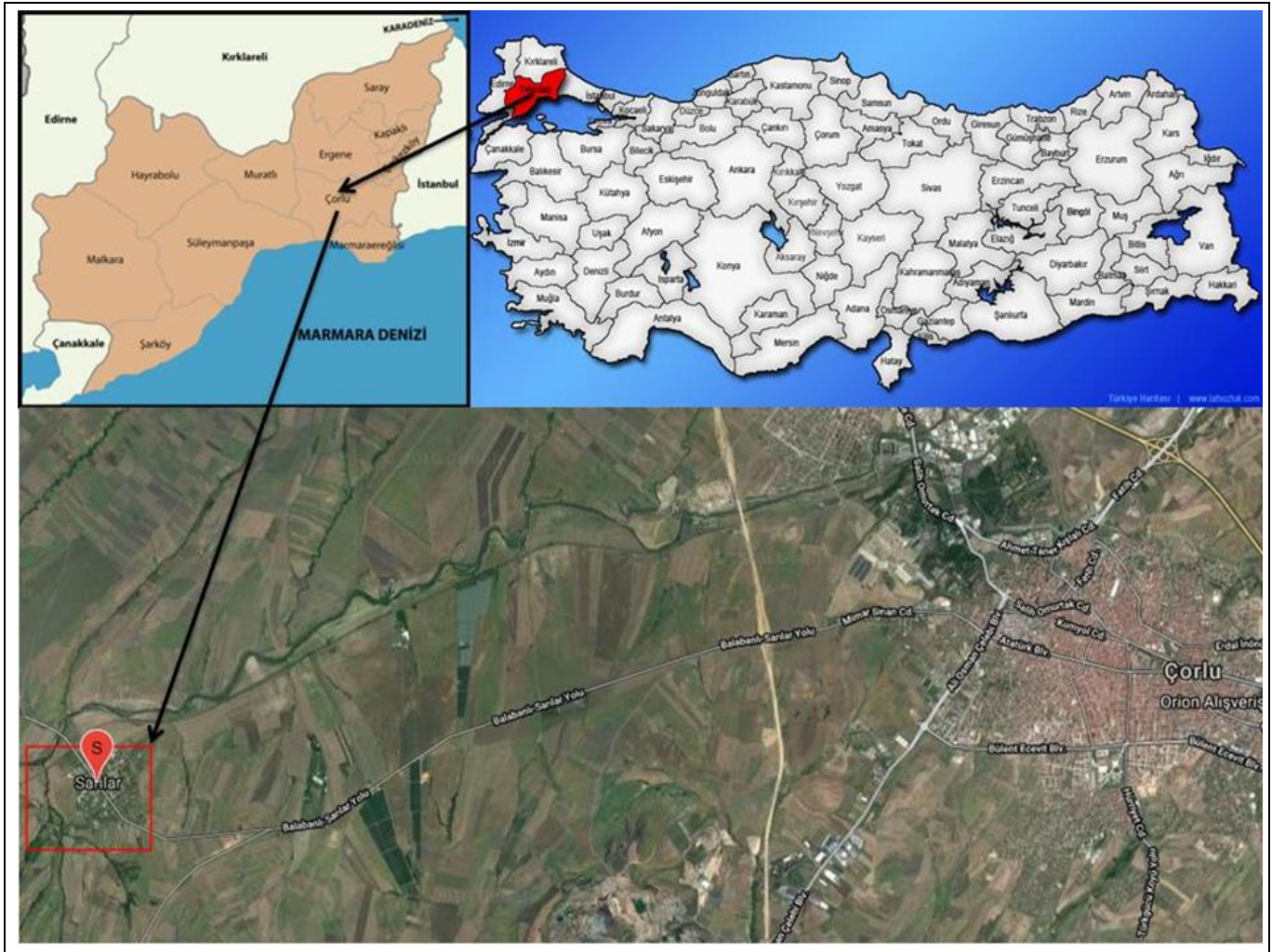
2 Çalışma alanının jeolojisi

Çalışma, Marmara bölgesinin Trakya kesiminde, Tekirdağ iline bağlı Çorlu ilçesi civarında yapılmıştır (Şekil 1). Saha, Çorlu İlçesi'nin yaklaşık 11 km batısında bulunan Sarılar Köyü'nün 2 km kadar kuzeyinde bulunmaktadır. Sahanın kuzeyinde Boncuk Sırtı, doğusunda Bencik Deresi ve batısında Söğütçük Deresi bulunmaktadır. Çalışma bölgesi ve çevresinde Sarılar Köyü, kuzeyde Esenler Köyü, güneyde Yenice Köyü batıda Kırkkepenekli Köyü, Balabanlı Köyü ve doğuda Çorlu İlçe merkezi mevcuttur. Sahanın başlıca akarsuyu KD-GB

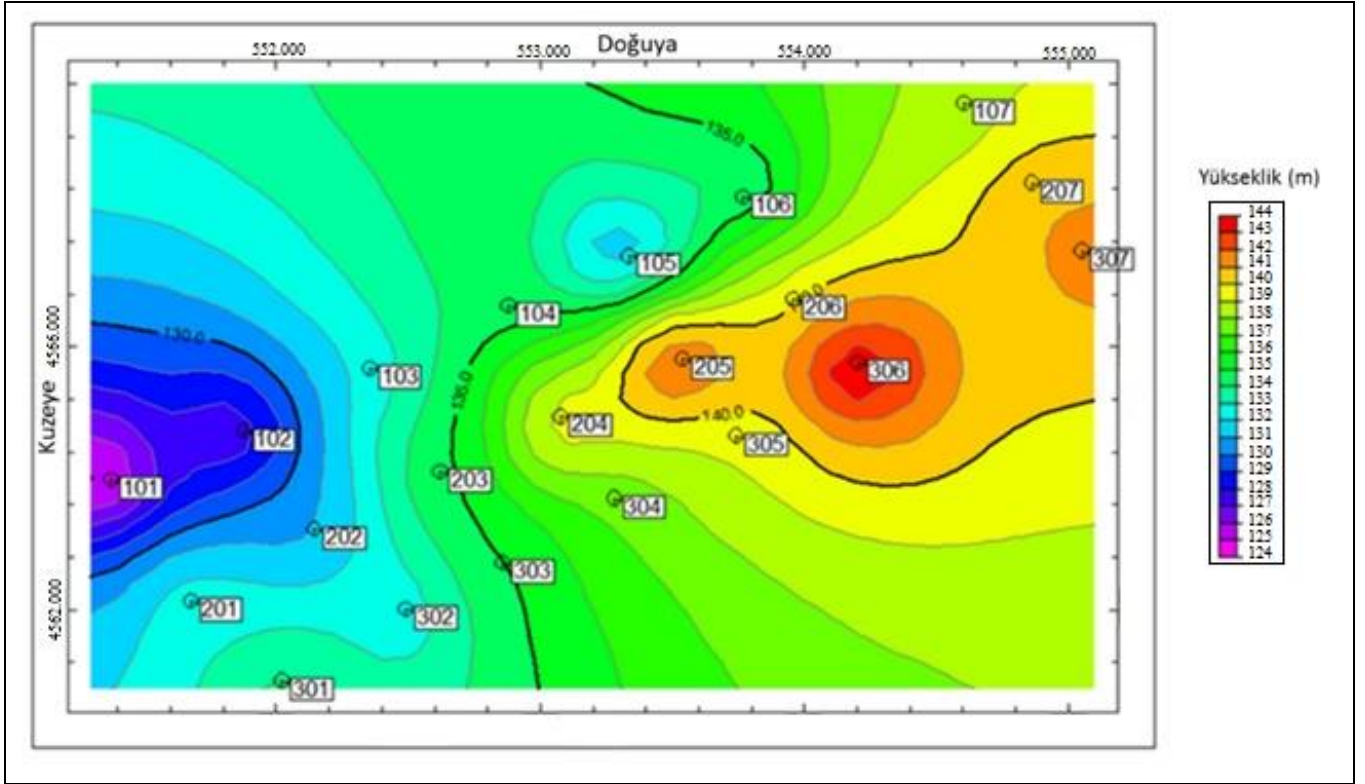
doğrultusunda akan Çorlu Deresidir. Saha Ergene Havzasının jeomorfolojik yapısal özelliklerini barındırmaktadır.

Jeolojik olarak Ergene havzasının birimleri görülmektedir. Sahada ölçülen maksimum kot yüksekliği 146 m, minimum kot yüksekliği ise 123 m'dir. İnceleme alanının 2 boyutlu topoğrafik haritası Şekil 2'de verilmiştir.

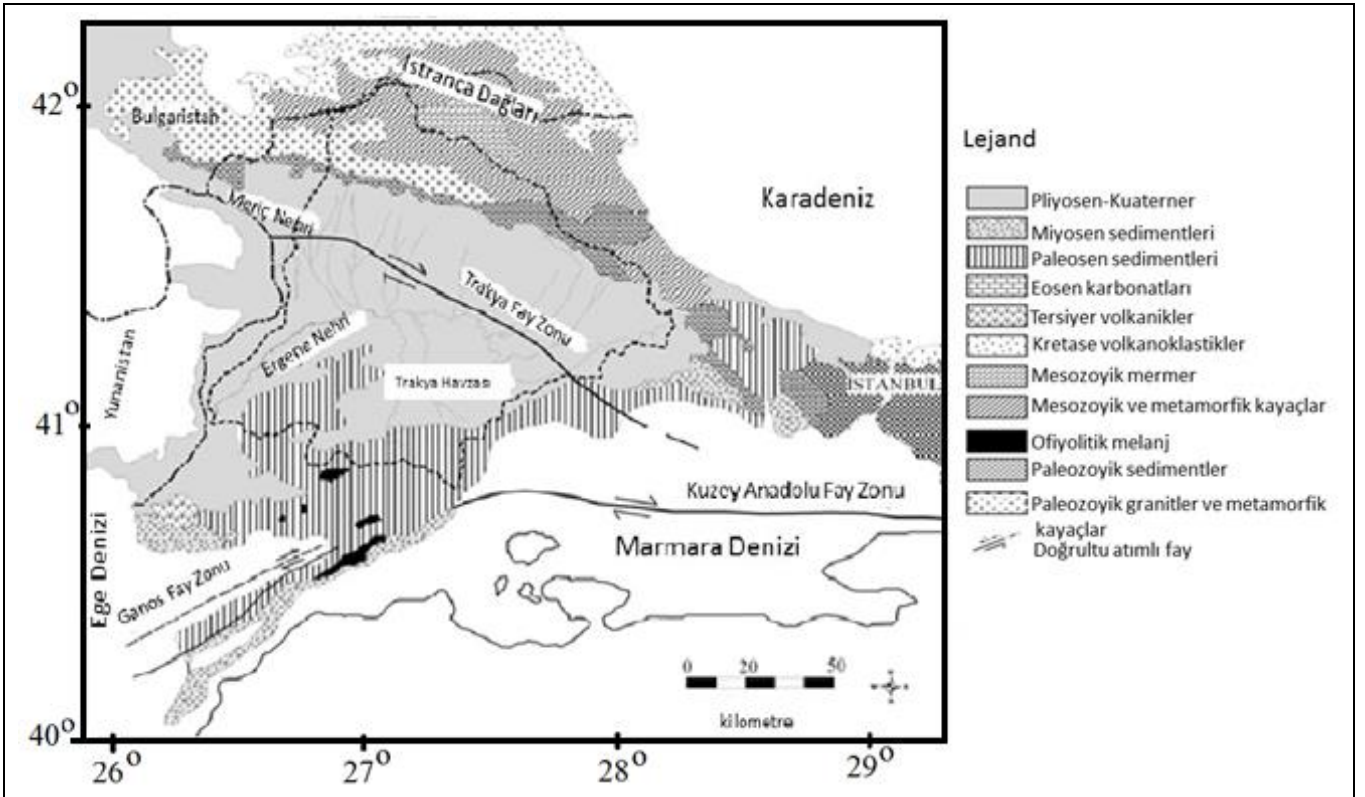
Araştırma sahasının olduğu bölge, Ergene havzasının bir parçasıdır. Bu sahada Ergene nehri doğu-batı yönünde ilerleyerek Meriç Nehrine akmaktadır. Sahada karasal iklim şartları hüküm sürmüştür [7]. Bölgeye 1970 yılında Italconsult [8] tarafından Çorlu Formasyonu tanımlaması yapılırken, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 1988 yılında Ergene Formasyonu olarak gösterilmiştir. Bu bölgede bulunan Miyosen ve Pliyosen yaşlı birimler, karasal kökenli çökellimlerdir (Şekil 3). Bu birimler, içinde barındırdığı yüksek kum miktarı nedeni ile ortamda önemli bir akifer özelliği gösterirler [9]. Karasal kökenli bu birimler genellikle geçirgenliği çok iyi olan kum katmanlarıyla geçirimsiz ve yarı geçirimli, geçirgenliği düşük kil mercceklerinden meydana gelir. Birim kum, silt ve çakıl düzeylerinin yanal ve düşey dağılımları ile oluşmuştur [10]. Sürekli aynı istif görülmez. Çalışma alanında özellikle kum mercceklerinin varlığı söz konusudur.



Şekil 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Earth'tan "10/03/2018" tarihinde alınmıştır).



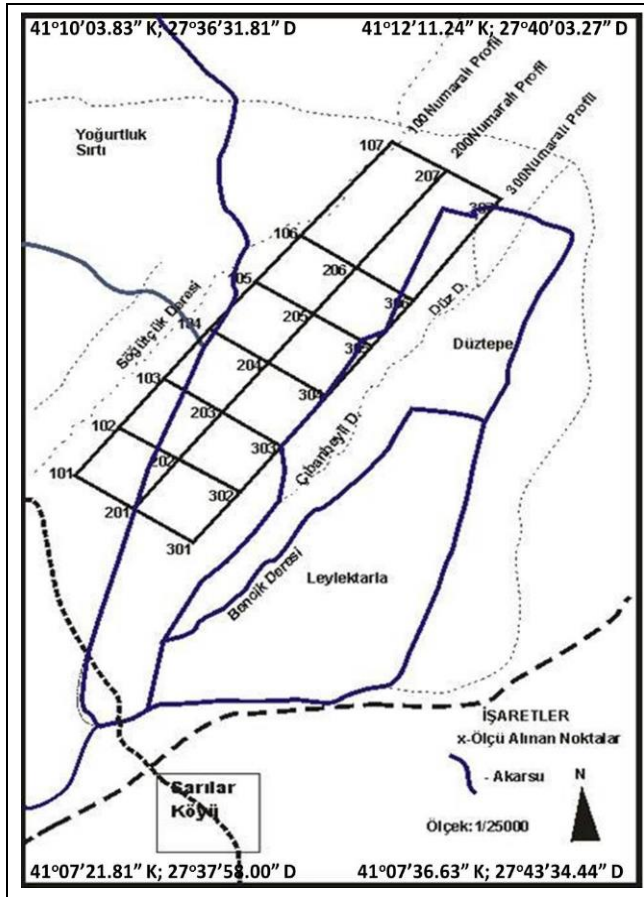
Şekil 2: Çalışma alanının topoğrafik haritası. Şekil üzerindeki rakamlar DES ölçü noktalarını göstermektedir.



Şekil 3: Ergene havzasının genel jeoloji haritası [11],[12]'den değiştirilerek alınmıştır.

3 Elektrik özdirenç yöntemi

Elektrik Özdirenç yöntemi, yere çakılan iki elektrot (akım elektrotları) vasıtası ile yer içine akım verilerek diğer iki noktadaki elektrotlar (potansiyel elektrotları) arasında oluşan gerilim veya potansiyel farkının ölçülmesi esasına dayanır. Oluşan potansiyel fark, tüm elektrotlar arasındaki uzaklık ve ortamın jeolojik özellikleri ile ilişkilidir [13]. Yöntemin amacı, yer altı yapısını, farklı jeolojik birimlerin farklı özdirenç değerlerine sahip olması ilkesinden yararlanarak tespit etmektir. Çalışma sahasında DES verileri, 3 profil üzerinde toplam 21 noktada toplanmıştır (Şekil 4). Bu ölçülerin alımı sırasında ölçümler, Schlumberger elektrot dizilimi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amaçlarından biri de bölgede sondaj yapılacak yerlerin tayini olduğundan, ilk olarak açılım (AB/2) 300 m olarak seçilmiş, sondaj sonrası gerek görülürse, açılımın değiştirilebileceği düşünülmüştür. Ölçülerin alınmasında McPhar firmasına ait pil bataryalı özdirenç seti kullanılmıştır.



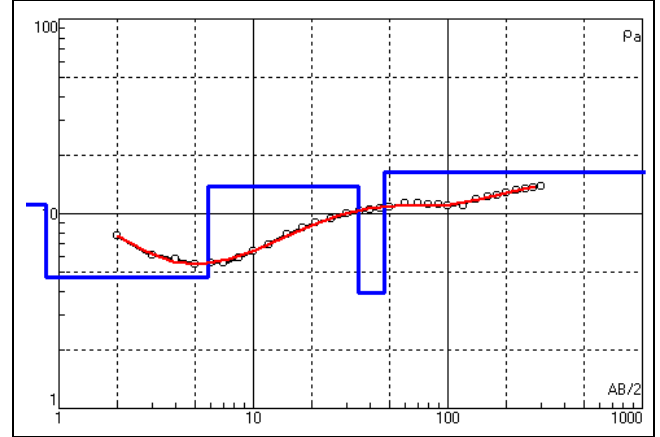
Şekil 4: Elektrik ölçü noktalarına ait konum haritası.

Elde edilen arazi verilerinin değerlendirilmesinde DES verilerinin 1 boyutlu ters çözümü ile yatay ve kendi içinde tek düze kabul edilen katmanların özdirenç ve kalınlıkları çözülmüş ve bu profillerin görünür ve gerçek özdirenç yer elektrik kesitleri çıkartılmıştır [14]. Ayrıca elde edilen veriler kullanılarak, üç boyutlu görüntüleme yazılımları ile yer içinin 3 boyutlu elektrik küp modelleri oluşturulmuştur [15]. Elde edilen modeller, kot farkları dikkate alınarak yükseklik düzeltmesi yapılmış modellerdir. Bu modellerde düşük

özdirençli kısımlar kum kapanları olarak değerlendirilip bunlar diğer birimlerden ayrılmıştır.

3.1 Elektrik verilerinin değerlendirmesi

Çalışmada elde edilen görünür özdirenç verileri IPI2WIN isimli paket program vasıtasıyla interaktif yeni otomatik yorumlama tekniği ile değerlendirilmiştir [14]. Araziden alınan görünür özdirenç değerlerinden gerçek tabaka özdirençleri ve gerçek kalınlıklar bulunmuştur. 103 No'lu DES ölçüsünün değerlendirilmiş arazi eğrisi Şekil 5'te verilmiştir.

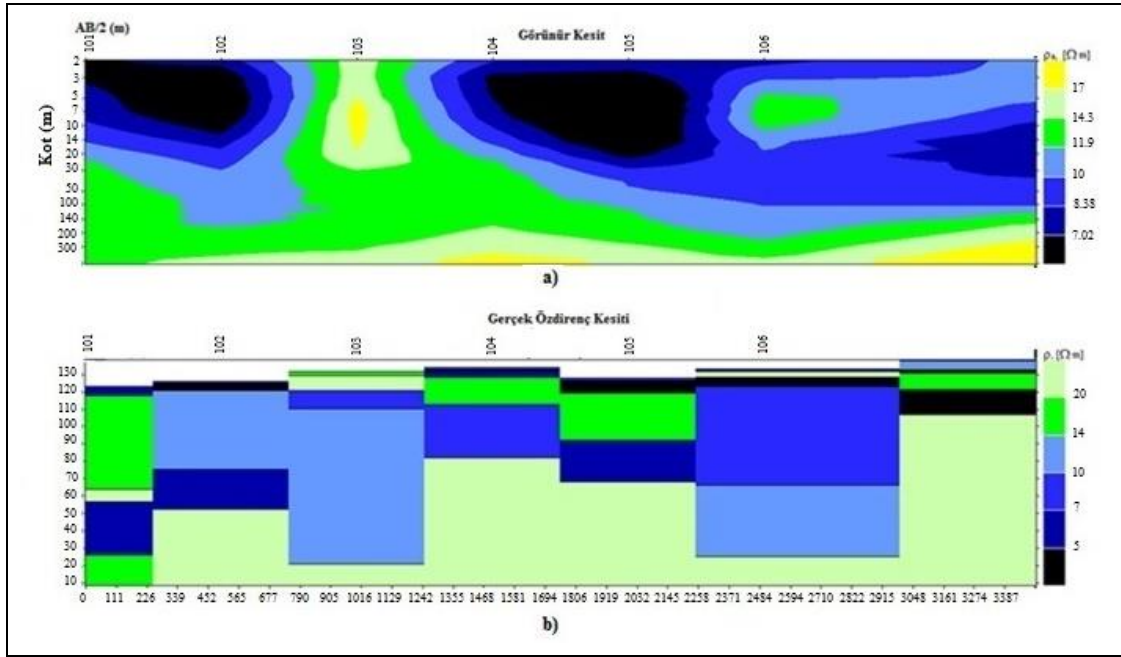


Şekil 5: 103 No'lu DES ölçüsünün değerlendirilmiş arazi eğrisi.

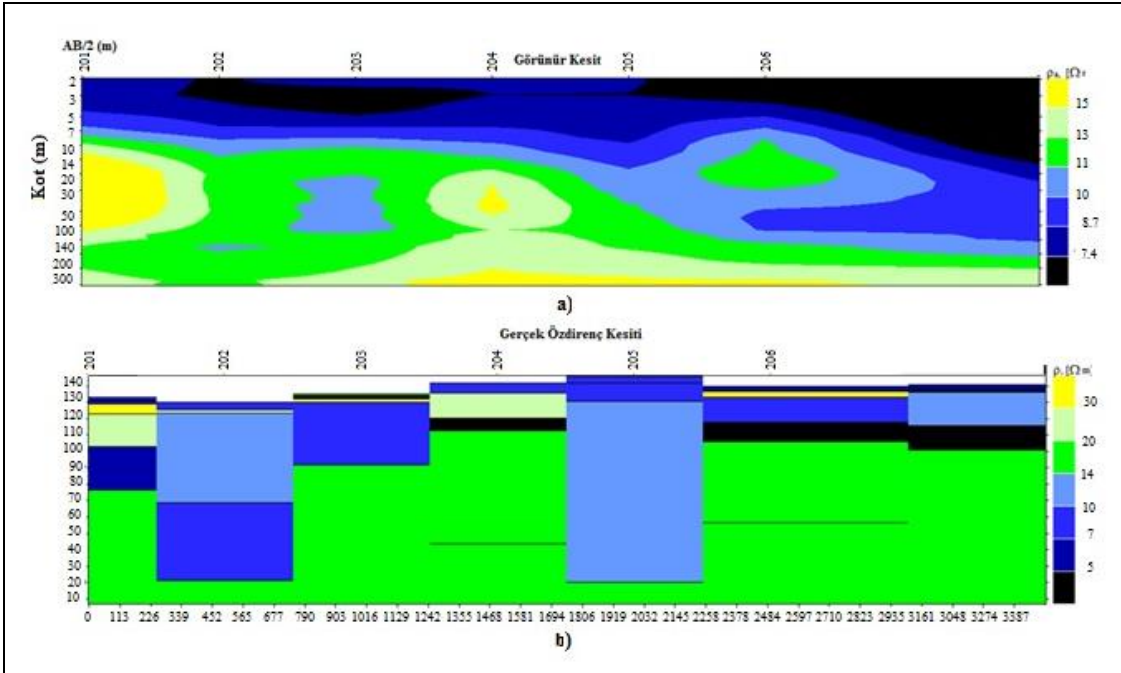
Elde edilen bu parametrelerin DES noktaları arası korelasyonu için 2B ve 3B görüntüleri oluşturulmuştur [15]. İki ve üç boyutlu görüntüleme ile ortamlara ait elektrik özdirenç parametrelerinden farklı kotlara ait litolojik harita ve küp modeller hazırlanmıştır. Yer altındaki litolojik yapıların konum ve geometrileri görüntülenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın amaçlarından birisi de bölgede yapılacak olan sondaj konumlarını belirlemek olduğundan, bölgeye ait karot örnekleri bulunmamaktadır. Dolayısı ile jeolojik olarak bu birimler kesin olarak tanımlanamamıştır.

Jeolojik birimlerin içinde gözenekliliği az olan kısımlar yüksek özdirenç değerlerine sahiptir. Gözeneklilik miktarı arttıkça gözeneklerdeki sıvı miktarı ve buna bağlı olarak da iletkenlik artar, direnç azalır. 100 numaralı elektrik özdirenç profil verileri değerlendirildiğinde, 103 No'lu ölçü noktası dikkate alındığında -5 ile -20 m kot aralığında ve yaklaşık 800-1100 m uzaklıklar arasında görünür kesitte 17 Ohm-m'den büyük özdirenç dağılımına sahip olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 6). Bunun ortamdaki karasal çökeltmenin bir sonucu olduğu varsayılabilir. Bu tabakanın Devlet Su İşleri Müdürlüğü'nün (DSİ) raporlarında kumlu karmaşalar diye de tanımlanan Pliyosen yaşlı formasyona ait olduğu düşünülmektedir [8].

200 numaralı profilin görünür ve gerçek özdirenç kesitleri incelendiğinde (Şekil 7), 201 ile 202 No'lu ölçü noktalarının ortalarında yaklaşık -14 ile -100 m kotta ve kesitin orta kesiminde 204 No'lu DES ölçüsünün bulunduğu konumda porofilin 1470-1580 m uzunluğundaki kesiminde -30 ile -50 m kotlar arasında 15 Ohm-m'den büyük değerler alan yüksek özdirençli dağılımların konumlandığı görülmektedir. Ayrıca, profilin 220-1460 m arasında -5 m derinliğe kadar olan bölgede ve 205 No'lu DES ölçüsünün bulunduğu konumdan profilin sonuna kadar olan ortalama -7 m kottaki kesimde de 7.4 Ohm-m'den küçük özdirençli dağılımlar gözlenmiştir.



Şekil 6: 100 numaralı profile ait, (a): Görünür kesit, (b): Gerçek özdirenç kesiti. DES nokta konumları kesitler üzerinde verilmiştir.



Şekil 7: 200 numaralı profilin, (a): Görünür kesiti, (b): Gerçek özdirenç kesiti. DES nokta konumları kesitler üzerinde verilmiştir.

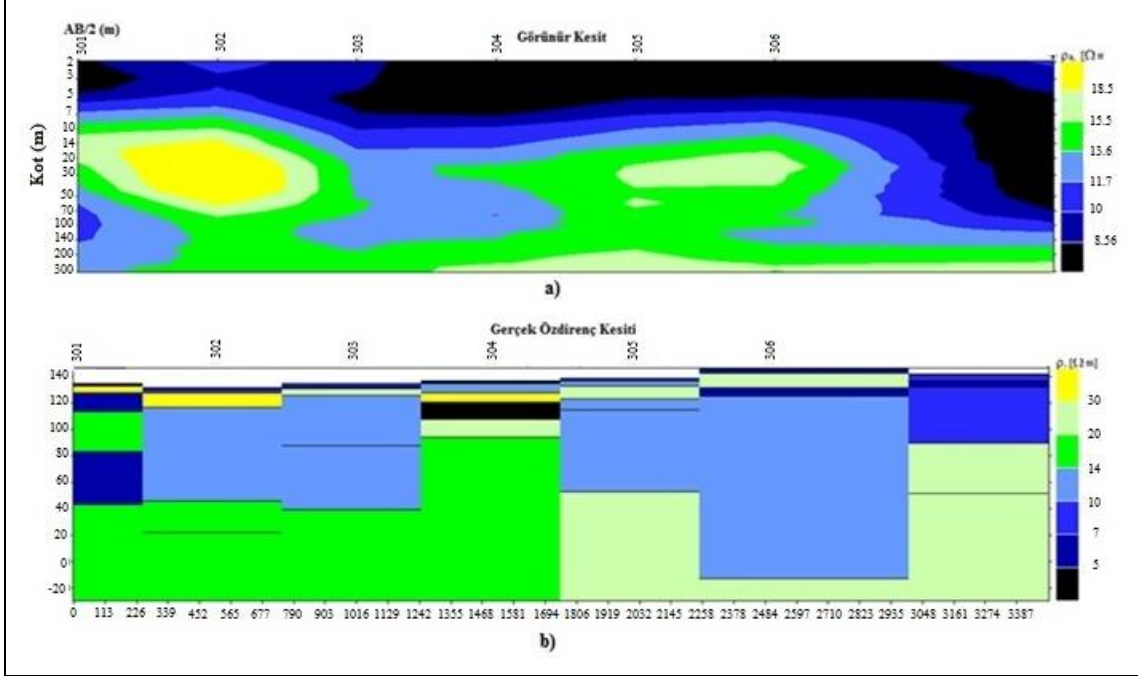
300 numaralı profilin kesitleri incelendiğinde 301-303 No'lu DES ölçü noktaları arasında, 110 ile 700 m arasında -14 ile -70 m kotta 18.5 Ohm-m'den büyük yüksek özdirençli dağılım görülmektedir (Şekil 8).

Bir boyutlu ters çözümden elde edilen bu veriler 3 Boyutlu Görüntüleme programında değerlendirilerek ortamdaki seviye kat haritaları (Şekil 9), ortamın gerçek özdirençlerinden elde edilen model (Şekil 10) ve ortamın 15 Ohm-m'den daha düşük özdirenç değerlerinin çıkarıldığı (Şekil 11), 25 Ohm-m'den düşük özdirenç değerlerinin atıldığı (Şekil 12) küp modelleri elde edilmiş, son olarak da tüm profillere dik alınmış kafes

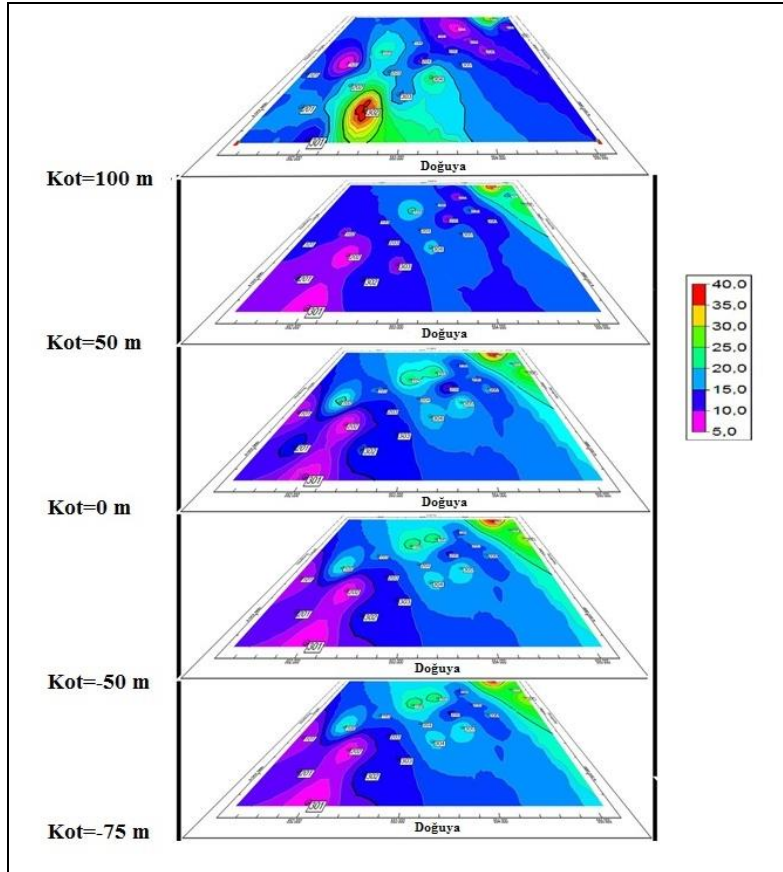
diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 13) [16]. Bu tür uygulamalar son yıllarda özellikle DES çalışmalarında sıklıkla yapılmaktadır. Bu amaçla Santee Havzası, Kaliforniya, Amerika'da elektrik özdirenç araştırmaları yapılmış, bölgede elde edilen profillerin kat haritaları oluşturulmuştur [17]. Tunncliffe, Lindell sahilinde özdirenç çalışmaları yapmış, yeraltı suyunun olduğu bölgeler, profillerden elde ettiği kat haritaları ile görselleştirmiştir [18]. Kot kat haritalarının oluşturulduğu Şekil 9'da 100 m kotta 302 No'lu DES ölçüsünün bulunduğu konumda yüksek özdirenç değeri alan birimler belirgin bir şekilde ortaya çıkarken, Şekil 10'da ise sığ derinliklerde özellikle 105, 204, 205, 304 ve 305 No'lu ölçü noktaları ve

çevresinde düşük öz dirençli bölgelere rastlandığı görülmektedir. Olası sondaj yapılması gereken bölgeler olarak da bu konumlar önerilebilmektedir. Bu görüşü pekiştirmek için, bölgedeki alınan öz direnç değerlerinden 15 Ohm-m (Şekil 11) ve 25 Ohm-m (Şekil 12)'den küçük öz direnç değerleri

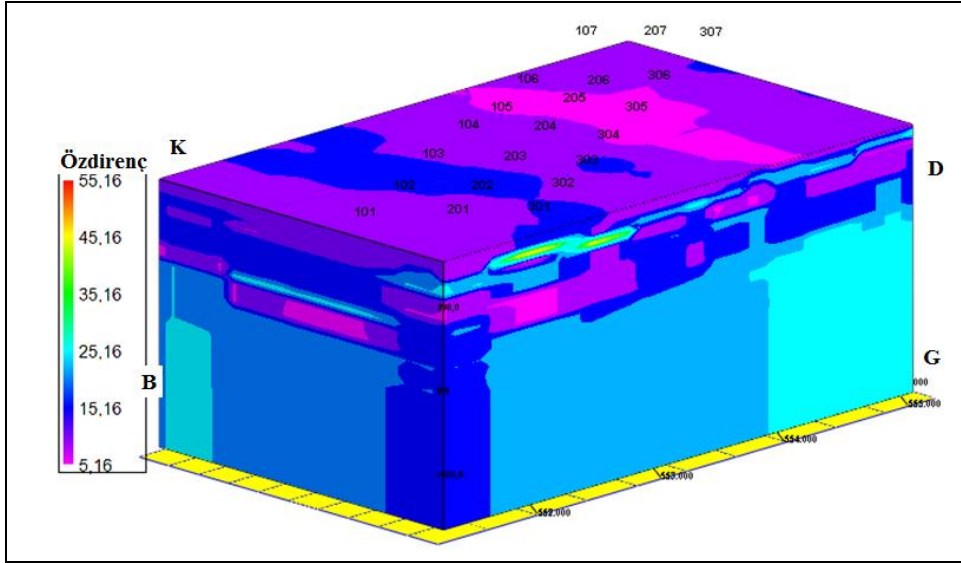
çıkarılarak bölgedeki daha sert kayaların olduğu bölgelere dikkat çekilmiş, aranan düşük öz dirençli bölgeler üç boyutlu olarak belirlenmeye çalışılmış, elde edilen bilgilerin tutarlılığı kontrol edilmiştir. Şekil 13'te de dik kafes diyagramı yardımı ile de görsel olarak tutarlılık sağlanmıştır.



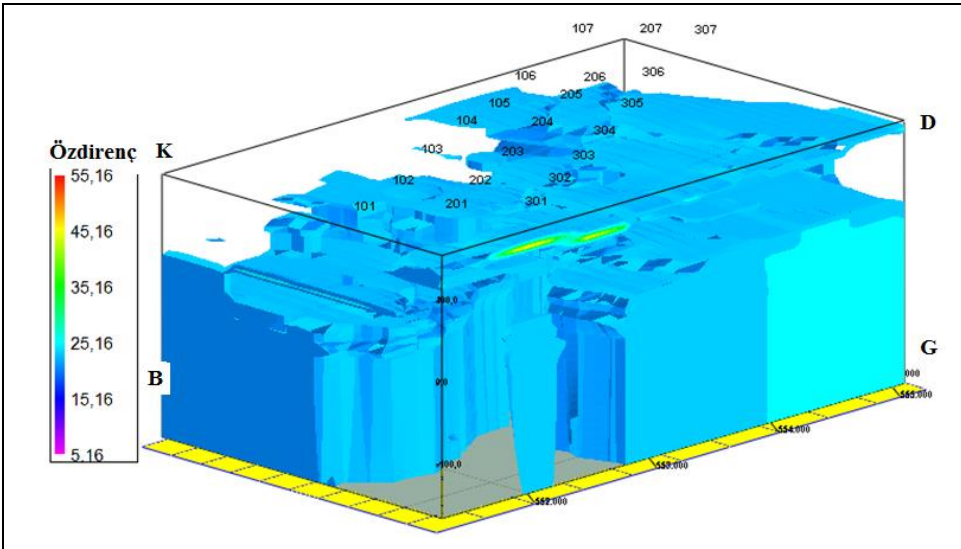
Şekil 8: 300 numaralı profile ait, (a): Görünür kesiti, (b): Gerçek öz direnç kesiti. DES nokta konumları kesitler üzerinde verilmiştir.



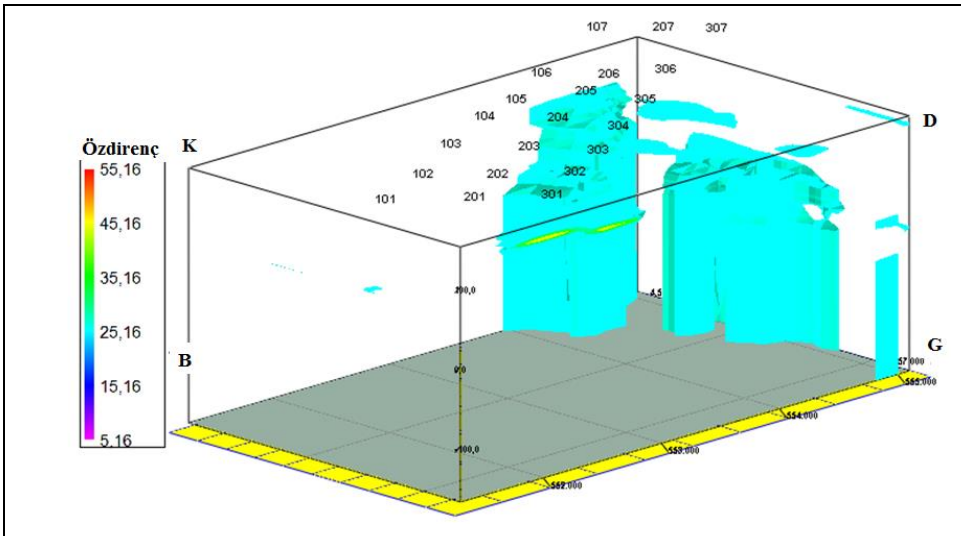
Şekil 9: Tekirdağ ili, Çorlu ilçesi, Sarılar Köyü DES konumlarına ait farklı kotlardaki öz direnç dağılımı kat haritaları.



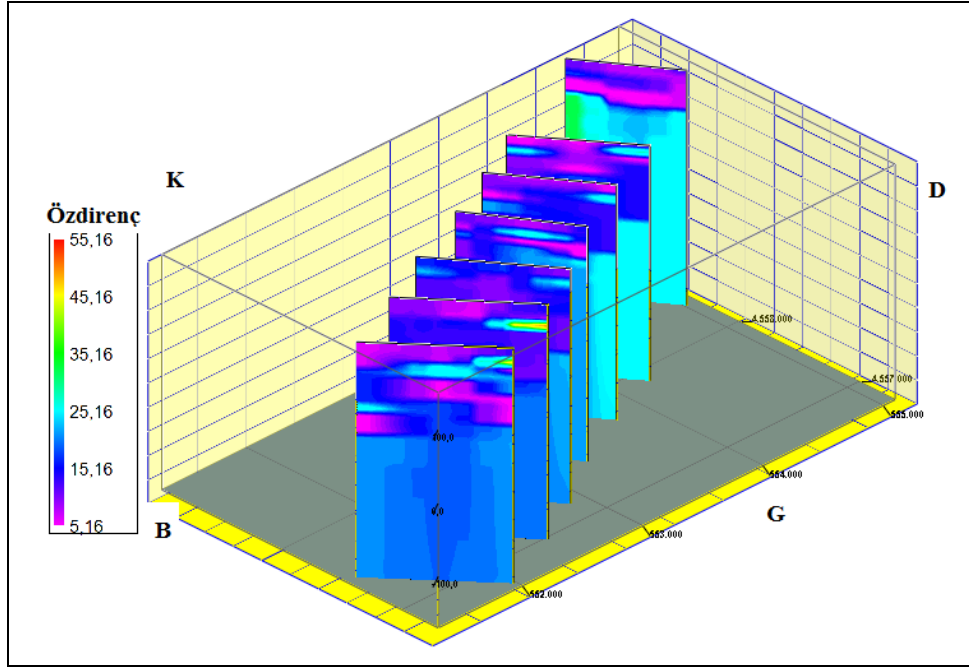
Şekil 10: Ortamın gerçek özdirençlerinden elde edilen yer elektrik modeli.



Şekil 11: 15 Ohm-m'den yüksek özdirençlerin oluşturduğu yer elektrik modeli.



Şekil 12: 25 Ohm-m'den yüksek özdirençlerin oluşturduğu yer elektrik modeli.



Şekil 13: Bütün profillere dik alınmış kafes diyagramı.

4 Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında, araştırma sahasına ait litolojik birimler jeoelektrik yöntem kullanılarak ayırt edilmiştir. Bunun sonucunda arazinin üst kısmında toprak örtüsü, onun altında kil bakımından zengin bir birim, en alt tabaka olarak ise kum bakımından zengin geçirimli bir birim bulunmuştur. Bu birimin kumlu karmaşık diye tabir edilen Çorlu Formasyonu olduğu düşünülmektedir. Bu formasyonun geçirimliliğinin yüksek olduğu ve yer altı suyu taşıyabilecek özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Bundan dolayı bölge için iyi bir akifer niteliği taşımaktadır denilebilir.

Ergene havzasının akarsu zenginliğinden dolayı oluşan flüvyal şekillenmenin etkisiyle oluşan kum kapanları yüksek özdirençleriyle ayırt edilebilmiş ve kullanılan programlar sayesinde görüntülenmiştir.

Bölgedeki özdirenç dağılımı ölçüm profilleri boyunca 18.5 Ohm-m ile 7.0 Ohm-m arasında değişmekte olup, profiller boyunca sığ derinliklerde düşük özdirenç gösteren dağılımın varlığı saptanmıştır.

Varlığından şüphe edilen gömülü faylar hakkında, elektrik ölçü noktalarının birbirlerinden uzaklığı nedeni ile yanal çözünürlük sağlanamamış olmasından dolayı kesin bir şey söylenememiştir.

Bu çalışma bölgede yapılması düşünülen sondajların yerlerinin tahmini için bir alt yapı niteliğinde olduğu için kesin tanımlar, sondajların sonucunda alınacak karotlar yardımıyla yapılacaktır.

4.1 Katkı belirtme

Yazarlar, makalenin gelişmesi ve son şeklini almasındaki katkılarından dolayı Sayın Editör'e ve tüm hakemlere teşekkür ederler.

5 Kaynaklar

- [1] Gupta G, Erram V, Maiti S. "Goelectrical investigation for potential groundwater zones in parts of Ratnagiri and Kolhapur districts, Maharashtra". *The Journal of Indian Geophysical Union*, 19(1), 27-38, 2015.
- [2] Kumar D, Rao V.A, Sarma V.S. "Hydrogeological and geophysical study for deeper groundwater resource in quartzitic hard rock ridge region from 2D resistivity data". *Journal of Earth System Science*, 123(3), 531-543, 2014.
- [3] Rai S.N, Thiagarajan S, Kumari Y.R. "Exploration for groundwater in the basaltic Deccan traps terrain in Katol Taluk, Nagpur District, India". *Current Science*, 101(9), 1198-1205, 2011.
- [4] Atakpo, E.A. "Goelectric investigation of Deghele community in Warri South West L.G.A, Delta State, Nigeria". *IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP)*, 3(1), 46-51, 2013.
- [5] Okiongbo K.S, Odubo E. "Goelectric sounding for the determination of aquifer transmissivity in parts of Bayelsa State, South South Nigeria". *Journal of Water Resource and Protection*, 4, 346-353, 2012.
- [6] Donselaar ME, Bhatt AG, Bose N, Bruining J, Ghosh AK. "Point bars as stratigraphic traps for arsenic contamination in groundwater-case study of the ganges river, Bihar, India". *75th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2013*. London, UK, 10-13 June 2013.
- [7] Çengel Ş. "Ergene havzası hidrojeolojisi". *Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 21-23 Mart 2001.
- [8] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. "Ergene Havzası Yer Altı Suyu Developman Projesi, Master Plan Raporu". Ankara, Türkiye, 175/241, 1970.

- [9] Çevre ve Orman Bakanlığı. "Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem Planı". Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, http://www.edirne.cevreorman.gov.tr/Edirne/Files/dizin/cevre/bilgi/Ergene_Havzasi_Koruma_Eylem_Plani.pdf, (29.03.2017).
- [10] Yüksel F. A. "Ergene Havzası ve Çevresinde Gelişen Çevre ve Su Kirliliği". *İstanbul'un Su Politikası Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 26-28 Haziran 2008.
- [11] Okten S, Yazıcıgil H. "Investigation of safe and sustainable yields for the sandy complex aquifer system in the Ergene River basin, Thrace region, Turkey". *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14(2), 209-226, 2005.
- [12] Turgut S, Eseller G. "Sequence stratigraphy, tectonics and depositional history in eastern Thrace Basin, NW Turkey". *Marine and Petroleum Geology*, 17, 61-100, 2000.
- [13] Temiz E. "Doğru akım ve IP metotları hakkında teorik ve tatbiki kısa bilgiler". *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 82, 36-65, 1974.
- [14] Bobachev A. "Resistivity Sounding Interpretation. IPI2WIN: v.3.0.1, a 7.01.03". Moscow State University, 2003.
- [15] RockWare Geoscientific Software. "Consulting and Training". [https://www.rockware.com/\(03.03.2017\)](https://www.rockware.com/(03.03.2017)).
- [16] Özcan K, Yüksel FA, Hoşkan N, Ergüven K. "Ergene havzası çökellerinde stratigrafik kapanların 3 boyutlu görüntülenmesi". *63. Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 5-9 Nisan 2010.
- [17] Pierce SK, Liechty DC, Rittgers JB. "Geophysical Investigations, Electrical Resistivity Surveys, Santee Basin Aquifer Recharge Study". U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Seismotectonics and Geophysics Group, Lower Colorado Region, Southern California Area Office, Santee, California, USA, Phase 2 Report, TM-86-68330, 2012.
- [18] Tunncliffe J. "Groundwater Mapping using Direct Current (DC) Resistivity Surveys at Lindell Beach (Cultus Lake, BC)". University of British Columbia, Vancouver, Canada, Survey Observations and Background Report, 344685, 2005.