

01 OCAK 2019

B. CIVGIN

GENEL JEOFİZİK

DR. BEGÜM ÇIVGIN, 2019
Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü
bkoca@eng.ankara.edu.tr

İÇİNDEKİLER

- 1- Jeofizik Nedir?
- 2- Jeofiziğin tarihçesi
- 3- Türkiye’de jeofiziğin gelişimi
- 4- Güneş sistemi ve gezegenlerin yapısı
- 5- Yerkürenin yapısı ve bileşimi
- 6- Jeofiziğin uygulama alanları
- 7- Jeofizik yöntemler
 - 7.1- Gravite
 - 7.2- Manyetik
 - 7.3- Elektrik
 - 7.4- Sismik yöntemler
 - 7.5- Sismoloji

Jeoloji – Jeofizik

Jeoloji yerkürenin doğrudan gözlemlerle araştırılmasıdır. Yüzey veya kuyu içi araştırmaları ile yerin yapısı, kompozisyonu ve tarihsel gelişimi belirlenir.

Jeofizik fiziksel olarak ulaşmanın mümkün olmadığı yerküre araştırmalarının yer yüzeyi üzerinden alınan fiziksel ölçümler ile çalışılmasıdır.

Jeofizik çalışmalar nicel ve somuttur, Jeolojik çalışmalar niteldir.

- Petrol aramalarında, petrol jeologları jeofizik veriden (sismik kayıt, kuyu logu gibi) nicel bilgi alırlar.
- Fiziksel olayları araştıran bir jeofizikçi sonuçların güvenilirliğini artırmak için jeolojik veri kullanır.
- Okyanus tabanı yayılması ve levha tektoniği hakkında bilgiye, jeofizik ve jeolojiden edinilen bilgilerin bir arada yorumlanması ile ulaşılmıştır.
- Her yerbilimci jeofizik yöntemlere aşina olmalıdır. Böylece, hangi jeolojik koşullarda hangi jeofizik yöntemin işe yarayacağını ve jeofizik yöntemlerin kısıtlamalarını bileceklerdir.
- Mevcut jeolojik bilginin, jeofizik ölçümlerin yorumlanmasında kullanılması oldukça önemlidir.

1- JEOFİZİK NEDİR?

Jeofizik kelimesinin kökeni eski Yunanca ‘Yer’ anlamına gelen ve Yerküre tanrıçasının adı olan ‘Γαία (Gaia)’ ve ‘doğa bilimi’ anlamına gelen ‘φυσική (physici)’ kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Kelime anlamı, hidrosfer ve atmosfer de dahil olmak üzere Dünya’nın fiziksel özelliklerini ve Dünya’nın diğer gök cisimleri ile olan ilişkisini inceleyen bilim dalıdır. Türk Dil Kurumu sözlüğünde ‘Yer yuvarlağını ve atmosferi etkileyen doğal fiziksel olayların incelenmesi’ şeklinde tanımlanmaktadır.

Jeofizik, kısaca, fizik metotlarının yerküre ve onu çevreleyen uzay araştırmalarına uygulanmasıdır. Yerkürenin bütün katmanlarındaki (manyetosfer, iyonosfer, atmosfer, hidrosfer, litosfer {kabuk ve katı üst manto}, astenosfer {plastik orta manto}, mezosfer {alt manto}, dış çekirdek, iç çekirdek) doğa olaylarını, bu katmanların yapılarını, doğal kaynakları ve doğal alanları yerinde ve laboratuvar ortamındaki araştırmalarla inceleyen bilim dalıdır.

Jeofizik biliminin araştırma alanları: Dünya’nın şekli, gravitasyonel ve manyetik alanları, iç yapısı ve bileşimi, dinamik yapısı ve yüzeye yansımaları (levha tektoniği, magmanın oluşumu, volkanik faaliyetler, kayaçların oluşumu) olarak sıralanabilir. Bunların yanı sıra, günümüzde modern jeofiziğin ilgilendiği diğer konular: kar ve buzulları da içeren su döngüsü, okyanuslar ve atmosferde akışkan dinamiği, iyonosfer, manyetosfer ve güneş-yerküre etkileşiminde elektrik ve manyetizma ve Ay ve diğer gezegenlerle ilgili benzer problemlerdir.

Jeofizik, yerkürenin doğal özelliklerinin zamanla değişimini incelerken aynı zamanda doğal ve yapay (kontrollü) kaynaklar kullanarak da yerkürenin özelliklerini araştırır.

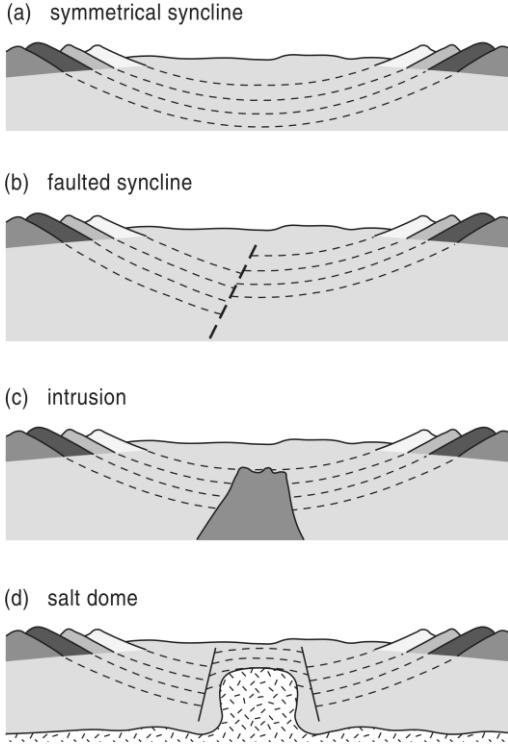
Kayaçların mikroskobik ve mikroskobik özellikleri gibi kimyasal ve fiziksel özellikleri de değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla, orijinleri, dokuları, yapıları, vs. gibi yoğunlukları, miktatsızlanma

özellikleri, öz dirençleri, vs. de değişiklik gösterir. Fiziksel özellikleri her zaman jeolojik sınıflandırmalarla uyumlu olmayabilir ve kolaylıkla jeolojik tanımlama yapılamayabilir. Bu ne anlama gelmektedir?

Yoğunluğu örnek alacak olursak, bir kayaç örneğimiz olsun ve yoğunluğu 2.60 gr/cm^3 ölçülmüş olsun. Bu değere göre kayaç örneğinin kireçtaşı, şeyl, riyolit, fonolit, andezit, granit, bir çeşit şist veya pek çok farklı kayaç türü olduğunu söylememiz mümkündür. Çok sayıdaki kayaç türü olasılığı nedeniyle fiziksel özelliklerden doğrudan jeolojik sınıflandırma yapılamaz. Bu, jeofiziğin temel problemidir fakat bu sorunun üstesinden gelmek için çeşitli yollar vardır. Yani, jeofizik, jeolojik terimlerle konuşmaz, elde edilen fiziksel parametrelerin jeolojik anlamda yorumlanması gerekmektedir. Başarılı bir yorum, yorumcunun deneyimlerine ve çalışılan ortam hakkında mevcut jeolojik ön-bilgiye bağlıdır. Örneğimize dönecek olursak, eğer bir kristalin komplekste çalışıyorsak, büyük olasılıkla sedimanter kayaçları yorum dışında tutarız ve eğer jeolojik kaynakları biraz daha araştırırsak kayacın türünü belirleyebiliriz.

Jeofizik hangi problemleri çözer ve belirli bir problemde yardımı olur mu? Jeofiziğin en büyük avantajı, doğrudan gözlem ve inceleme yapmak için ulaşmanın mümkün olmadığı üstü kapalı/gömülü yapıları görüntüleyebilmesidir. Yani, yüzeyde yapılan ölçümlerle derinlerde ne olduğunu ortaya çıkarabiliriz. Dahası, aldığımız ölçülerden yeraltının profil görüntüsünü, haritasını ve hatta 3B görüntüsünü elde edebiliriz. Bu haritalar, yüzey araştırmaları ile elde edilmiş olan jeolojik haritalarla karşılaştırılarak yorumlanır. Jeofizik çalışmaların yapılmadığı durumda, sadece yüzeyin durumunu bilebiliriz ve yüzeydeki yapıların derinlere doğru nasıl devam ettiğini sadece tahmin edebiliriz.

Şekil 1.1'deki gibi bir durum var sayalım. Yüzeypden elde edilen bir jeoloji haritasından her iki tarafında eğimli tabakalar olan sediman dolgulu bir vadi görebiliriz. Yüzeyp çalışmalarını ile derinlerde ne olduğu hakkında bir fikrimiz olamaz.



Şekil 1.1. Derinlikteki olası yapı çıkarımları (Musset and Khan 2000).

Şekilde dört olasılık gösterilmektedir. Yüzeyp jeoloji haritasını, bir hat boyunca açılmış kuyularımız yoksa bu yer için yapılarından hangisinin doğru olduğu hakkında ipucu veremez. Kuyuların açılması elbette oldukça zaman alıcı ve masraflı olacaktır. Burada jeofiziğin nasıl bir yardımı olabilir?

Yapı üzerinde jeofizik veri toplandığını varsayalım. Gravite, manyetik ve rezistivite ölçümleri alınmış olsun. Gravite yöntemi ile kayalar yoğunluklarına göre ayırt edilirler, gravitede artış gözlemlersek çevreye göre yüksek yoğunluklu kayaların varlığından söz edebiliriz. Şekil 1.1.c'deki masif intrüzyonda bu durum öz konusu olabilir. Bunun tam tersi bir durum Şekil 1.1.d'de görülmektedir. Düşük yoğunluklu tuz domununun varlığı çevre kayalara göre

daha düşük gravite okumaları ile belirlenebilecektir. Manyetik yöntemler, kayaları artan mıknatıslanma ile belirler – masif intrüzyon (Şekil 1.1.c) durumunda manyetometre verisinde artış gözlenecektir. Fay zonları genellikle düşük öz direnç gösterirler. Şekil 1.1.b veya 1.1.d, fay üzerinde düşük öz direnç gözlemleyeceğimiz durumlardır. Bu örnekteki özel durumda, jeofizik, bize kaçınılmaz olarak ihtiyaç duyduğumuz üçüncü boyutu sağlamaktadır. Tek önemli koşul, hedef yapının, çevre yapılaraya göre, bazı fiziksel özelliklerinin farklılık gösteriyor olmasıdır. Farklı malzemelerin yoğunluk, suseptibilite, öz direnç ve iletkenlik değerleri Tablo 1.1'de verilmektedir.

Tablo 1.1. Bazı kayay ve minerallerin fiziksel özellikleri (Milsom 2011).

Material	Density Mg m ⁻³	Susceptibility SI × 10 ⁶	Resistivity Ohm-m	Conductivity mS m ⁻¹
Air	0	0	8	0
Ice	0.9	-9	100 000-8	0-0.01
Fresh water	1	0	1 000 000	0.001
Seawater	1.03	0	0.2	5000
Topsoil	1.2-1.8	0.1-10	50-100	10-20
Coal	1.2-1.5	0-1000	500-2000	2-0.5
Dry sand	1.4-1.65	30-1000	1000-5000	1-0.02
Wet sand	1.95-2.05	30-1000	500-5000	0.2-2
Gravel	1.5-1.8	20-5000	100-1000	1-10
Clay	1.5-2.2	10-500	1-100	10-1000
Weathered bedrock	1.8-2.2	10-10 000	100-1000	1-10
Salt	2.1-2.4	-10	10-10 000 000	0.01-1
Shale	2.1-2.7	0-500	10-1000	1-100
Siltstone	2.1-2.6	10-1000	10-10 000	0.1-100
Sandstone	2.15-2.65	20-3000	200-8000	0.125-5
Chalk	1.9-2.1	0-1000	50-200	5-20
Limestone	2.6-2.7	10-1000	500-10 000	0.1-2
Slate	2.6-2.8	0-2000	500-500 000	0.002-2
Graphitic schist	2.5-2.7	10-1000	10-500	2-100
Quartzite	2.6-2.7	-15	500-800 000	0.00125-2
Gneiss	2.6-2.9	0-3000	100-1 000 000	0.001-10
Greenstone	2.7-3.1	500-10 000	500-200 000	0.005-2
Serpentinite	2.5-2.6	2000-100 000	10-10 000	0.1-100
Granulite	2.7-2.9	100-5000	500-1 000 000	0.001-2
Granite	2.5-2.7	20-5000	200-1 000 000	0.001-5
Rhyolite	2.5-2.7	100-5000	1000-1 000 000	0.001-1
Basalt	2.7-3.1	500-100 000	200-100 000	0.01-5
Dolerite	2.8-3.1	500-100 000	100-100 000	0.01-10
Gabbro	2.7-3.3	100-10 000	1000-1 000 000	0.001-1
Peridotite	3.1-3.4	10-10 000	100-100 000	0.01-10
Pyrite	4.9-5.0	100-5000	0.01-100	10-1 000 000
Pyrrhotite	4.4-4.7	1000-50 000	0.001-0.01	1 000 000-10 000 000
Sphalerite	3.8-4.2	10-100	1000-1 000 000	0.001-1
Galena	7.3-7.7	10-500	0.001-100	10-10 000 000
Chalcopyrite	4.1-4.3	100-5000	0.005-0.1	10 000-200 000
Chromite	4.5-4.7	750-50 000	0.1-1000	1-10 000
Hematite	5.0-5.1	100-1000	0.01-1 000 000	0.001-100 000
Magnetite	5.1-5.3	10 000-10 000 000	0.01-1000	0.001-1
Cassiterite	7.0-7.2	10-500	0.001-10 000	0.1-10 000 000

2- JEOFİZİĞİN TARİHÇESİ

Jeofiziğin tarihsel gelişimini iki ana motive edici güç yönlendirmiştir. Bunlardan birincisi, insanlığın bilimsel anlamda Yeryuvarını araştırma merakıdır. İkincisi ise ekonomik ve ticari olarak petrol, madenler, su kaynakları gibi yerküre kaynaklarından yarar sağlama ve deprem, yanardağ, tsunami, sel gibi doğal afetlerden korunma çabasıdır.

MÖ 240'da Eratosthenes, Mısırda birden fazla enlemde güneşin açısını ve trigonometriyi kullanarak Dünya'nın çevresini hesaplamıştır. Aristotle'ın Meteorology (MÖ 340), Strabo'nun Geographica (MÖ 7) ve Pliny the Elder'ın Naturalis Historia (MS 77) kitaplarında depremlerle ilgili bilgiler mevcuttur. Aristotle (MÖ 384 – 322) ve Strabo (MÖ 64 – MS 24) gel-git gözlemlerini kaydetmişlerdir. Volkanların ilk tanımı Yunan filozof Empedocles (MÖ 490 - 430) tarafından yapılmıştır. Dünya'nın, toprak, hava, ateş ve su olmak üzere dört temel kuvvetin etkisinde olduğunu varsayan Empedocles volkanları, doğal ateşin açığa çıkması şeklinde tanımlamıştır. Rüzgar ve depremler, volkanların tanımlanmasında önemli bir rol oynayacaktır. Lucretius (MÖ 99 – 55), Etna Yanardağının içinin boş olduğunu ve yeraltının ateşlerinin deniz seviyesindeki rüzgarlar sayesinde yeryüzüne çıktığını iddia etmiştir. Pliny the Elder (MS 23 – 79), volkanik patlamadan önce depremler olduğunu kaydetmiştir.

Modern jeofiziğin ilk deneysel adımı Gilbert'in, De Magnete (1600) adlı kitabında kaleme aldığı, yerkürenin büyük ve düzensiz bir mıknatıs gibi davrandığını savunan buluşu ile atılmıştır. Bu buluşu, Newton'un yerçekimi teorisi izlemiştir, Principia (1687) adlı eserinde ayrıca jeofiziğin birçok konusuna değinmiştir. Newton, Yerküreyi tutan kuvvetin gravite kuvveti olduğu ve merkezkaç kuvvetinin bir sonucu olarak, dünyanın çapının ekvatorunda, kutuplardakinden 1/229 kat daha fazla olması gerektiğini belirtmiştir. Fransız jeodezik araştırma grubunun Akdeniz kıyılarından, Manş

Denizi Adalarının kıyılarına kadar olan araştırması sonucunda 1718 yılında Jacques Cassini (1677-1756), Newton'un tahminlerinin aksine dünyanın şeklinin yumurta gibi (elipsoid) olduğunu açıklamıştır. 1735 yılında üç Fransız matematikçi Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698 -1759), Pierre Bouguer (1698 – 1758) ve Alexis-Claude Clairaut (1713 – 765) Peru ve Lapland'daki enlemlerin derecelerini hesaplamak, karşılaştırmak ve Yer'in esas şeklini bulabilmek için araştırmalarda bulunmuşlardır. Araştırmanın sonucu, Newton'un dediklerini doğrulamıştır. Yani Yerküre'nin kutuplardan basık olduğu kabul edilmiştir. Maupertuis, Bouger ve Clairaut, çalışmaları sırasında Yer'in çekim kuvveti konusunda da uzmanlaşmışlardır. Clairaut gravitenin enlemle değişimi arasındaki ilişkiyi saptamış ve Bouguer'de Peru'da ki araştırmasında yüzeye yakın kayaçlarının yoğunluğunun gravite ve yükseklik üzerindeki etkisini keşfetmiştir. 1744 yılında İngiliz astronom Nevil Maskelyne (1732 – 1811) iki nokta arasındaki en kısa mesafeyi, gökyüzündeki sabit yıldızları referans alarak ölçmüştür. İskoçya'da izole edilmiş Schiehallion dağının her iki yanında konumlanmış iki çekül doğrultusunda düşeyden uzaklığı ölçmüştür. Bunların bağıl gravitasyonel çekiminden dolayı, Maskelyne Yer'in ortalama yoğunluğunun, ölçüm yaptığı dağın ortalama yoğunluğunun iki katı olduğunu söylemiştir. Daha duyarlı bir belirleme, ağırlıkları bilinen iki kütle arasındaki çekimin hassas olarak ölçülmesinden yola çıkarak Newton'un 'yerçekimi sabiti'ni ölçen Henry Cavendish (1731-1810) tarafından XVIII. Yüzyılın sonlarında yapılmıştır. Cavendish, Yer'in ortalama yoğunluğunun, suyuni 5,48 katı olduğunu ve bu değerini yeryüzünde bulunan kayaçların ortalama yoğunluğunun neredeyse iki katı olduğunu bulmuştur. Kaşif, iklim bilimci, coğrafyacı ve hatta jeofizikçi Baron Friedrich Von Humboldt (1769-1859)'un kişisel girişimleri sonucu, 1830'lu yıllarda