

### 7-3- ELEKTRİK

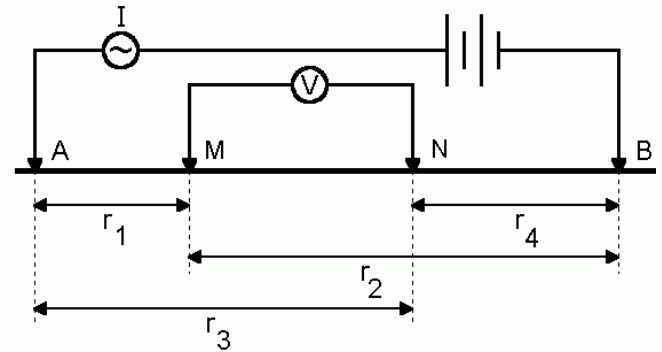
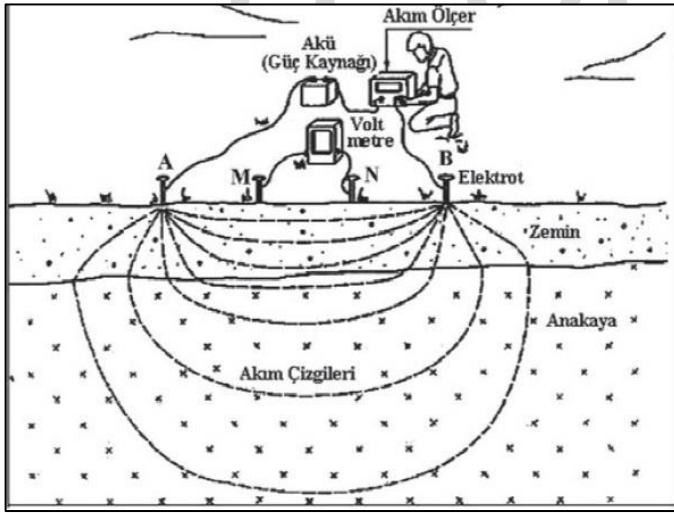
*Bu bölümdeki bilgilerin bir kısmı Prof. Dr. Emin Candansayar'ın Elektrik Yöntemler ders notlarından alınmıştır.  
https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=480*

Elektrik yöntemler kapsamında **elektrik özdirenç (rezistivite), yapay uçlaşma (Induced Polarization, IP) ve doğal potansiyel (Self Potential, SP)** yer alır. Elektrik yöntemlerin kullanılması ile yapılan ölçümler yeraltı akiferlerinin jeolojik iskeletinin haritalanması, yeraltısuyu kirlenmesinin egemen olduğu kesimlerin belirlenmesi, yeraltındaki gevşek çökel malzemenin yeri ve kalınlığı ile sağlam temel kayaların bulunduğu derinliğin belirlenmesinde ve özellikle metalik veya metalik olmayan cevher zonlarının saptanmasında kullanılır.

#### Elektrik Özdirenç

Bir malzemenin elektrik akımına karşı gösterdiği direnç özdirenç olarak bilinir. Bir maddenin özdirenci, kesiti  $1m^2$ , boyu  $1m$  olan bir parçanın direncidir. Elektrik yöntemlerde yeryüzünde toprağa çakılan iki paslanmaz metal-çelik elektrod aracılığı ile yer içine elektrik akımı gönderilir. Yeryüzündeki diğer iki noktada yerleştirilen iki elektrod yardımı ile de yer içinde oluşan gerilim farkı ölçülür. Ölçüm derinliği elektrod aralığına bağlıdır.

A, B elektrotlarıyla toprağa akım verilir, M ve N elektrotlarıyla da meydana gelen gerilim farkı ölçülür. Yeryüzünde ölçülen  $I$  akımı (miliamper, mA) ve  $\Delta V$  gerilimi (milivolt, mV) değerleri yandaki bağıntıda yerlerine konulup hesaplama yapıldığında ölçü konumu için  $\rho_a$ , özdirenç (Ohm-m,  $\Omega$ -m) değeri elde edilir. Yer homojen değildir ve arazide ölçülen gerilim farkı  $\Delta V$  kullanılarak hesaplanan özdirenç; Görünür Özdirenç (GÖ) olarak adlandırılır.



$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} K$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)}$$

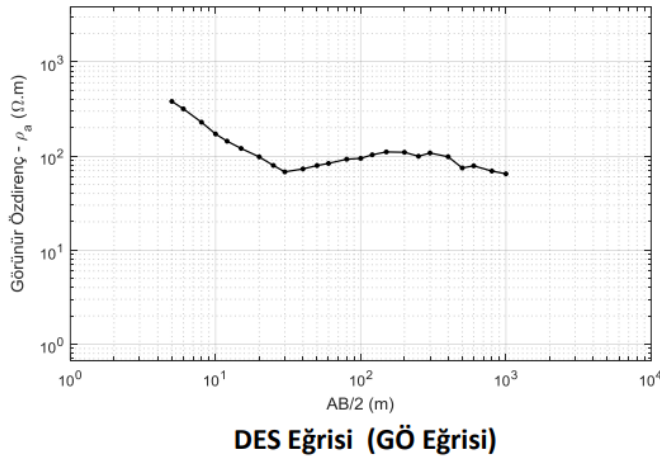
Uygulanan akımın birimi amper (çoğunlukla miliamper) ve ölçülen gerilimin birimi ise Volt (milivolt) olarak bilinir. Bu ölçü değerleri ve kullanılan elektrod diziliminin  $K$  geometrik faktörü (dizilim katsayısı) kullanılarak ölçü konumu için görünür özdirenç hesaplanır. Genel bir elektrod diziliminde yer alan 4-elektrod; A ve B akım, M ve N gerilim elektrotlarıdır. Böylece akım kaynağından

Hesaplanan değer elektrod dizilim sisteminin orta noktasının altına atanır. Jeo-elektrik yöntemlerde yukarıda gösterilen genel dizilim yerine amaca uygun standart ve özel elektrod dizimleri tercih edilir. En yaygın kullanılan elektrod dizilim türleri alttaki şekilde gösterilmiştir.

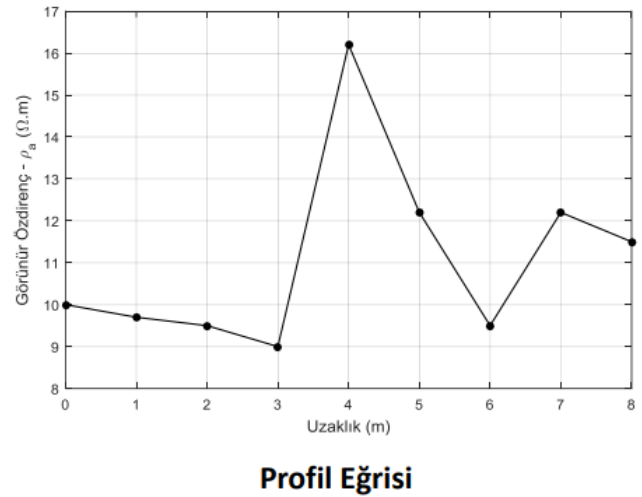
Elektrod Dizilimi	Geometrisi	K	Ölçülen
(a) Schlumberger		<p>Genel olarak</p> $K = \frac{\pi}{4} \frac{MN}{\left[ \frac{AB^2}{MN^2} - 1 \right]}$ <p>dir. Eğer, <math>MN=a</math> ve <math>AM=NB=na</math> alınırsa <math>\pi n(n+1)a</math></p>	$\rho_s(AMNB)$
(b) Wenner		$2\pi a$	$\rho_s(AMNB)$
(c) Dipol-dipol		$\pi n(n+1)(n+2)a$	$\rho_s(ABMN)$
(d) "Pole-dipol" sol (AMN)		$2\pi n(n+1)a$	$\rho_s(AMN)$
(e) "Pole-dipole" sağ (MNB)		$2\pi n(n+1)a$	$\rho_s(MNB)$

Elektrik özdirenç yönteminde genel olarak Sondaj Ölçüsü, Profil Ölçüsü ve Sondaj-Profil Ölçüsü olmak üzere üç farklı ölçü toplama tekniği vardır. Ölçülen veriler görünür özdirenç (GÖ) sondaj eğrileri, profil eğrileri ve yapma-kesitleri şeklinde sunulur. Ayrıca birbirine paralel profiller boyunca ölçülmüş profil ölçüsü verileri birlikte kullanılarak GÖ seviye haritaları elde edilir.

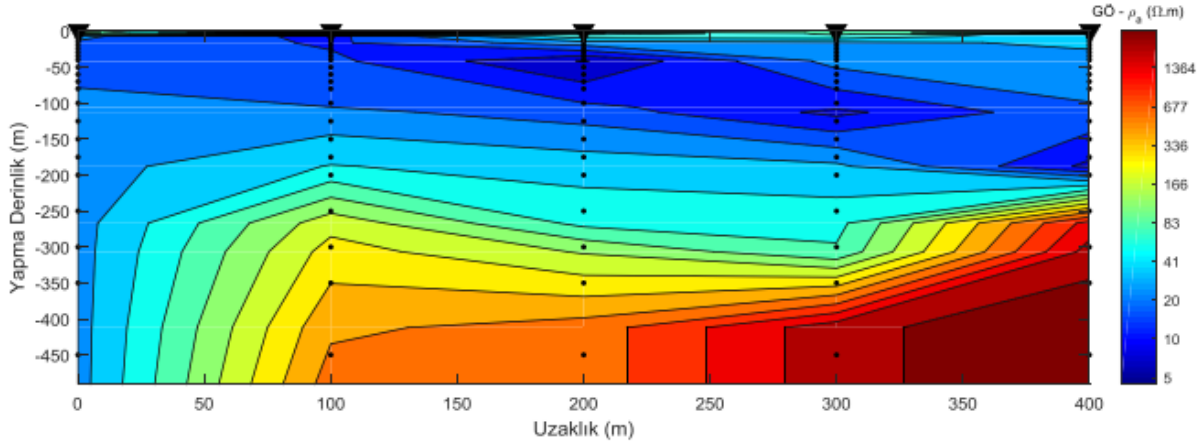
**Sondaj Ölçüsü** sabit bir nokta merkez olacak şekilde, her ölçüm sonucunda bu noktanın iki tarafında elektrodların bir çizgi boyunca açılmasıyla uygulanır. Böylece yer içinde düşey yöndeki özdirenç değişimi incelenmeye çalışılır. Bu nedenle yöntem, "Düşey Elektrik Sondajı" (DES) (vertical electrical sounding) olarak da isimlendirilmektedir. Bu şekilde ölçülen veri, x-ekseni  $AB/2$  ve y-ekseni ölçülen GÖ değerleri olacak şekilde çizilir. Elde edilen eğri, "DES eğrisi" olarak adlandırılır.  $AB/2$  ve ölçülen GÖ değerlerinin çok geniş aralıkta değişmesinden dolayı, genel olarak DES eğrisinde her iki eksen' de logaritmiktir. DES ölçüleri, yeraltı suyu, ana kaya üstündeki örtü kalınlığının bulunması vb. amaçlar için kullanılır.



**Profil Ölçüsü** Yer içinde yanal süreksizlikleri belirlemek amacı ile profil ölçüsü alınır. Bunun için, elektrod dizilimine bağlı olarak elektrodlar arası uzaklık araştırılmak istenen derinliğe göre sabit tutulur (geometrik katsayı sabit). Bu şekilde, bir doğru boyunca her ölçü sonucu elektrodlar belli örnekleme aralıklarında kaydırılır. Burada  $AB/2$  uzaklığı, araştırılmak istenen derinliğe bağlı olarak seçilir. Örneğin, 2 m. eninde ve 1m. derinlikteki tarihi bir sur duvarı araştırılmak isteniyorsa, ikiyönlü üç elektrod dizilimi için MN aralığı 2 m. ve  $AB/2$  mesafesi 3, 5, 7 m. seviyeleri için profil ölçüsü alınmalıdır. Fakat bazı şartlarda, örtü tabakasının yüksek özdirençli olması durumunda, bu mesafe yetersiz olabilir ve  $AB/2$  mesafesi artırılmak zorunda kalınabilir. Profil ölçüsü verileri, x-ekseni ölçü noktalarının koordinatı (veya istasyon noktalarının numarası) ve yekseni ölçülen GÖ değerleri olacak şekilde bir eğri olarak sunulur. Bu eğri, "profil eğrisi" olarak adlandırılır.



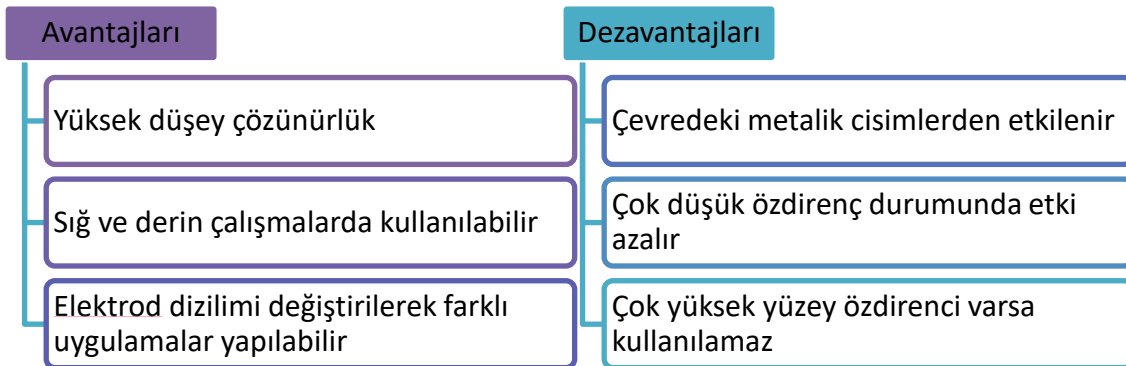
**Sondaj-Profil Ölçüsü** Bu ölçü tekniği, sondaj ve profil ölçü tekniklerinin birarada kullanılmasıdır. Bir çizgi boyunca, belirlenen noktalarda (istasyonlarda) ölçülen DES verilerinin biraraya getirilmesi ile elde edilir. Burada, tüm istasyonlarda farklı AB/2 değerleri için ölçü alınırken elektrodun doğrultusu aynı olmalıdır. Aksi durumda, ölçü değerleri anizotropiden etkilenir ve bu şekilde ölçülen verinin 2-B ters çözümü yapılamaz. Ölçülen verilerden, her farklı AB/2 seviyesi için profil eğrisi ve her istasyon için sondaj eğrisi elde edilebilir. Ayrıca, tüm veriler kullanılarak yapma-kesit (Pseudo-section) elde edilir.



### Yapma Kesit

#### Elektrik öz direnç yöntemi uygulama alanları

- Jeolojik yapıların kalınlık ve derinliklerinin belirlenmesi
- Yanal değişimlerin saptanması ve jeolojik koşullara bağlı anomalilerin belirlenmesi
- Tuzlu su girişimi ve kirlilik haritalarının elde edilmesi
- Gömülü atık yerlerinin belirlenmesi
- Yeraltı suyu, petrol, maden, jeotermal arama
- Heyelan Çalışmaları
- Mühendislik yapılarının güzergah ve yer belirlemeleri ile zemin etütlerinde (Yol, Tünel vb.)

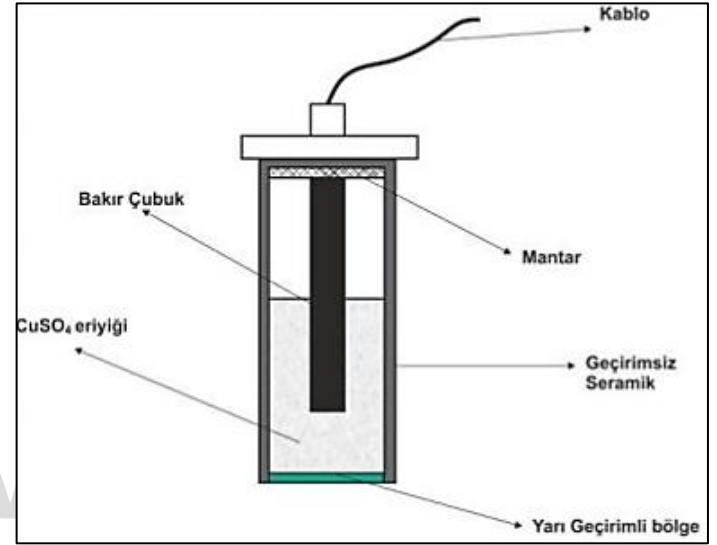


### Doğal Potansiyel (Self Potential)

Doğal uçuşma veya doğal gerilim olarak da isimlendirilmektedir. Doğal kaynaklı bir elektrik yöntemidir, yer içindeki elektrik yüklere duyarlıdır. Yeryüzünde iki nokta arasında oluşan doğal gerilim farkının ölçülmesi esasına dayanır. Yöntem jeotermal, çevre ve mühendislik çalışmalarında, termal akışkanlara ve yeraltı suyunun bulunmasında kullanılmaktadır. Özel uygulama olarak, barajlarda taban hazne kayalarındaki su sızıntısının yerlerinin bulunmasında kullanılmaktadır. Doğal potansiyele neden olan çeşitli elektrokinetik ve elektrokimyasal olaylar: Akma (Elektrokinetik) Gerilimi, Termoelektrik Gerilim, Elektrokimyasal Gerilim, Mineralizasyon Gerilimi, Tellürik akımlar, Yapay akım kaçakları ve Güç Hatları, Yeraltındaki boru hatları.

Arazide ölçü alımı için yandaki şekilde görülen kutuplanmayan porselen veya PVC' den yapılan "fincan (pot) elektrotlar" kullanılır. Bunların yanları geçirimsizdir, altı ise geçirimlidir. Fincanların içine bir metal çubuk ve iletken eriyik konulur. İletken

eriyiğin cinsi, kullanılan metal çubuğa bağlıdır. En çok kullanılanı bakır (Cu) çubuk batırılmış, halk dilinde göztaşı olarak bilinen bakır sülfat çözeltisi (CuSO<sub>4</sub>) dir. Ölçüye başlamadan önce elektrotlar arasında uçuşma farkı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bunun için ölçü çukurları kazılır ve su ile doldurulur. Yer ile fincan elektrotlar arası iletim direnci minimuma indirilir.



Doğal potansiyel ölçümünde iki farklı elektrod dizilimi kullanılır:

#### ***Kaydırma Dizilimi (Kurbağa Atlayışı veya Türev)***

Bir doğruyu boyunca sabit aralıklı birinci ve ikinci noktalara yerleştirilen bir çift elektrot arasındaki gerilim farkı ölçülür. Sonra ilk noktadaki elektrot bu sefer ikinci noktaya, ikinci noktadaki elektrot daha önceki aralıkla bu kez üçüncü noktaya konulur.

***Baza indirgeme (toplam alan) dizilimi*** Ölçü doğrultusunun başlangıcında seçilecek bir baz noktasında bir elektrot yerleştirilir. Eldeki uzun kablo ile ölçü doğrultusu üzerindeki her bir nokta baz noktası arasındaki  $\Delta V_1$ ,  $\Delta V_2$ , . . . ,  $\Delta V_n$  gerilim farkları kayıt edilir. Ölçülen değerler hareketli elektrotun konulduğu noktaya atanır.

**Yapay Uçlaşma (Induced Polarization)**

	Jeolojik Problem	Yer Radarı	Elektromanyetik	Doğal Polarizasyon (SP)	Kuyu İçi Elektrik Özdirenc	Elektrik Özdirenc	Yapay Polarizasyon (IP)
YERALTI YAPISI	Killi katman haritalama	1	2	2	-	2	3
	Kırıklar ve faylar	2	1	3	1	1	2
	Karstik sahalar	1	2	2	1	2	3
	Litoloji korelasyonu	1	2	-	2	2	2
	Maden ve taşocağı yerleşimi	2	2	-	2	3	1
	Boşluklar-çukur oluşumlar	1	2	1	2	2	3
	Kayaç üst sınırları	2	-	-	1	2	1
HİDROJEOLOJİ	Akifer kalınlığı	2	3	-	1	2	2
	Yeraltısuyu akış yönü	-	2	3	-	3	-
	Tuzlusu girişimi	-	1	2	1	3	1
	Yeraltısuyu tablası haritalama	1	-	-	3	3	2
	Sondaj kuyusu lokasyonu	1	1	2	2	3	2
ÇEVRE	Arazi dolgusu ve gömülü yıkıntılar	1	1	2	-	3	3
	Toprak/yeraltısuyu kirliliği	2	1	3	3	2	2
MÜHENDİSLİK	Köprü ayağı yerleşimi	1	-	-	-	1	2
	Elektrik topraklama	-	3	1	1	1	-
	Kazı-hafriyat planlama	2	-	-	1	2	2
	Yapı zemin-temel etüdü	1	-	-	1	3	2
	Karayolu güzergah seçimi	1	2	1	-	2	3
	Kayaç-toprak mühendislik özellikleri	-	3	-	1	3	1
	Yerleşim alan seçimi	1	1	1	-	3	2
	Toprak kayması (heyelan) etüdü	-	1	1	-	3	3
Elde edilen çözüm: 3: En iyi 2: İyi 1: Orta -: Kullanılamaz							