

# Çok-Elektrotlu Özdirenç Yöntemi Kullanılarak Su Sondaj Kuyusu Yeri Belirlenmesi

*Determination of Waterwell Location Using Multi-Electrode Resistivity Technique*

Adil Özdemir

*Sondajcılar Birliği Derneği, Ankara*

M.Salih Dalaz

*Dalazlar Sondajcılık Ltd. Şti., Mardin*

**ÖZET** Yeraltısuyu araştırmalarında; jeolojik, hidrolojik ve jeofizik olmak üzere üç ayrı özellikte çalışma yapılır ve bu çalışmalardan elde edilen veriler birleştirilerek uygun su sondaj kuyusu yeri belirlenir. Son yıllarda, yeraltısuyu araştırmalarında kullanılan jeofizik yöntemlerden birisi olan özdirenç(rezistivite) yönteminde elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak çok elektrotlu ölçüm aletleri kullanılmaya başlanılmıştır. Çok-elektrotlu cihazların kullanılması ile çok geniş alanlarda hızlı araştırmalar yapılmakta ve yeraltı ile ilgili daha fazla veri üretilebilmektedir. Ölçüm sonucunda saptanan parametreler yeraltının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini birlikte yansıtmaktadır.

Yeraltısuyu toplanma bölgelerinin ve seviyesinin belirlenmesi ve su üretimi amaçlı sondaj kuyu yerinin önerisi için çok-elektrotlu özdirenç yöntemi son yıllarda en etkili yöntem olarak görülmektedir. Bu çalışmada, çok-elektrotlu elektrik özdirenç ölçümlerinin yeraltısuyu araştırmalarında ve uygun su sondaj kuyusu yerinin belirlenmesi konularındaki uygulamaları örneklerle incelenmiştir.

**ABSTRACT** In the groundwater researches, three kind of operation are worked; geological, hydrogeological and geophysical. The suitable waterwell is assigned by the combination of these three methods results. One of the recently used geophysical method to used in groundwater researches is resistivity method. In this method, multi-electrode measurement tools have been used in the light of developing electronic and computer technologies. By using the multi-electrode tools, researches can be made faster and more data can be taken. After measurement parameters, simultaneously show both geological and hydrogeological properties.

Recently, multi-electrode resistivity technique is the most effective method to the suitable waterwell and, groundwater aquifer and its level. In this study, the applications of the multi-electrode electric resistivity measurements to identify the suitable waterwell location and groundwater researches were analyzed with examples.

## 1 . GİRİŞ

Jeofizik yöntemlerden biri olan elektrik özdirenç (rezistivite) yöntemi ile yeraltına ait parametrelerin belirlenmesi uzun yıllardan beri yapılmaktadır. İlk defa 1915 yılında Wenner tarafından uygulanan özdirenç

yöntemi, Schlumberger (1920) tarafından geliştirilerek başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bilgisayar ve jeofizik cihaz teknolojisinin gelişmesiyle elektrik özdirenç yöntemi, yeraltının özdirenç değişimlerinin bir, iki ve üç boyutta incelenmesine olanak vermiştir. Böylelikle yönebağımlı ve tekdüze olmayan

yeraltının gerçeğe daha yakın öz direnç değişimleri incelenebilmiştir. İlk bir boyutlu (1B) olarak düşey elektrik sondaj (DES) yöntemleri ile incelenen bu değişim, 1990'lı yıllardan itibaren iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) araştırmalara doğru gelişmiştir (Berge, 2002; Drahor ve diğ., 2004).

Klasik bir yöntem olan elektrik öz direnç yöntemi, jeolojik sorunların çözümünde jeoloji mühendisleri tarafından başvurulan başlıca yöntemler arasında yer alır. Kayaçların yatay veya düşey yöndeki elektriksel iletkenlik farklarından yararlanarak jeolojik yapının ortaya konması elektrik öz direnç yöntemlerinin uygulamasındaki temel amaçtır.

Yeraltısuyu ve jeotermal enerji arama, maden arama, mühendislik yapılarının zemin araştırmaları, arkeolojik aramalarda ve petrol aramalarında kullanılır. Bu açıdan uygulama alanlarının çokluğu ile hala güncel olan bu yöntem gelişmiş ölçme cihazlarının ve modelleme aşamasında ileri teknikler kullanılarak uygulandığında oldukça iyi sonuçlar verebilmektedir. İki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) çözüm yöntemlerinin uygulanması son yıllarda yöntemin etkinliğini arttırmıştır. İki boyutlu (2B) modellemenin kullanılması artık standart hale gelmiştir.

2B etütlerin uygulanması çözünürlük gücünün artmasına paralel olarak ölçülerin süratle alınması ve değerlendirilmesi konusunda jeofizik mühendislerine önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Geleneksel 1B etütlerde karşılaşılan kısıtlamalarda büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Örneğin, elektrotların aynı kotta olması, nehre paralel açılım gibi (Aksu, 2006).

Son yıllarda, elektronik ve bilgisayar bileşenlerinin evrimi, bir doğrultu boyunca sondaj-profil ölçüsü almayı sağlayacak otomatik olarak değiştirilebilen çok-elektrotlu öz direnç ölçü yönteminin (elektrik öz direnç görüntüleme de denilmektedir) geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu şekilde ölçülen görünür öz direnç (GÖ) yapma-kesit

(pseudo-section) verileri, bir ters çözüm algoritması ile yorumlanarak profil boyunca olası belirti yerlerini gösteren öz direnç-derinlik kesitleri elde edilmektedir (Bernard ve diğ., 2004).

Çok-elektrotlu öz direnç ölçü yöntemi, konusunda ilk çalışma vanOvermeeren ve Ritsema, 1988 tarafından yapılmıştır. Daha sonra Griffiths ve diğ., 1990 ve Dahlin, 1996'in çalışmaları vardır. Son 4-5 yıldır ise, bu yöntem geniş kapsamlı olarak tartışılmakta ve kullanılmaktadır. Yöntemin uygulanmasının ülkemizde de yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir.

Çok-elektrotlu öz direnç yöntemi; eşit aralıklı (örneğin 5 m) olarak çakılmış elektrotlar ile bu elektrotların bağlantısını sağlayan çoklu (birçok tel içeren) bir kablodan oluşmaktadır. Öz direnç ölçü aleti içinde, bu elektrotların önceden tanımlanan ölçü alım sıralamasına göre (akım ve gerilim elektrotlarının belirlenen bir sistemde numaralandırıldığı bir dosya) değiştiren ve saklayan bir hafızası vardır. Akım (A,B) ve gerilim (M,N) elektrotlarının çeşitli kombinasyonları ile karmaşık bir sondaj-profil kesiti, kablunun toplam boyuna bağlı olan en büyük araştırma derinliği ile elde edilmektedir (Bernard ve diğ., 2004).

İki boyutlu elektrik öz direnç yönteminde, araziden ölçülen görünür öz direnç değerlerinden yeraltının gerçek model parametrelerine ulaşmak hedeflenmektedir. Shima ve Sakayama, 1987 belli bir elektrot sayısı ile çevrelenen çalışma alanının iki boyutlu bir öz direnç kesitini oluşturmak için kullandıkları tekniği ilk olarak "Öz direnç Görüntüleme" diye adlandırmışlardır. Bu terimin kullanımı, öz direnç metodu ile X-ışını görüntülemesine benzer bir çözünürlükte sonuçların elde edilmesiyle yerine daha iyi oturmuş ve elde edilen çözünürlüğün geleneksel öz direnç yöntemine göre daha iyi ve kullanışlı sonuçlar verdiği görülünce yöntemin tercihi diğer jeofizik yöntemlere oranla artmıştır (Sasaki, 1992). Bunu takiben öz direnç yöntemi gelişen veri toplama ve değerlendirme aşamaları ile

günümüzde yeraltının iki ve üç boyuttaki öz direnç dağılımını gerçeğe çok yakın verebilmesi sebebiyle birçok jeolojik sorunun çözümünde kullanılır hale gelmiştir.

Son yıllarda, 2B öz direnç görüntüleme yöntemleri, geleneksel öz direnç sondaj veya profil araştırmalarının yetersiz kaldığı karmaşık yeraltı jeolojisine sahip bölgeleri haritalamak için kullanılmaktadır. 2B öz direnç veri toplama, hidrojeolojik, çevre ve mühendislik amaçlı çalışmalar için oldukça faydalıdır (Griffiths ve Barker, 1993).

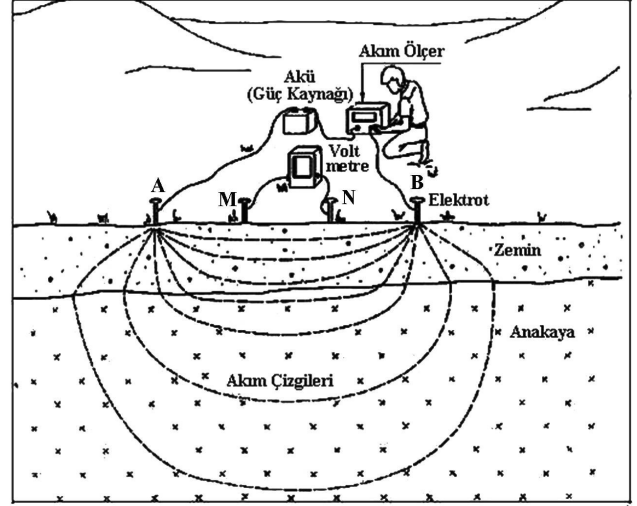
Birçok jeolojik malzemenin öz direnç değerleri hemen hemen aynı öz direnç aralıklarına girmektedir. Bu durum bize, çok önemli bir bilgi sağlamaktadır. Elektrik öz direnç yöntemi ile yapılan etüt sonucunda hesaplanan öz direnç değeri ile sahada ne tip kayalar olduğunu yazmak pek doğru bir iş olmayacaktır. Bu kaniya varmadan önce jeofizik mühendisi etüt alanına ait varsa jeoloji haritalarını, raporlar ve sondaj bilgilerinin incelemelidir. İmkan dahilinde ise, ölçüm çalışmasını bir jeoloji mühendisi ile birlikte yapmalıdır. Daha sonra elektrik öz direnç verisinin yorumu yapılabilir ve çalışılan alandaki jeolojik birimlerin ne olabileceğini açıklamalıdır.

## 2 . ÖZDİRENÇ YÖNTEMİNİN ESASLARI

Araştırılması istenilen bölgenin jeolojik yapısının ortaya konulabilmesi için uygulanan birçok jeofizik yöntem vardır. En yaygın kullanılan ölçüm şekli, iki akım elektrotu (A,B) ile yerin içine elektrik göndermek ve iki potansiyel elektrotu (M,N) ile bu akımın meydana getirdiği potansiyel dağılımının yüzeyden yapılan ölçümler yoluyla belirlendiği elektrik öz direnç yöntemidir (Şekil-1).

Yapay kaynaklı elektrik öz direnç yönteminde çözümü istenen jeolojik problemlerin farklı olması durumunda farklı ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Sabit bir

noktadan simetrik açılım yaparak yerin düşey yöndeki değişimini izlemek amacıyla geliştirilen düşey elektrik sondaj(DES) ölçümü, yanal süreksizliklerin araştırılması için geliştirilen profil (yatay kaydırma) ölçümü, hem yanal hem düşey yöndeki değişimlerin saptanması amacıyla geliştirilen sondaj-profil ölçümü öz direnç yönteminde kullanılan ölçüm teknikleridir.



Şekil-1. Öz direnç yönteminin arazi uygulaması (Robinson ve Coruh, 1988)

DES ölçümü, akım elektrotları arasındaki uzaklığın arttırılması, akımın derinlere inmesine dolayısıyla daha derinlerdeki yapıların öz direnç özellikleri hakkında bilgi toplanmasını sağlar. Böylece sabit bir noktanın düşey yöndeki değişimi belirlenmiş olur.

Profil ölçümü, bir hat boyunca yanal süreksizliklerin belirlenmesi amacıyla uygulanır. Araştırılmak istenen derinliğe göre belirlenmiş sabit bir elektrot aralığı ile kurulan dizilim her ölçüden sonra profil boyunca kaydırılarak ölçme işlemi sürdürülür. Bu ölçü tekniği daha çok kırık-çatlakların, fayların yerlerinin belirlenmesinde ve dayk gibi yapıların araştırılmasında kullanılır.

Sondaj-Profil ölçümü, bu ölçümde sondaj ve profil ölçü teknikleri birlikte kullanılır. Bir hat boyunca belirlenmiş noktalar üzerinde ölçülmüş DES değerleri birlikte sunulur. Bu yöntem ile yeraltında hem yanal hem de düşey yöndeki öz direnç dağılımı belirlenir.

Jeofizik ölçümlerde, genel dizilim yerine akım ve potansiyel elektrotlarının yerleri değiştirilerek türetilmiş özel dizilimler kullanılır. Bu dizilimlerin özellikleri göz önünde bulundurularak karşılaşılan jeolojik probleme göre sonuca gitmede en etkili olan dizilim seçilir. Klasik elektrot dizilimlerinden birkaçı, simetri merkezine göre bir çizgi boyunca dizilen Schlumberger ve Wenner dizilimleridir. Bir başka yaygın kullanılan dizilim türü Dipol-Dipol'dür.

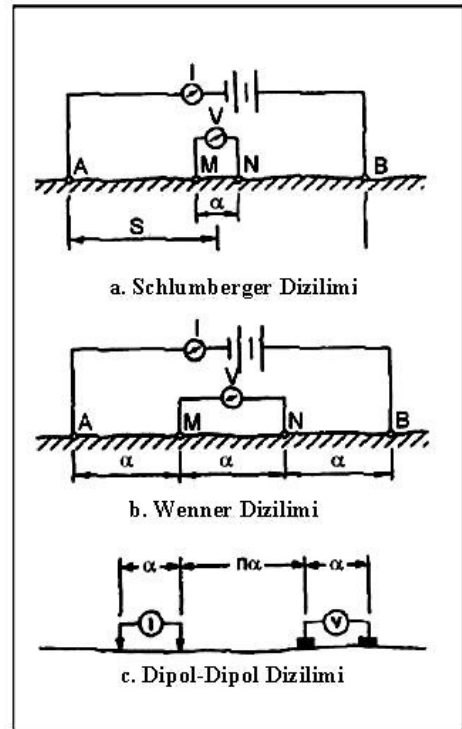
Schlumberger elektrot dizilimi, genellikle düşey elektrik sondaj(DES) ölçüm tekniği ile birlikte kullanılır ve yatay veya yataya yakın tabaka sınırlarının derinlik ve öz dirençlerinin belirlenmesinde kullanılır. Arazide uygulanması oldukça pratiktir ve bu nedenle çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Wenner dizilimine göre daha derinlerden bilgi alınmasını sağlar. Bu dizilim de elektrotlar düzgün bir çizgi üzerine simetrik olarak akım elektrotları dışarıda potansiyel elektrotları içeride olmak üzere yerleştirilir ve simetri merkezi olan ölçü noktasındaki elektrik alan ölçülür (Şekil-2). Potansiyel elektrotları arasındaki mesafe akım elektrotları arasındakine göre küçüktür. Ölçme esnasında potansiyel elektrotlarının yer değiştirmesine gerek yoktur. Hem sığ hem derin araştırmalar için kullanılabilmesi, birçok teorik değerlendirme eğrisinin olması, daha az kablo ve personel gerektirmesi Schlumberger diziliminin üstünlükleridir.

Wenner diziliminde, akım elektrotları dışarıda potansiyel elektrotları içeride ve birbirlerinden eşit uzaklıkta olmak üzere dizilirler. Dıştaki iki elektrottan yere akım verilir. İçte yer alan iki elektrottan ise verilen akımın yarattığı gerilim alanı ölçülür (Şekil-2).

Wenner elektrot dizilimi, düşey süreksizliklerin belirlenmesi için kaydırma ölçü tekniği kullanılarak oldukça hassas bir şekilde yapılabilmektedir. Ölçme işlemi elektrot arası mesafe değişmeden profil boyunca kayarak veya ölçü noktası etrafında simetrik biçimde açılarak devam eder. Yanal

yöndeki değişimler bu dizilimle daha kolay saptanır. Ancak, bu dizilim geometrisinde araştırma derinliği diğer yöntemlere göre daha azdır (akım elektrotları arasındaki uzaklığın yaklaşık üçte birine kadar derinlikten bilgi alınabilir). Nüfuz derinliği az olduğundan sığ yapıları yüksek çözünürlükle belirleyebilmektedir (Wightman ve diğ., 2003). Daha fazla kablo ve personel gerektirmesi dizilimin diğer dezavantajıdır. Dizilimin gürültüye karşı daha az duyarlı olması ise avantajıdır.

Dipol-Dipol elektrot dizilimi, nüfuz derinliği en fazla olan dizilimdir, ayrıca düşey süreksizliklerin belirlenmesinde oldukça duyarlıdır. Dizilim dayk ve boşluklar gibi derindeki ayrımlılığın önemli olmadığı düşey yapıların haritalanmasında iyi sonuçlar vermektedir (Şekil-2).



Şekil-2. Elektrik öz direnç ölçümlerinde elektrot dizilimleri (Wightman ve diğ.,2003)

### 3 .ÇOK-ELEKTROTLU ÖZDİRENÇ YÖNTEMİNİN ESASLARI

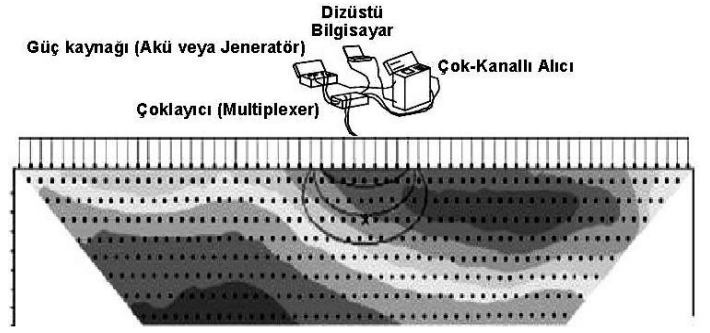
Son yıllarda, elektronik ve bilgisayar bileşenlerinin evrimi, bir doğrultu boyunca sondaj-profil ölçüsü alınmasını sağlayacak otomatik olarak değiştirilebilen çok-elektrotlu öz direnç ölçü sisteminin

geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Elde edilen görüntü (görünür öz direnç yapma kesiti) bir ters çözüm algoritması ile işlenerek, profil boyunca belirtilerin öz direnç-derinlik değerleri hesaplanmaktadır (Bernard ve diğ., 2004).

Çok-elektrotlu öz direnç yöntemi; eşit aralıklı (örneğin 5 m) olarak ve bir hat boyunca çakılmış elektrotlar ile bunların bağlantısını sağlayan çoklu (birçok tel içeren) kablodan oluşmaktadır. Elektrot sayısı, çalışma amaç ve kapsamına göre farklı olabilir. Üreticiler genel olarak 28, 56, 84 ve 112 elektrotlu veya 20, 30, 50 elektrotlu düzenekler üretmektedirler. Kablo sistemin en pahalı gereçlerindedir. Örneğin, 20 elektrotlu ve her elektrot arası 5 metre olacak şekilde bir düzenek için kullanılan kablo 9-10 bin dolar civarındadır. Kullanılan elektrotlar ise, eski düzeneklerde kullanılan paslanmaz çelik elektrotlardır.

Öz direnç ölçü aleti içinde, bu elektrotların önceden tanımlanan ölçü alım sıralamasına göre (akım ve gerilim elektrotlarının belirlenen bir sistemde numaralandırıldığı bir dosya) değiştiren ve saklayan bir hafızası vardır. Akım (A,B) ve gerilim (M,N) elektrotlarının çeşitli kombinasyonları ile karmaşık bir sondaj-profil kesiti, kablonun toplam boyuna bağlı olan en büyük araştırma derinliği ile elde edilmektedir. Çeşitli elektrot dizilimleri (Wenner-Schlumberger, Dipole-Dipole vb.) kullanılabilir (Bernard ve diğ., 2004).

Çok-elektrotlu yöntemde, ölçü cihazı bilgisayar kontrollüdür (Şekil-3 ve Şekil-4). Tüm elektrotlar tek kablo ile ölçü cihazına bağlandıktan sonra, istenilen elektrot dizilimi için sıralı olarak ölçü alınır. Sonuçta, belli istasyonlarda (noktalarda) ve belli AB/2 değerleri için ölçümü ve doğrudan sondaj-profil ölçüsü alınmış olur. Bu veriler ile yapma kesit elde edilir.



**Şekil-3.** Yöntemin ana bileşenleri ve elde edilen 2B görüntü (Tapiasa ve diğ., 2006'den uyarlanmıştır)



**Şekil-4.** Çok-elektrotlu öz direnç ölçüm cihazı (www.agiusa.com)

Günümüzde çok-elektrotlu ölçü cihazları sayesinde, ölçü alımı hızlı ve kolay olmaktadır. Bu nedenle, sondaj-profil ölçüsü yaygın ölçü tekniği olmuştur. Bu yöntem ile ölçülen verilerden yeraltının hem düşey hem de yatay yöndeki öz direnç yapısı hakkında bilgi edinilebilir. Yöntem sondaj ve profil ölçü yöntemlerinin avantajlarını kapsamaktadır (Candansayar, 2005).

Sondaj-profil ölçü tekniği ile edilen veriler, hem yanal yönde hem de düşey yönde yerinin 2B öz direnç yapısı hakkında bilgi vermektedir. Bu yöntem ile ölçülen GÖ (görünür öz direnç) değerleri ile yapma-kesit

çizilebilir. Çizilen bu veriler üzerinden nitel yorum yapılabilir. Nicel yorum için ise, GÖ yapma kesit verilerinin 2B ters çözümünün yapılması gerekmektedir (Candansayar, 2005).

Çok elektrot ünitesi, birçok okumanın sırayla alınabilmesini sağlayacak şekilde geliştirilmiştir. Bu özellik, toplam ölçü süresini çok büyük oranda düşürmektedir. Buna benzer yeni tasarımlar, günümüzde jeolojik yapıların yüzeyden aydınlatılmasına 2B ve 3B çözümler getirmektedir.

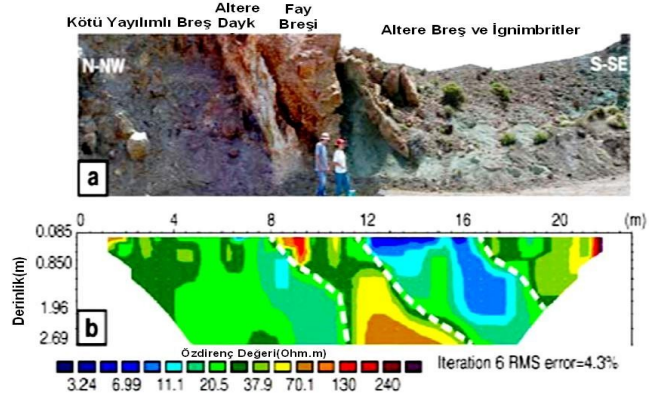
#### 4 . ÖRNEK UYGULAMALAR

Çeşitli amaçlarla kullanmayı düşündüğümüz suyun yeraltında, hangi derinlikte, ne şekilde, ne miktarda ve hangi bileşimde bulunduğu bilinmesi ve buna göre en ekonomik yararlanma yönteminin seçilmesi bilimsel bir araştırma konusudur.

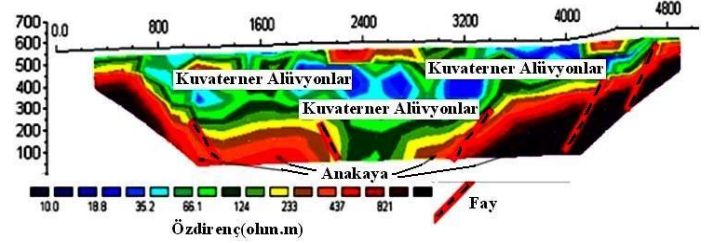
Bugün gelişmiş ülkelerde bile, çatal çubuk, sarkaç ve tellerle yeraltısuyu arayan ve bu yöntemlerle yeraltısuyu bulunabileceğine inanan insanlar vardır. Hiçbir bilimsel dayanağı olmayan bu yöntemlerle açılan kuyuların, hidrojeolojik etüt yapılarak açılanlara oranla daha az başarılı oldukları bugün istatistiksel olarak saptanmıştır. Gerçek araştırmalar, hidrojeoloji öğrenimi almış olan jeoloji mühendisleri tarafından yapılmalıdır (Özdemir,2007).

Yeraltısularından en iyi şekilde yararlanmak yeraltısuyunun yeraltında oluş, bulunuş ve dağılışı özelliklerinin iyi bilinmesi ve bunları yüzeye çıkartacak yöntemlerin iyi uygulanması ile gerçekleşir. Suyun yeraltında toplanıp hareket etmesi ile içinde bulunduğu ortam arasında çok sıkı bir ilişki vardır. Bu bakımdan yeraltısularının aranıp bulunmasındaki başarı her şeyden önce, ortamın litolojik özelliklerinin ve yapısının, kısaca jeolojisinin iyi bilinmesine bağlıdır. Yeraltının jeolojik yapısının belirlenmesinde çok-elektrotlu öz direnç yöntemi etkili bir yöntemdir. Şekil-5, Şekil-6, Şekil-7 ve Şekil-8'de çok-elektrotlu elektrik öz direnç

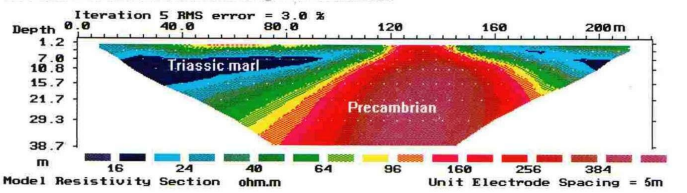
yöntemi ile yapılan jeolojik yapı belirleme çalışmalarına örnekler verilmiştir.



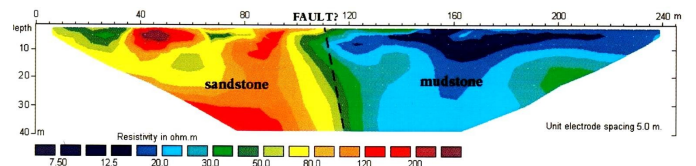
Şekil-5. Canary Adalarında/İspanya çok-elektrotlu ölçüm ile belirlenen jeolojik yapı (Ortiz ve diğ., 2002)



Şekil-6. Yüksek Agri Vadisinin(İtalya) çok-elektrotlu ölçüm ile belirlenen jeolojik yapısı (Rizzo ve diğ., 2004)



Şekil-7. Çok elektrotlu öz direnç ölçümü ile belirlenen jeolojik yapı (McDowel ve diğ., 2002)



Şekil-8. Çok elektrotlu öz direnç ölçümü ile belirlenen jeolojik yapı (McDowel ve diğ., 2002)

Yeraltısuyu araştırmalarında; jeolojik, hidrolojik ve jeofizik olmak üzere üç ayrı özellikte çalışma yapılır ve bu çalışmalardan elde edilen veriler birleştirilerek sonuca

varılır. Bu araştırmalara, yzey ve yeraltı jeolojisini aydınlatacak arazi çalışmaları ile başlanır. Yeraltı jeolojisinin aydınlatılmasında, harita almanın yanı sıra çeşitli jeofizik yzntemler kullanılır. Toplanan hidrolojik ve jeofizik veriler, jeolojik verilerle birleştirilir. Bzylelikle yeraltısuyunun toplanma bglgeleri saptanır. Daha gvenilir sonuçlar almak için deneme sondajları yapılır. Bu sondaj kuyularında çeşitli deneyler yapılır, loglar hazırlanır, akiferlerin kalınlıkları ve hidrolik zellikleri saptanır.

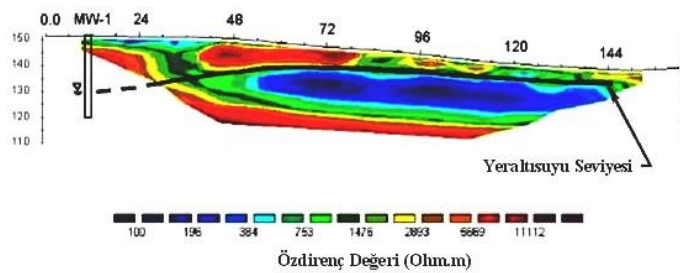
Arazide yapılan hidrojeolojik çalışmalardan amaç yeraltısuyunun;

- Nerede ?
- Hangi miktarda ?
- Hangi derinlikte ? ve
- Hangi kalitede olduğu sorularına yanıt bulmaktır.

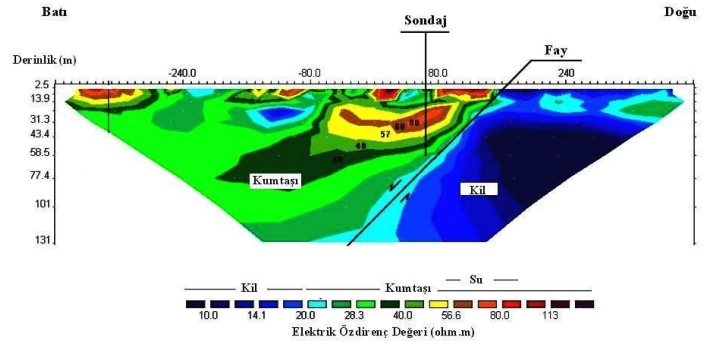
Yukarıda belirtilen sorulara;

- Arazide yapılacak hidrojeolojik ve jeofizik zdiren zmleri
- Sondaj alışmaları
- Pompaj deneyleri ile yanıt verilebilir.

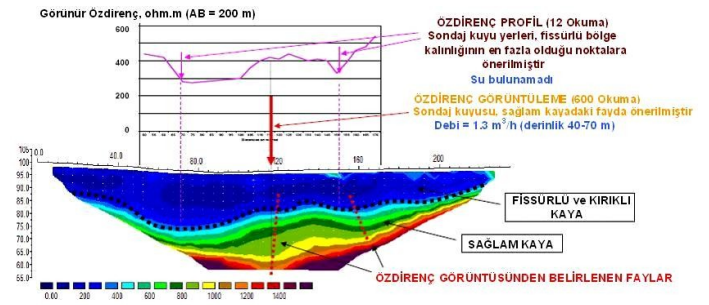
Yeraltısuyu toplanma bglgelerinin ve seviyesinin belirlenmesi ve su zretimi amaçlı sondaj kuyu yeri znerisi için çok-elektrotlu zdiren yzntemi etkili bir yzntemdir. Şekil-13, Şekil-14, Şekil-15, Şekil-16 ve Şekil-17'de çok-elektrotlu elektrik zdiren zmlerinin yeraltısuyu araştırmalarında ve sondaj yeri znerisi konularındaki kullanımına zrneklere verilmiştir.



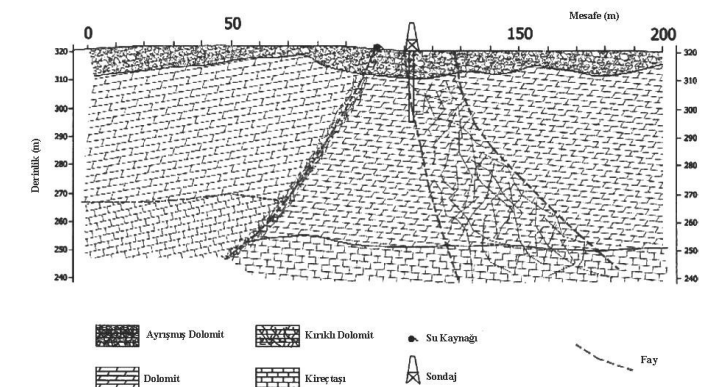
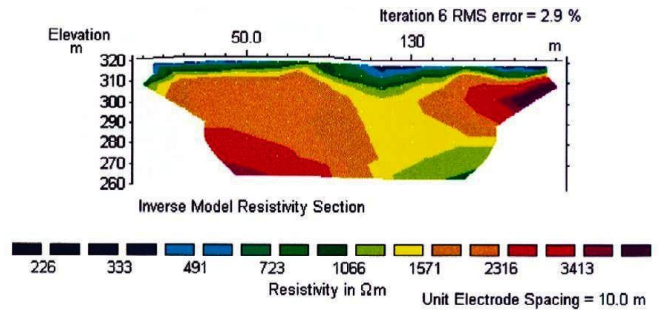
**Şekil-13.** Yeraltısuyu seviyesinin belirlenmesi (Kaya, 2006)



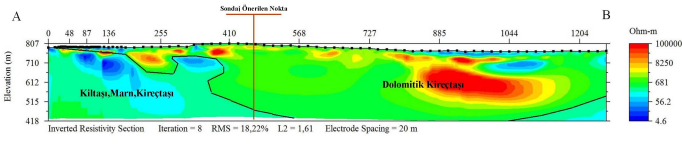
**Şekil-14.** Yeraltısuyu amaçlı sondaj kuyu yeri belirleme (www.abem.se)



**Şekil-15.** Ouaddai alanı (CHAD) yeraltısuyu amaçlı sondaj kuyusu yeri belirleme (Bernard ve diğ., 2008)



**Şekil-16.** Jeolojik etüt, jeofizik zm ve test sondajı ile Zagreb Őehrindeki (Hırvatistan) karstik bir sahanın hidrojeolojik modelinin belirlenmesi (Sumanovac ve Weisser, 2001.)



**Şekil-17.** Oyak Mardin Çimento Fabrikası yeraltısuyu amaçlı sondaj kuyusu yeri belirleme (Özdemir, 2008)

## 5 . SONUÇ

Klasik bir yöntem olan özdirenç yöntemi, yeraltısuyu ve jeotermal kaynak arama, maden arama, mühendislik yapıları zemin araştırmaları, arkeolojik aramalarda ve petrol aramalarında kullanılır. Bu açıdan uygulama alanlarının çokluğu ile hala güncel olan bu yöntem gelişmiş ölçme cihazlarının kullanılmasıyla ve modelleme aşamasında gelişmiş teknikler kullanılarak uygulandığında oldukça iyi sonuçlar vermektedir. İki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) çözüm yöntemlerinin uygulanması son yıllarda yöntemin etkinliğini arttırmıştır.

Yeraltı jeolojisinin daha anlaşılır ve daha ayrıntılı olarak ortaya konulabilmesi için bir boyutlu (1B) modellemeler yerine günümüzdeki teknolojik gelişmeler ve yapılan araştırmaların sonuçları dikkate alınarak iki boyutlu (2B) modellemenin kullanılması artık standart hale gelmiştir.

2B etütlerin uygulanması çözünürlük gücünün artmasına paralel olarak ölçülerin süratle alınması ve değerlendirilmesi konusunda jeofizik mühendislerine önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Geleneksel 1B etütlerde karşılaşılan kısıtlamalar büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Örneğin, elektrotların aynı kotta olması, nehre paralel açılım gibi.

Çok elektrotlu özdirenç yönteminin uygulanması ile çok geniş alanlarda hızlı araştırmalar yapılmakta ve yeraltı ile ilgili daha fazla veri üretilebilmektedir. Ölçüm sonucunda saptanan parametreler yeraltının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini birlikte

yansıtmaktadır. Bu nedenle, yeraltısuyu etütlerinde ve su kuyusu yerinin belirlenmesinde yeraltının iki ve üç boyutlu modellenebildiği çok elektrotlu özdirenç ölçümlerin uygulanışı son derece yararlı ve yerinde bir karar olacaktır.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Aksu, T.F., 2006. Jeofizik elektrik yöntemlerinde 2 boyutlu tomografi ve arazi uygulamaları. Yeraltısuyu Araştırmalarında Uygulanan Yöntemler ve Saha Uygulamaları Seminer Notları, Jeofizik Mühendisleri Odası
- Berge, M.A., 2002. Sığ aramacılıkta sonlu farklar yöntemi ile iki-boyutlu düz çözüm özdirenç modellemesi. Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü (yayımlanmamış).
- Bernard, J., Orlando, L., and Vermeersch, F., 2008. Multi-electrode resistivity imaging for environmental applications. 31 p. (www.iris-instruments.com)
- Bernard, J., Orlando, L., and Vermeersch, F., 2004. Electrical resistivity imaging for environmental applications. 16<sup>th</sup> International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey, Abstracts Book, 376-379
- Candansayar, M.E., 2005. Doğru akım özdirenç yöntemi ile yeraltısuyu aramaları. Mühendislik Jeofiziği ve Uygulamaları Semineri Notları, Jeofizik Mühendisleri Odası, 52-114
- Dahlin, T., 1996, 2D resistivity surveying for environmental and engineering applications, First Break, 14(7), 275-283
- Drahor, M. G., Göktürkler, G., Berge, M. A. ve Kurtulmuş, Ö. T., 2004. Dört farklı elektrot dizilimine göre bazı üç-boyutlu sığ yeraltı yapılarının görünür özdirenç modellemesi. Yerbilimleri, 30, 115-128
- Griffiths, D. H., and Barker, R. D., 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. Journal of Applied Geophysics, 29, 211-226
- Griffiths, D.H., Turnbull, J. ve Olayinka, A.I., 1990. Two-dimensional resistivity

- mapping with a computer-controlled array. *First Break*, 8(4), 121-129
- Kaya, A. M., 2006. Uygulamalı jeofiziğe giriş. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ders Notları-1, 32 s. (Yayımlanmamış)
- McDowel, P.W., Barker R.D., Butcher A.P, Culshaw M.G., Jackson, P.D., McCann, D.M., Skip, B.O., Matthews, S.L. and Arthur, J.C.R., 2002. Geophysics in engineering investigations. Geological Society Publication 19, 250 p.
- Ortiz, D.G., Velazquez, S.M., Crespo, T.M., Marquez, A., Lillo, J., Lopez, I., Carreno, F., Gonzalez, F.M., Herrera, R. and Pablo, M.A.D., 2007. Joint application of ground penetrating radar and electrical resistivity imaging to investigate volcanic materials and structures in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Journal of Applied Geophysics*, 62, 287-300
- Özdemir, A., 2008. Oyak Mardin Çimento A.Ş. Fabrika Sahası Yeraltısuyu Etüt Raporu. 23 s (Yayımlanmamış)
- Özdemir, A., 2007. Jeoteknik ve Su Sondajları. Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, 272 s.
- Robinson, E.S., and Coruh, C., 1988. Basic exploration geophysics. Wiley, New York , 562 p.
- Rizzo, E., Colella, A., Lapenna, V. and Piscitelli, S., 2004. High-resolution images of the fault-controlled High Agri Valley basin (Southern Italy) with deep and shallow electrical resistivity tomographies. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29, 321-327
- Sasaki, Y., 1992. Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. *Geophysical Prospecting*, 40, 453-464.
- Schlumberger, C., 1920. Etude sur la prospection électrique du sous-sol. Gaultier-Villars et Cie., Paris.
- Sumanovac, F. and Weisser, M., 2001. Evaluation of resistivity and seismic methods for hydrogeological mapping in karst terrains. *Journal of Applied Geophysics*, 47, 13-28
- Tapiasa, J.C., Himib, M., Masachs, A., Nietoc, C., Brissaud, F., Salgota, M. and Casasb., 2006. Using electrical imaging for assessing suitability of reclaimed water recharge at Begur (Spain). *Desalination*, 188, 69-77
- vanOvermeeren, R.A. and Ritsema, I.L., 1988. Continuous vertical electrical sounding. *First Break*, 6(10), 313-324
- Wightman, W.E., Jalinos, F., Sirles, P., and Hanna, K., 2003. Application of geophysical methods to highway related problems. Federal Highway Administration, 716 p.