

Sondaj Sempozyumu'96 , izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

Yeraltısuyu Aramacılığı Kılavuzu

Guide for Groundwater Exploration

A.Ercan

LTÜ Miden Fakóltesi Jeofizik MühBölümü Ayazađa/İSTANBUL

YERALTIARAMACILIK Bilimsel Araştırma Kuruluşu Beşiktaş/İSTANBUL

ÖZET: En uygun kuyu yeri ve derinliği ile suyun niteliğinin önceden belirlenmesi her aramacının amacıdır. Jeofizik yöntemler, yüzeyden ve kuyu içinden uygulanarak yatak özeUiUerinin delme öncesinde belirlenmesinde yön göstericidir. Hidrojeolojik koşullara göre su yataklaşmasının kestirilmesi, aramada kullanılacak en uygun hidrojeofizik yöntemin ve uygulama biçiminin seğimine yardımcı olur. Aramalar ya doğrudan su yatağım belirleme ya da dolaylı olarak su tutabilecek yapıyı belirlemeye yönelik olarak tasarlanır. Doğrudan aramalarda suyun; yüksek iletkenlik, mıknatıslanmaz, düşük özgül ağırlıklı, yüksek dielektrikli, ses dalgasını yavaşlatır, uğlaşabilir (polarize), sıcak/soğuk, tuzlu/tuzsuz, temiz/kirli olma özelliklerinden yararlanır. Dolaylı aramalarda; jeolojik yapının fiziksel süreksizlik ayrınlıklarının yaratacağı işaretler kullanılır. Yüzey aramalarında önem sırasına göre Doğru Akım Elektrik Özdirenę (R), Elektromanyetik (EM), Yeraltı Radarı (GPR), Doğal Uğlaşma (SP), Yapay Uğlaşma (İP), Uzaktan Algılama (İR), Sismik (S), Gravite (G), Manyetik (M), Radiometri (Ra) yöntemleri kullanılır. Bunlarla; yeraltısuyu varlığı, yatak; biçimi, boyutu, derinliği, yataklar arası bağlantıları, sayısı, göreceli doygunluk, ve göreceli verim gibi niceliksel bilgilerin yanısıra, tuzluluk, sıcaklık, kirlilik gibi niteliksel bilgilerde edinilebilir. Jeofizik Kuyu Loğları ise genelde SP, R, Gamma Ray, Nötron, Hız, Sıcaklık ölçüsü olarak alınır. Bu bilgilerden; kuyunun kestiği yatakların; geręek yerleri (d), geręek kalınlıkları (h), gözenekliği (ϕ), iletimi (T), geğirgenliği (k), doygunluğu (S), göreceli verimi (Q), sıcaklığı, kirliliği, tuzluluğu kestirilebilir. Böylece hidrojeoloji ile başlıyan gözlemlere, hidrojeofizik ölçülerin eklenmesi ve kuyu içi hidrolik deneylerle yeraltısulanndan en uygun biçimde yararlanması sağlanabilir.

ABSTRACT: All explorer's aim is to predetermine location, depth and quality of groundwater. In this manner, geophysical methods guide to determine reservoir characteristics before drilling operation, by means of surface and borehole measurements. Hydrogeologie estimation of reservoir type assists to select most appropriate hydrogeophysical method and application procedure. Exploration target is designed as such either direct or indirect delineation of the reservoir. In direct exploration physical characteristic of water are used which are; higher conductivity, dielectricity, polarizability, and lower magnetization, specific density, sonic wave transmission velocity and also heat/cold, saline/fresh, clean/contaminated properties. In indirect exploration approach; anomalies of

physical discontinuities caused by specific geological structures are sought leading surface exploration methods are given in order as D.C. Electrical Resistivity (R), Electromagnetic (EM), Ground Penetrating Radar (GPR), Self Potential (SP), Induced Polarization (IP), Infrared Imaging (IR), Seismic (S), Gravity (G), Magnetic (M), Radiometry (Ra). Using this surface technics help to have apparent quantitative information about groundwater existence, type of reservoir, its dimension, form, depth, quantity and interconnections, relative saturation and yield as well as apparent qualitative information such as salinity, temperature and contamination. Widely used geophysical well logging measurements are SP, R, Gamma Ray, Neutron, Velocity, Temperature logs. By using cross interpretation following in situ actual quantitative and actual qualitative information of aquifers are estimated such as quantity, depth (d), thickness (h), porosity (ϕ), transmissibility (T), permeability (k), saturation (S), relative yield (Q), temperature ($^{\circ}$ C), salinity (EC) and contamination. By using these integrated technics, following with hydrogeophysical measurements and borehole hydraulic experiments lead to precise evaluation of groundwater reservoirs.

1. GİRİŞ

Türkiye'de yeraltı suları araştırmaları özel ve kamu kuruluşlarınca yapılmaktadır. Kamu kuruluşları; DSİ, iller Bankası, YSE, İl Su işleri ve Üniversiteler, özel kuruluşlar ise jeofizik ve jeolojik araştırma şirketleri ve bilim dışı çalışan kişisel girişimciler ve delme şirketleridir. Yeraltı suları araştırmaları izleyen adımlardan tümü yada birinden geçilerek yapılmaktadır.

A- Arama Çalışmaları

1. Yerbilimsel Çalışmalar
 - a- Yerüstü çalışmalar (jeoloji)
 - b- Yeraltı çalışmalar (jeofizik)
2. Bilim dışı Yöntemler

B- Delme Çalışmaları

1. Çamurlu delme (rotary)
2. Havalı delme (down to hole)

C- Çıkartma ve Üretim Çalışmaları

1. Su yatağı hidrolojik özellikleri belirleme
2. Yatak verimi geliştirme

D- Arıtma ve Dağıtım Çalışmaları

1. Fiziksel, kimyasal, biyolojik arıtma
2. Yeraltı şebekeleri

Arama aşamasında, jeofizik ve jeoloji mühendislerinin yanısıra uzman, meteoroloji, orman, ziraat, mühendisleri yer alır. Delme çalışmalarda, petrol, maden, makina mühendislerinin yanısıra jeoloji ve jeofizik mühendisleri, çıkartma ve üretim artırma aşamasında petrol, jeofizik ve hidrojeoloji mühendisleri, arıtma ve dağıtım işlerinde çevre, kimya, tıp bilimleri, biyologların yanısıra makina, inşaat mühendisleri, mimarlar, kent plancıları, peyzaj mimarları işletmeciler, ekonomistler yer alır. Diğer bir deyimle su işi, geniş bir dallar arası işbirliğini ve dayanışmalı bilgi birikimini gerektirmektedir.

2. ARAMA ÇALIŞMALARI

2.1. Yerbilimsel Çalışmalar

Yeri oluşturan birimlerin türleri ve fiziksel özelliklerinin araştırılmasına dayanan yöntemlerdir.

2.1.1. Jeolojik Araştırmalar; yüzeyde görülen yersel birimlerin türü, yeri dağılımı, sıralanışı, yaş, kalınlık, derinlik, eğim, kırıklık, çatlaklılık, ezilme, bozuşma, evrim, çökelim, başkalaşım, taşırma, aşınma, süreksizlik beslenme ve boşalma, su tutma ve verme, (gözeneklik-geçirgenlik) özelliklerinin araştırılmasını ve haritalanmasını amaçlar. Çalışmalar yüzey gözlemlerine dayanır, yeraltından bilgi edinmek üzere delme ve jeofizik bilgilerinden yararlanır. Beslenme-biriktirme-boşalma ilişkileri için meteorolojik ve jeomorfolojik bilgilere başvurur. Su aramalarında görevi;

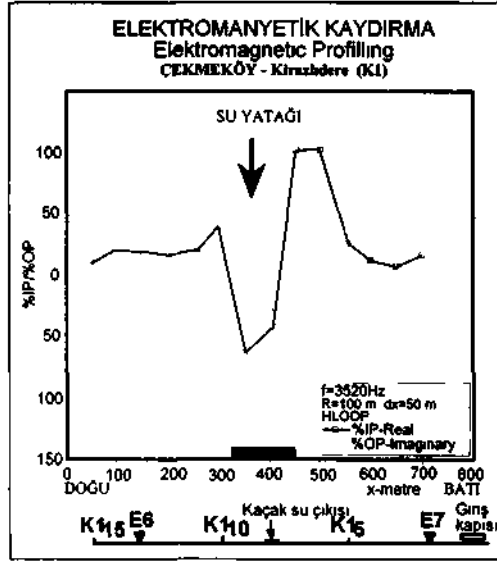
1. O bölgede su yatağı oluşturacak yersel birimlerin varlığını, dağılımını, boyutunu, yaklaşık derinliğini ve yataklaşma özelliklerini belirlemek buna dayanarak hidrojeolojik haritaları oluşturmak.
2. Yersayılama bilgilerini kullanarak hidrolik geçirgenleri (T,k, Qs, Q v.b) kestirmek
3. Buna bağlı olarak bölgesel boyutta su aramaları için hedef alanları belirlemektir.

Bu amaçla çalışmalar ilk olarak MTA tarafından 1940-1950'li yıllardan beri başlatılarak tüm Türkiye için 1/500.000 ölçeğe jeoloji haritaları ve yer yer 1/25000 ölçeğe ayrıntılı haritalar yapılmıştır (MTA, 1964). Bu haritayı kalkış noktası olarak alarak ve bu kez yersel birimleri su biriktirme özelliklerine bağlı olarak yorumlayarak Türkiye su haritası

oluşturulmuştur (DSİ, 1967). Bu haritalarda duyarlık ölçüsü 500 ile 1000 m olduğundan, o bölge üzerine genel bilgi için kılavuz olarak kullanılmakta, delme yeri belirleme için yeterli olmamaktadır. Ne varki, bu haritaya bakılarak, o bölgede genel su durumu, su niteliği ve çokluğu üzerine bilgi edinilebilir. Bunun dışında, Üniversite kamu ve özel kuruluşlarca 1/25.000, 1/10.000, 1/5000 ve 1/1000 boyutunda yapılmış parça parça birçok çalışma tüm Türkiye boyutunda vardır. Ancak, kentler içinde delme yerini duyarlı olarak belirlemek amacıyla bir jeolojik araştırma yapmak olası değildir. Çünkü kentleşme tüm yüzlekleri kapatmıştır. Yerel boyutta haritalama için eskiden yapılmış haritalar, bina temel kazıları, delme bilgileri, yarmalardan yararlanılabilmektedir. Oysa, delme konumu belirlemek için öngörülen jeolojik çalışma ölçeği 1/500 den (5 metre duyarlı) büyük olamaz. Bu duyarlılık ise ancak jeofizik araştırmalarla erişilebilir. Dolayısıyla, özellikle kent içi ve yerel boyutta su araştırmaları yaygın olarak özel jeofizik şirketlerince yapılmaktadır.

2.1.2. Jeofizik Araştırmalar; yüzeyden yeraltına sinyal yollayarak ya da yeraltındaki süreksizliğin doğal yoldan oluşturduğu sinyali algılayarak yeraltının jeofiziksel görüntüsünün çıkarılması ve su yatağının işaretinin yakalanması ilkesine dayanır. Eğer bölgesel boyutta araştırma yapılacaksa, jeofizik araştırma yapılacak alanlar, ön bir jeolojik araştırma ile belirlenir. Kent içi yerel araştırmalarda ise araştırma alanları sınırlı olduğundan jeofizik araştırmalar, MTA ve DSİ ya da diğer jeolojik haritaların kılavuzluğunda başlatılır. Ancak, bu haritalar ve yalındaki delme bilgileri, stratigrafi, tektonik (yapısal yer özellikleri), katman oturmuş ve doğrultulan gözönünde bulundurulurak,

jeofizik yöntem türü, inceleme derinliği, ölçme doğrultu ve dizilim türü, ölçme duyarlığı, ölçüm aralığı, inceleme alan boyutu saptanır. Yöntem ve uygulama biçimi hidrojeolojik koşullara göre değiştirilir. Nasıl bir hekim her hastalığı değişik analizlerle belirtiyorsa, her jeolojik süreksizlik ve yapı değişik jeofizik yöntemleri uygulayarak belirlenir. Kent içinde yapılacak jeofizik araştırmalarla 1/500 (5 metre duyarlı) ve 1/100 (1 metre duyarlı) delme konumu belirlemek olasıdır.



A- Yüzey ve kuyu içi jeofizik araştırmalarla bulunabilecek su ve yeraltı yapısı üzerine bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

1. En uygun delme yeri konumu,
2. Delme derinliği,
3. Su yatağı sayısı kalınlık, giriş ve çıkış derinlikleri
4. Boyutları ve hacimleri
5. Su doygunluk oranları
6. Doygunluk artış yönü
7. Suyun beslenme doğrultusu ve yönü

8. Düşey ve yatay olarak yataklar arası bağlantılar

9. Hidrolik eğim,

10. Tuzlu - tatlı su giriş derinliği ve yayılım

11. Sıcak - soğuk su giriş derinliği ve yayılım

12. Suyun akarmı ya da durgunum olduğu

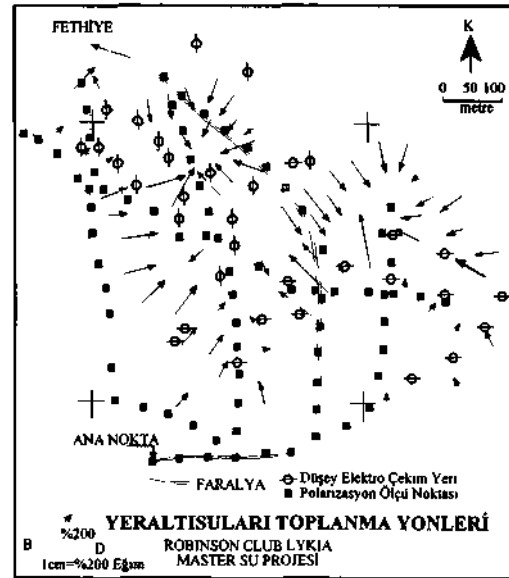
13. Yerinde su yatağı özellikleri

i- Su katman ve katmanlıklarının yerleri,

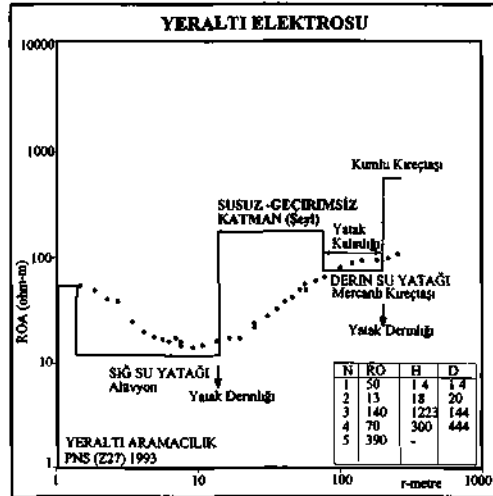
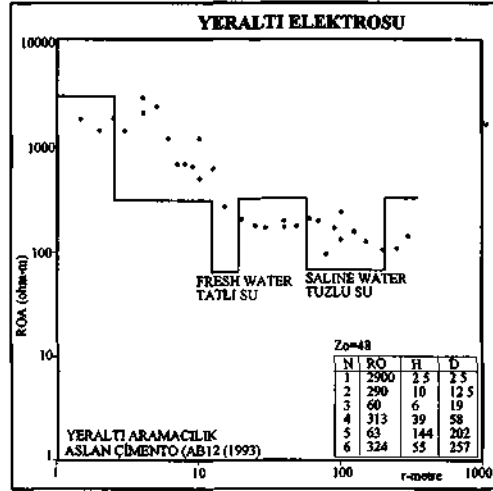
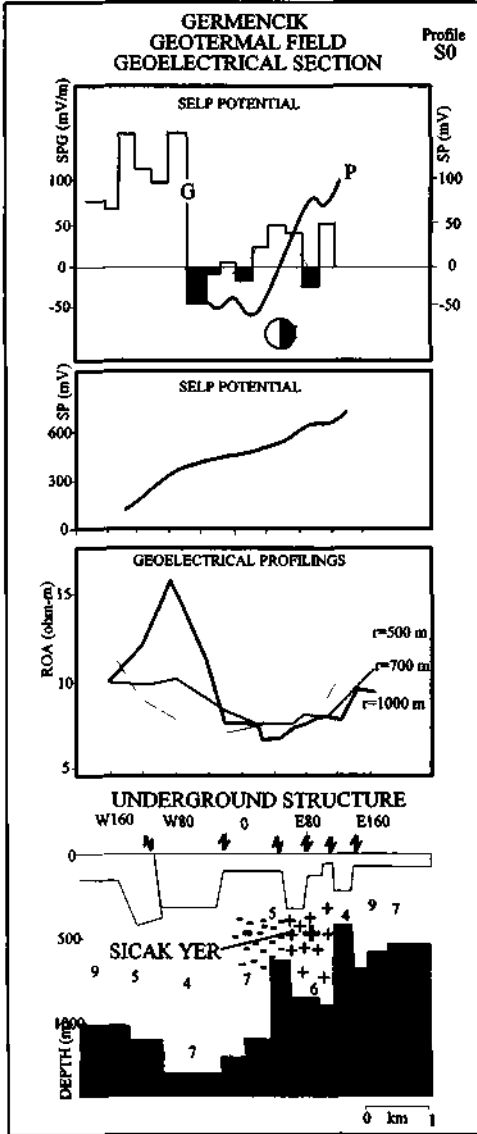
ii- Gözenektik, geçirgenlik, suya doygunluk,

iii- Tuzlu, sıcak, karbonatlı, soğuk, gazlı, kirli su geliş yerleri,

iv- Yaklaşık verim (Q), iletim (T) ve geçirgenlik (k).



B- Jeofizik çalışmalardan yeraltı yapısı üzerine ise izleyen ana bilgiler edinilir.



1. Katman dizilişleri, duruşu yatımları, sayılan, kalınlık, derinlikleri, ve fiziksel özellikleri.
2. Geçirimli ve geçirimsiz katmanlar
3. Kırık, ezilme kuşakları, düşey ve yanal atımlar, yanal ve düşey süreksizlikler.
4. Temel katman ve yeraltı topografyası gibi sayılabilir.

Bir arazide su aramalarında isabet; jeofizik yöntem seçeneklerine, uygulama biçimine, değerlendirme yorum bilgi ve becerisine bağlıdır. Türkiye kentleri içinde su araması yapılacak alanların %80'i 2000 m² den küçük olup, toprak çoğunlukla ya beton ya da asfaltla kaplı olduğundan elektrik yönteminin gereksediği yerle doğrudan temas olasılığı azdır. Bilgi edinme derinliği, alıcı-verici (Rx-Tx) açılımı büyüklüğüne, bağlı olduğundan, elektrik

(resistivity) ve sismik kırılma (refraction) yöntem uygulamaları zordur. Bu koşullarda derine iniş ancak alıcı-verici aralığını durağan tutarak; doğru akım elektromanyetik frekans ve zaman delgisi ve sismik yansıma ya da radar yöntemlerini uygulayarak ulaşılabilir. Ancak, Türkiye'de hertürlü yersel koşulda uygulanabilecek yöntem çoğulluğuna ulaşmış işletme sayısı azdır. Buna karşın, dar teknik olanaklarla yurttan yapılan jeofizik araştırmalar sonucu belirlenen kuyu yerlerinde isabet oranı %85-%89 dolayındadır.

Her jeofizik yöntemin duyarlı olduğu fiziksel özellik ayırdır. Uygulama biçimi ise yataklaşma biçimine ve jeolojik yapıya göre değişir. Hangi jeofizik yöntemin, yeraltısuyunun hangi

özelliğine duyarlı olduğu ve duyarlılık oranı (Çizelge 1 ve Çizelge 2) de verilmiştir.

Çizelge 1- Jeofizik Yöntemlerin Fiziksel Özellik Değişimlerine Duyarlılığı ve Amaca Göre Yöntem Seçme Kılavuzu.

	İA	SA	SD	BA	KM	KA
Doğru Akım Elektrik özdirenç (DAEÖ)	***	**	**	*	***	*
Elektromanyetik Yöntem (EM)	***	*	***	*	***	-
Yapay Uçlaşma (YU-IP)	**	*	**	*	**	**
Doğal Uçlaşma (DU - SP)	***	***	***	***	***	**
Sismik (S)	-	-	**	-	-	**
Manyetik (M)	-	-	*	-	*	-
Radioaktivite (R)	-	-	-	-	**	-
Gravite(G)	-	-	-	-	-	-
Uzaktan Algılama (UA)	**	***	**	-	***	*
Yeraltı Radarı (GPR)	***	-	***	-	***	*
IA İletkenlik Ayrılığı	KM. Kirlenme ve Mineral Ayrılığı					
SD - Su Doygunluğu	KA: Kıvam Ayrılığı					
BA Basınç Ayrılığı						

Çizelge 2- Aranan yeraltısuyu özelliğine göre en uygun jeofizik yöntem seçimi (Artan yıldız sayısı seçim önceliğini gösterir) (Ercan, 1995).

JEOFİZİK YÖNTEM TÜRÜ	YATAKLAYAN BİRİM			ÖZELLİKLER					
	Kaya Birim	Tutturulmuş Birim	Derinlikler	Doygunluk	Tuzluluk	Sıcaklık	Kalınlık/Sayı	Gözenekli	Basmç
Elektrik (E)	**		***	**	***	*	+*	+	*
Elektromanyetik (EM)	***	*	**	***	*	*	*	***	*
Doğal Uçlaşma (SP)	***	*	*	**	+	***	-	*	***
Yapay Uçlaşma (IP)	*	***	*	**	***	*	*	-	-
Sismik (S)	*	***	**	*	-	-	**	**	-
Uzaktan Algılama (IR)	**	**	-	-	-	-	-	-	-
Yeraltı Radarı (GPR)	***	**	***	***	*	-	***	-	-
Kuyu Loğu (KL)	*		***	**	***	*	***	*	*
Elektrik	*	*	***	*	***	***	**	*	***
Gamma Ray	*	*	*	-	-	-	-	+	*
Neutron	*	*		***	**	-	+	+	*
Sıcaklık	*	*		-	-	***	*		
Yoğunluk	*	*		***	*	*	*	***	
Sismik	*	*	*	***	-	-		***	**

Suyun en belirgin fiziksel özellikleri; elektrik akımı iyi iletmesi, tuzluluğu ya da kimyasal kirlilik durumunda iletkenliğin çok artması ve uçlaşma (polarizasyon) özelliği kazanması, birim hacim ağırlığının kaya birimlerine göre hafif olması, S- kesme dalga hızını düşürmesi ya da geçirmemesi, ısındığında iletkenliğinin

artması, miknatıslanmaz olması olarak sayılabilir. O nedenle, su aramalarında kullanılan çağdaş jeofizik yöntemler, önem sırasına göre; elektrik, elektromanyetik, polarizasyon, sismik, mikrogravite, manyetik, uzaktan algılama, olarak sayılabilir. Delinmiş kuyular içinde alman (yerinde-in situ) kuyu

loğlarında ise, R, SP, Gamma, Nötron, Yoğunluk, Termik ve hız loğu olarak sıralanır.

Yeryapısal özellikler olarak, jeofizik bakımdan yataklaşma ortamı kaya birimler ya da tutturulmamış birimler içinde olabilir. Yeraltısuyu kaya içinde kırık ezilme kuşaklarında tutturulmamış birimlerde yatay ya da yataya yakın duruşlu kum-çakıl ve kireçtaşı mercikleri içinde birikir. O nedenle, kaya birimlerde en uygun uygulama biçimi jeofizik kaydırma ölçümleri, en uygun yöntemler ise sırası ile, elektromanyetik (EM), doğal uçlaşma (PS), ve elektrik (DC), ve Radar (GPR) dir. Tutturulmamış birimleri üzerinde uygulama önceliği; jeofizik delgi olup, en uygun yöntemler, sırası ile; elektrik delgi, elektromanyetik delgi, sismik yansıma, SP yöntemleri olarak sıralanabilir. Yataklaşma hacimlerinin darlığı ve çizgiselliği nedeniyle, kaya içinde su aramaları merceksele ve büyük boyuttaki tutturulmamışlar içinde su aramalara göre daha zordur.

Jeofizik araştırmalar delme öncesi yerin derinliğinden bilgi getiren tek bilimsel yöntemdir. Jeofizik uygulama olarak; ucuz, çabuk ve kapsamlı yeraltı bilgileri vererek, yeraltısuyunun yerini bulmada delmenin boş çıkmaması ve alandaki en bol suya erişmesine kılavuzluk yaparak hem zaman ve hemde milli servet kaybını önler Örnek olarak 2000 m 'lik bir alanın jeofizik araştırması bugünde, biter ve maliyeti kuyu delme tutarının ancak %10 ile %20 arasındadır. Süre olarak 300 metre derine dek bilgi alma süresi birkaç saniye ile bir saat arasında değişir.

2.2. Bilimsel Yöntemler

Bilimsel bir yaklaşımdan uzak deneyim, görgü ve hislerin birleştiği gösterilerdir. Deynek, çatal, çubuk, ibre, şakul tutma gibi uğraşlardan oluşur.

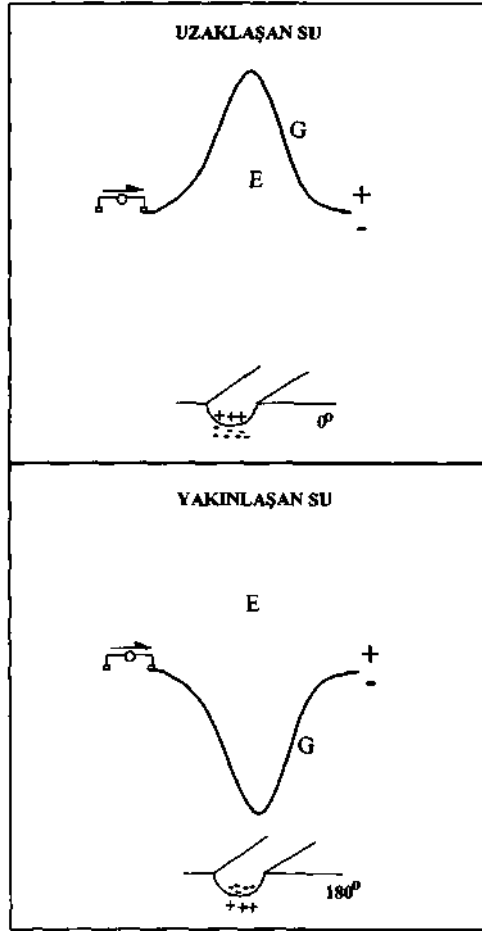
Yeraltında su tek bir nokta altında, düşey bir silindirik boyunca oluşmaz. Dünya çapında yapılan sayılamalara göre, hiç bilginiz yoksa bile bir alanda sulu kesimi bulma şansı %25'tir.

Bilinen alanlarda yapılan deneylerde çatal tutturulduğunda başarı oranı %20-%30 geçmemiştir. Oysa, o bölgedeki su yataklaşması türünü ve olası derinliğini bilen bir deneyimli yerbilimcinin arazide en uygun yeri sadece yüzey gözlemleri ile belirleme başarısı %60-%70 arasındadır. Jeofizik araştırmalar başarı oranını %85-%99'a kadar yükseltir.

Yabancı dilde Duddle bugger ya da Redyostesi diyede adlandırılan çatal-çubuk tutma işinde başarı denk geliştir. Genelde bu tür çatalcılarının sonuçları hak arasında efsanevi olarak abartılarak anlatılmakta, başarısızlıklarına değinilmemektedir. Oysa, bu tür çatalcılarının gösterište hiç su bulunmayan kuyu sayısı ve milli servet yitimi oldukça fazladır Şu da bir gerçek ki, neresi olursa olsun hemen her yere delindiğinde az çok su çıkar

Bu tür hissi ve aldatmaca uygulamalar, doğru bilgi verse idi, tüm dünyada jeofizik ve jeolojik eğitimi durdurulurdu. Ne varki, yurdumuzda bu tür bilimsel araştırmalar oranı %60 dolayında varmaktadır. Bunun nedeni, kadercilik, ucuzluk ve çabuk hizmettir.

SU AKIŞ YÖNÜNÜN DOĞAL UÇLAŞMA YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ



3. TUZLULAŞMANIN DELME ÖNCESİ BELİRLENMESİ

Bu amaçla delme öncesinde katmanların ya da jeolojik süreksizliklerin eğiminin karaya doğru, kırık-çatlak kuşaklarının doğrultularının denizi kesmesi, gözeneklilik ve geçirgenlik durumları belirlenir. Sonrasında, jeofizik yöntemlerle güzeyden ölçümler alınarak tuzlanma olasılığı, derinliği, tatlı tuzlu su dokunak eğimi, tuzlanma

derecesi ve yayılma kuşağı genişliği belirlenir. Tuzluluk yeraltısuyu elektrik özdirencini 5 ile 25 kez küçültür.

Bunun sonucu olarak delgi eğrileri Q- türü QH türü çıkar, (Ercan, 1991), Elektromanyetik değerler eksi yönde büyür, İP Yapay Uçlaşma -25, -50 ye varan polarizasyon değerlerinde eksi yönde büyümeler verir (Ercan, 1993), SP-Doğal Uçlaşma tuzlu bölgelerde eksi-tatı sulu bölgelerde artı belirti verir. Sıfır gerilim geçiş sınırını verir (Ercan, 1991). Jeofizik kuyu loğunda ise, tuzlu kuşakta özdirenci küçülür, SP eksi yönde büyür, Neutron-density büyük değerler alır, Gamma loğu küçülür, ayrıca kuyu ağzından çıkan çevrim çamuru iletkenliği artış gösterir.

4. KUYU İÇİ ELEKTRİK ÖZDİRENÇ ÖLÇÜMÜ İLE GÖZENEKLİK BULUNMASI

Yeraltı yatağı içinde birikmiş sıvı yada gazın oylumu (V), gözeneklilik (ϕ) ile doygunluk (S) ve kütle oylumu (v) çarpımına eşittir.

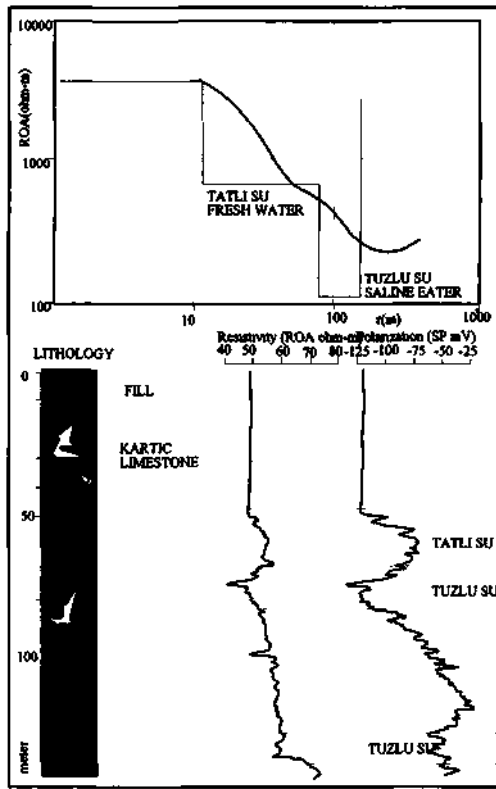
$$V = \phi \cdot S \cdot v$$

Gözeneklilik; birim oylumdaki boşluk oranıdır. Doymunluk; gözeneklerin yeraltı kaynağı ile doldurulma yüzdesidir.

Yatağın üretkenliği, kaynağın (sıvı ya da gaz) gözenekleri içinde akarlığına, bu da sıvının kıvamına ve gözeneklerin birbirleri ile bağlantısı diğer bir deyişle birimin geçirgenliğine bağlıdır.

O nedenle arama ve üretim mühendisliğinde en önemli konu, kuyu içindeki yatağın türü, kalınlığı (h), gözenekliliği (ϕ), doymunluğu (S) ve

geçirgenliliği (k) nin bilinmesidir. Bu da jeofizik kuyu loğları ile belirlenir.



Gözeneklilik; sonik, yoğunluk; nötron ve elektrik loğları, doygunluk; elektrik loğundan belirlenir. Bu amaçla Archie yasası ve jeofizik kuyu elektrik özdirenc ölçümünden yararlanır ve izleyen adımlardan geçilir.

Archie yasasına taneli bir birim RO_{ϕ} ortalama toplu özdirencine göre F;

$$ROB = a \cdot ROW \cdot \phi^{TMST}$$

Bu bağmtda a deneysel bir katsayı, m çimentolarıma, ve n doygunluk sayısıdır.

Çeşitli birimler için bu değıştirgenlerin simgesel değeri

	a	m	n -
Ortalama	0.62	2.15	2
Kum	0.81	2	
Sıkı Birimler ve Tebeşirimsi kayalar	1	2	
Sıkı ve Oolıcastic	1	2.2-2.5	
Kayalar			
Oolıcastic	1	3	

$$F = a \cdot \phi^{TMST} \quad (1)$$

ve birim içinde ise F formasyon çarpanı,

$$F = RO_{\phi} / ROW \quad \text{dir.} \quad (2)$$

$$= RO_{\phi} / ROMF$$

Eğer katman hidrokarbon içeriyorsa,

$$F = SX0^2 \cdot RO_{\phi} / ROMF \quad \text{alınır.}$$

RO_{ϕ} jeofizik kuyu loğundan, ROW ise birim içinden alman su örneğinden belirlenir. ROW için en uygun değeri, kuyu geliştirmeye alınır ve birim içinden su çekilmeğe başlanır. Bu sudan örnek alınarak deneylikte, bu suyun ROS değeri elde edilir. Bunun için en duyarlı değeri, su örnek alıcısı kullanılarak o katmanın bulunduğu derinlikten su alınır. İletkenlik ölçer ile suyun özdirenci ROW belirlenebilir.

Suyun özdirencini belirleyen NaCl içeriği ise T- suyun çıktığı sıcaklık- ROW ve EC çizelgesi kullanılarak ROW belirlenir.

Üretim öncesi bu durum kabaca çamur EC'sinden, üretim sonrası ise çıkan suyun EC'sinden kestirilebilir. T- birim sıcaklığı,

$$T = D/31^{\circ}C$$

D yatak derinliğinin metre başı yer sıcaklığı düşümü oranına bağlıdır.

$$ROX\phi = F.ROMF / 5X\phi^2$$

$$SX\phi = 1-sh$$

$$ROMF \sim ROM$$

$$SX\phi = \{F.ROMF/ROX\phi\}^{0.5}$$

Çizelge 3. 500 m'ye dek derinliği olan NaCl tuzluluğu içeren kuyularda, su yatağı içindeki suyun ROW elektrik özdirenci (Ohm-m).

EC - ppm (nS)	ROW . (ohm-m)
200.000	0.06
100.000	0.11
50.000	0.2
25.000	0.35
12.500	0.66
10.000	0.8
5.000	1.26
4.000	2
3.000	2.6
2.500	3.3
2.000	3.8
1.500	4.8
1.250	5.8
1.000	6.75
900	8
800	8.5
700	11
600	12
500	14
400	18
300	24
200	34

RO ϕ değeri için 16 inç { 162 cm) lik özdirenç kütüğünden elde edilen katman özdirenci kullanılabilir. (2) nolu bağıntıdan F bulunduktan sonra 1 nolu bağıntıya geçilir ve ϕ gözenekliliği bulunur.

$$\phi = (F/a)^{1/n}$$

$$\langle \rangle = (F/a)^m$$

a için olağan değer 0.62 ve n için 2.15 olduğuna göre ϕ gözenekliliği yaklaşık olarak

$$\langle \rangle = 1.25 F^{0.46}$$

bağıntısı ile verilir.

5. SU YATAĞININ SUYA DOYGUNLUĞU

5.1. Tatlı Su Doygunluğu (S_y)

Su yataklarında suya doygunluk yüzdesi verimin bir ölçüsüdür. Bunun için bağıntı ya da Sch. Chart Sw-2 kullanılabilir.

$$S_w = (RO\langle \rangle / ROT)^{0.5}$$

$$= (F.ROW / ROT)^{0.5}$$

$$S_w = \{ROX\phi / ROT\} / \{ROMF / ROW\}^{5/8}$$

ROT yi belirlemek için 64 inç lik {162.56 cm) elektrik özdirenç algılaması değerlendirme sonucu kullanılabilir. Bu tür bir dizilimde yanal giriş derinliği 50 cm dolayındadır. Birçok durumda bu giriş, yıkanmış bölgenin arkasına sarkar. O nedenle çamurla kirlenmemiş birimi simgeler.

ROX yukarıda anıldığı gibi 16 inç (40.6 cm) lik elektrik algılamadan belirlenebilir. Bununda bilgi getirdiği yanal genişlik 15 cm dolayındadır.

SPR değeri ise (Tek nokta direnci) çoğunlukla yıkanmış bölgenin ve çamur kekinin (R*,) direncini yansıtır.

5.2. Tuzlu Su Doygunluğu (St)

Gözenekler içerisindeki tuzlu su doygunluğu

$$S_t = 1 - S_w$$

bağıntısından bulunur.

Yıkanmış bölgedeki su doygunluğu ise $S_{x\phi}$

$$S_{x\phi} = (F \cdot ROMF / ROX\phi)^{0.5}$$

bağıntısından belirlenir. SXO çoğunlukla 0.6 ile 0.2 arasında değişir ve deneyimlere göre S_w gibi bir değere yakındır. ROM çamur elektrik özdirenci, ROX ϕ yıkanmış bölgenin elektrik özdirencidir (16 inç) den, bulunabilir.

Çamur Özdirenci (ROM) iki yolla bulunabilir.

- Çamur örneği alınıp deneylikte ROM bulunabilir.
- Duyaç çamur havuzu içine daldırılır, loğdan ölçülür
- Çamur ağırlığı bulunur. Sonra Sch. çizelgelerinden Gen. 7 kullanılarak ROM'dan RMF ve ROM elde edilir.
ROMC=1.5 ROM
ROMF= 0.75 ROM
- SP ölçülerinden belirlenir.

5.3. Petrol Doygunluğu

Petrol doygunluğu söz konusu olduğunda tuzlu ve tatlı su ayrımı yapılmadan izleyen bağıntı kullanılır.

$$Sp = 1 - Sw,$$

6. SONUÇLAR

Jeofizik ölçüler delme öncesi yeraltı kaynaklarının yerini, yatak biçimini ve yatak niteliğini belirtme bakımından önemli bir yönlendirme yapar. Delinen kuyu içinde yapılacak jeofizik ölçülerde ise gözeneklik, yatak kalınlığı, iletim, doygunluk gibi kuyu

üretimini tanımlayacak hidrolik değişirgenler belirlenebilir.

KATKI

Makalenin yazılması ve çizimlerin düzenlenmesinde yardımları geçen Jeof. Müh. Mehmet YILMAZER ve Saadet ÜLKÜ'ye araştırmayı destekleyen YERALTI ARAMACILIK Bilimsel Araştırma Kuruluşuna teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- DSİ, 1967. Türkiye Hidrojeoloji Haritası; DSİ, Ankara.
- Ercan, A. 1990. Çayırova-Yeraltısuyu araştırması; YERALTI ARAMACILIK Yayınları, İstanbul.
- Ercan, A. 1993. Darıca (Aslan Çimento) alanında Tuzluluk Araştırması. YERALTI ARAMACILIK Yayınları, İstanbul.
- Ercan, A. 1990. Silkar Robinson Club Lykia Yeraltısuyu Jeofizik Araştırması; YERALTI ARAMACILIK Yayınları, İstanbul
- Ercan, A. 1995. İstanbul'da Yeraltısuyu Aramacılığı; İstanbul Su Kongresi ve Sergisi, s.21-35
- MTA, 1964, Türkiye Jeoloji Haritası; MTA, Ankara.
- Serpen, Ü., Ercan, A., Alpkaya, E.N., 1995, Su Kuyularında Kuyu Loğu Uygulamaları; İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu.
- Serpen, U., Gülgör, A., Alpkaya, E.N., 1995, Kuyu Loğlarının Jeotermal Kuyulardaki Uygulamaları; TJOD, vol.1, no. 1, s.40-48

