

YERALTI JEOLJİSİ LABORATUAR YÖNTEMLERİ

Bu bölümde daha çok petrol aramalarında büyük önemi olan ve laboratuarlarda yapılabilen analiz veya tayin yöntemlerine değinilecektir. Bu analizlerin tümünü bir laboratuarda yapma imkanı her zaman mümkün olmayabilir. Özel analizler için gerekli olan bazı aletler çok pahalı olduğu için bu tür analizler ilgili laboratuarlarda yaptırılabilir. Hidrokarbon aramalarına yönelik kaynak kaya analizleri; piroliz (rock-eval analizleri), gaz kromatografi (GC), gaz-kütle spektrometre (GC-MS) ve diğerleri, hazne kaya analizleri de taramalı elektron mikroskop (SEM) ile yapılır. Bu bölümde özellikle petrol hazne kaya ilgili analizlere değinilecektir. Yapılacak analizler şöyle sıralanabilir.

- 1. Kuyu örneklerinin tayini ve özelliklerinin bulunması.**
- 2. Detritik mineral analizi.**
- 3. Ağır Mineral Analizleri**
- 4. Erimeyen Kalıntı Analizleri**
- 5. Renk Analizi**
- 6. Su Analizi**
- 7. X-ışını ve Diferansiyel Termik analizler**
- 8. Flüoro-Analizi**
- 9. Elektron Mikroskopla Yapılan Tayinler**
- 10. Karot Analizi**
- 11. Mikropaleontolojik Tayinler**

1. Kuyu örneklerinin tayini ve özelliklerinin bulunması

Bu incelemeler binoküler, optik ve elektron mikroskoplarla yapılır. Kuyu örnekleri tayin edilirken daima bir sıra takip edilmeli ve bu sıra hiç değiştirilmemelidir. Örneklerin tayininde şu sıra izlenmelidir:

- Litolojinin tespiti (kumtaşı, şeyl, kalker gibi)
- Renk
- Taşın yapısı ve gözenekliliği (porozite); tane büyüklüğü, değişik kumtaşlarının belirlenmesi, şeyllerde tabakalanma ve sertleşme dereceleri, taşın ara maddesini (matriks) oluşturan maddenin yapısı ve karakteri, karbonatlı taşlarda porozitenin ne şekilde olduğu gibi.
- Çimento (kalkerli, silisli, killi gibi)
- Aksesuar (tali) mineraller,
- Fosiller,
- Hidrokarbon emareleri; aynı zamanda karbon tetraklorür ile yapılan kesme (cut) tecrübesi ve kesme floresansı'nın tahmini.

Bunlardan başka her örnek parçasını 1/10 luk HCl asit ile yoklamak lazımdır. Taş üzerinde meydana gelecek olan köpürmenin az veya çok oluşuna göre, o taşın içinde kalker veya dolomit mevcut olup olmadığı tahmin edilebilir. Asitle işlem yapıldıktan sonra, asitle erimeyen kalıntının incelenmesi de bazen değerli bilgiler verebilir. Özellikle killi kalker veya dolomitlerde kil ile ağır mineralleri, jips ve çörtü bu yoldan tayin etmek mümkündür.

Asit ile işlem gören örnekte eğer bir miktar petrol varsa, bu taktirde taşın köpükleri daha büyük kabarcıklı olurlar. Gerçi bu metod ancak yaklaşık olarak petrol emaresini gösterse de oldukça faydalıdır.

Bir örneğin incelenmesi sırasında yapılan gözlemlerin en önemlilerinden biri de gözenek (porozite) varlığının tespiti. Eğer örnekte porozite tespit edilmişse, mutlaka porozitenin tarifi çok iyi yapılmalı ve ister gözle görülsün, isterse görülmesin porozitesi olan her örnek için CCl_4 ile “kesme tecrübesi” yapılmalıdır.

2. Detritik mineral analizi

Kuyu karot ve kırıntı örneklerinin petrografik ve mineralojik etüdünü yapmak için kullanılan metodlara genel olarak **detritik mineral analizi** adı verilir. Mineralojik etütleri hem **makroskopik** hem de **mikroskopik** olarak tayin etmek gerekir. Bunlara ek olarak basit kimyasal analizlerden ve diğer fiziksel testlerden de faydalanmak mümkündür.

Kuyu örneklerinin mineralojik tayini yapılırken bazı özelliklerin bilinmesinde ve bunların gerektirdiği bir veya birkaç metodun birden uygulanmasına ihtiyaç olabilir. Her zaman ve her yerde aynı metodu kullanmak mümkün olmayabilir, veya aynı metotla başka başka yerlerde değişik sonuçlar elde edilebilir. Mesela **incelenecek örneğin hangi sondaj yoluyla elde edildiğinin önemi büyüktür**. Rotary ve darbeli sondaj örnekleri başka başka olabileceği gibi, karot ile elde edilen örnekler tamamen farklı bir karakter taşıyabilir.

Genelde binoküler ile yapılacak mineral tayinleri yeterli olabilir. Bir veya birkaç tayin veyahutta bir seri tayinler yapmak amaca uygun olabilir. Bu gibi durumlarda başka metotlara başvurup zaman ve para sarf etmek gereksizdir. Çünkü basit birkaç tayinle gerekli korelasyonu yapmak mümkün olabilir. Ancak bu basit tayinlerin yetmediği yerde, basitten ve kolayından başlamak üzere, daha fazla zaman ve para isteyen diğer metotlara yönelmek lazımdır.

Çeşitli kuyu örnekleri ve özellikleri:

Yukarda da sözü edildiği gibi kuyulardan elde edilen örnekler **rotary, darbeli sondaj** veya **karot alma** yoluyla elde edilebilir. Her üç şekilde de elde edilen örneklerin kendilerine göre bazı özellikleri olup, bunları bilmekte fayda vardır.

Rotary sondaj:

Rotary sondajında, çelik bir matkap aşağıya doğru itilir ve aşındırma yoluyla örnek elde edilir. Sondaj çamurunun devir yapması ile de, tabanda kesilen taş parçaları yüzeye çıkar. Yeryüzündeki sallayıcı (shaker) tabla üzerinde çamurdan ayrılan parçalar belli aralıklarla alınarak tayine yollanır.

Bu yöntemle elde edilen kırıntı örneklerinin şu özellikleri vardır ve bu özellikleri dolayısıyla da her zaman iyi sonuç alınmaz., sınırlı olarak fayda sağlar:

- Çimento maddesi az veya hiç olmayan, killi veya şeylli tabaka kırıntıları sondaj çamuru içinde parçalanır. Hatta kısmen de çamurun içine karışır. Bu durumda yüzeyde elde olunan örnek, esas tabandaki kayacı temsil etmeyebilir. Bu sakıncayı önlemek için bazan sondaj çamuru ile gelen kırıntılar başka bir kap içinde toplanır, iyice çökeldikten sonra çamur yıkanarak geriye örnek bırakılır.
- Genelde rotary ile açılan kuyularda çelik boru konması (casing) sondaj tamamlandıktan sonra yapılır. Bu durumda yukarı tabakalardan göçük olma olasılığı yüksektir. Özellikle çamurun özelliği iyi kontrol edilmezse göçük olayı çok sık olur.

- Küçük ve büyük parçalarla, yoğunluğu değişik olan parçalar yukarıya ayrı ayrı hızlarla taşınacaklarından, çeşitli seviyelere ait kayaç örneklerinin bir arada karışık olarak yüzeye çıkması mümkündür.

- Matkapla kesilen parçaların yüzeye kadar çıkmaları için belirli bir zamanın geçmesi gereklidir. Derinlik kontrolü ve doğrulaması yapılmayan kuyularda örneğin hangi gerçek derinlikten geldiğini tespit etmek çok güçtür.

Matkap kırıntıları genel olarak 9 mm den küçük taneler halinde yüzeye çıkar. Bu da kayacın tayininde bazı özelliklerin tam olarak belirlenmesinde büyük engel olabilir.

Darbeli sondaj yoluyla elde edilen örnekler, bir çelik halata bağlı ağırlığın kaldırılıp bırakılması sonucunda tabanda toplanır ve daha sonra kaşıkla (bailer) yukarıya çıkarılır. Her seferinde yaklaşık 1 veya 1,5 metrelik bir taş kalınlığı delindikten sonra örnek kaşıkla yukarıya çıkarılır. **Darbeli sondaj örneklerinin aşağıdaki özellikleri nedeniyle yararlanma olanakları sınırlıdır.**

- Genel olarak her darbeli sondajda üst seviyelerden göçen parçalar bulunur. Özellikle kesici ağırlığın inip çıkması sırasında tabandan başlayarak yukarıya doğru 2-3 metrelik tabakaların kırıntıları örneklerle karışır. Ancak buna rağmen darbeli sondajda elde edilen örnekler, **rotary sondajla elde edilen örneklerden daha iyi olup, esas tabakayı daha iyi temsil ederler.**

- Sondaj kablosunun uzaması ile, sondaj derinliklerinin 5-6 metreden fazla yanlış olması mümkündür. Ara sıra çelik boru sarkıtılarak ölçme yaparak bu hatayı düzeltmek mümkündür.

- Örnekler genel olarak 9 mm den küçüktürler.
- Çelik boru döşenmiş kuyularda elektrik logu alma imkanı olmadığı için, örnek etütleri için yardımcı bir metot yoktur.
- Darbeli sondajı yapan sondörler genel olarak rotary sondörleri gibi dikkatli olmazlarsa, örneklerin çıkarılmasında ve korunmasında birçok hatalar işlenebilir.

Karot, rotary ve darbeli sondajlardan veya özel karot alma aletlerinden yararlanılarak elde edilir. **Karot almanın sakıncaları şunlardır.**

- Yüksek maliyet,
- Zayıf ve eriyebilen örnek parçalarının karotla birlikte gelmemesi,
- Karotların korunması ve nakliyesi.



Elde edilen karot veya kırıntı örnekleri incelenirken hem gözle hemde binoküler mikroskop veya optik mikroskopla çalışmak gerekebilir. **Bu örneklerle yapılabilecek analizler şunlardır:**

- Kimyasal değişimler,
- Petrografik bulgular (kantitatif)
- Tane boyu analizleri,
- Boylanma,
- Yuvarlaklık,
- Taneler arası dokanak türü,
- Kumtaşları ve kireçtaşlarında değişim özellikleri ve değişim mineralleri,
- Gözeneklilik tipleri,
- Sedimanter yapılar,
- Hidrokarbon emareleri,
- Kırıntı ve karot örneklerinin makroskopik özellikleri
- Porozite

3. Ağır Mineral Analizleri

Yoğunlukları (özellik ağırlık) 2,86-2,96 arasında olan minerallere ağır mineral denir. Az miktarda bütün kumlar ve kumlu kalkerler içinde bulunurlar. Ağır mineraller içinde en çok görünenler **turmalin, zirkon, granat, staurolit, çeşitli piroksen, ve amfibollerdir**. Farklı yoğunluklara sahip ağır mineralleri farklı yoğunluktaki sıvıları kullanarak ayırmak mümkündür. Ayrılan ağır minerallerden ince kesitler yaptırılarak her bir mineral optik ve mineralojik özelliklerine göre tayin edilebilir.

Ağır mineralleri stratigrafik birimlerin korelasyonunda ve tanınmasında kılavuz olarak kullanmak mümkündür. Ayrıca yapılan analizlerle kayacın kaynak alanları da belirlenmiş olur.

- Benzer minerallerin boyutları arasında büyük farklılık bunların kaynaklarının farklı olduğunu gösterir
- Bir sediman içindeki ağır minerallerin çeşitleri bunların hangi kökenden geldiğini gösterir. Mesela: Andaluzit, staurolit ve sillimanit mineralleri metamorfik kökeni gösterir. İlmenit, zirkon, rutil, apatit, olivin, titanit ve bazı turmalinler olası bir magmatik kökeni gösterir.
- Çok yuvarlanmış herhangi bir ağır mineral, sedimanter kökeni gösterir.

4. Erimeyen Kalıntı Analizleri

Örnekleri asitlerle (HCl , H_2SO_4) muameleye tabi tuttukdan sonra erimeyerek geride kalan kayaç kırıntılarına verilen analiz çeşididir. Erimeyen artıklar içinde kil, pirit, jips, anhidrit, ve glokoni gibi maddelerde varsa da daha ziyade kuvars, kalsedon, silis, çeşitli kuvarslar ve bir de alüminyumlu maddeler önemlidir. Bu analizlerde % 10 - % 15 lik asitler kullanılır. Uygulama esnasında deneyin ısıtılması reaksiyonu hızlandırır. Kalıntılar arasında en diagnostik olanı çört tür. Dokusu, rengi, saydamlığı, parlaklığı ve kristalleşme derecesi gibi özellikler çörtleri birbirinden ayırmağa ve dolayısıyla korelasyona yarar.

5. Renk Analizi

Bu tür analizler çeşitli sıvılar yardımıyla parlatılmış taş yüzeyi veya ince kesit yüzeylerinde uygulanabilir. Özellikle karbonatlı kayaçları oluşturan mineraller ve feldspat çeşitleri için geliştirilmiş sıvılar mevcuttur. Bu sıvılar yardımıyla kayaç içindeki mineral çeşidi ve yoğunluğu tespit edilebilir.

Kalsit ile Aragonit'in ayrılması: Parlatılmış taş yüzü veya ince kesit 20 dakika süre ile kaynayan kobaltnitrat solüsyonu içine sokulur ve meydana gelen renk incelenir.

Aragonit: başlangıçta açık pembe, sonraları menekşe rengini alır

Kalsit: aynı renkleri saatler sonra alır.

Kalsit ve aragonit taneleri birbirine karışmış ise, oluşan renkler (lekeler) etrafa taşacağı için bunları ayırmak güç olur. Bu taktirde, kobaltnitrat ile işlem görmüş aragonit amonyum sülfür içine batırılırsa, tanelerin siyah kobaltsülfür ile kaplandığı görülür.

6. Su Analizi

Sondaj yapılan bölgelerde veya petrol ve gaz üretilen sahalarda çıkan suların analizi ve korelasyonu ile petrol aramalarına ve üretimine büyük yararlar sağlanabileceği bilinmektedir.

Kapanlar içinde birikmiş olan petrole beraber bir miktar su da bulunur. Bilhassa yoğunluk farkı nedeniyle en alttan başlayarak yüzeye doğru su/petrol/gaz dizilimi oluşur. Bu sular tuzlu olup yüzey sularından farklıdır. Aynı bir petrol düzeyinin veya zonunun suları, bazen geniş alanlar içinde farklılık göstermez. Su çeşitlerinin saptanması ve korelasyonu etütlerde çok yararlı olur. Bilhassa ilerde açılacak kuyularda aynı tip sulara erişilebilecek derinlikler tahmin edilerek yeni petrol birikim alanları belirlenebilir.

7. X-ışını ve Diferansiyel Termik analizler

Bu analizler gerek kayalara gerekse de kil minerallerine uygulanabilir. Bilhassa kil mineralleri çok iyi kantitatif neticeler verir. Bunların yapılması masraflıdır ve yorumlanması özel bilgi gerektirir. Bu tür analizler için geliştirilmiş modern cihazlar mevcuttur. Kil minerallerinin tayini petrol jeolojisi için özel bir önem ve anlam taşır.

Kil mineralleri, çökeltme ortamlarının belirlenmesi ve organik maddenin yoğunluk derecesinin bulunmasında yardımcı olurlar. Petrol hazne kayacının gözeneklerinde gelişen ve olumsuz etkileri olan ikincil kil minerali oluşumları da bu yöntemle belirlenebilir. Ayrıca kil mineralleri korelasyon aracı olarak kullanılabilir. Bu da stratigrafik amaçlı araştırmalar için kullanılabilir.

8. Flüoro-Analizi

Işık enerjisi etkisinde kalan cisimler iki çeşit ışın yayarlar. Bunlardan birincisi **flüoresans** diğeri ise **fosforesans**dır. Fosforesans ışık yayan cisimler ışık kaynağı etkisi ortadan kalktıktan sonra ışık vermeye devam ederler.

Petrolün flüoresans özelliği de çok eskiden beri bilinmektedir. Yüzeye çıkartılan petrol ışık etkisi altında yeşilimsi bir renk verir. Eğer ışık içinden geçerse renk kırmızımsı olur. Bu renklerde biraz değişiklikler görülebilir. Fakat aynı bölgenin petrolleri aynı renkleri gösterirler.

Ultraviyole ışınları, bu amaçla karanlık bir odada ultraviyole ışın saçan bir kuvars lambası kanalıyla bu örnekler üzerine gönderilir. Fakat örneklerin daha önceden organik çözücülerle analiz edilmesi gerekir. Bu yolla örnekler içinde petrol olup olmadığı anlaşılır.

Ultraviyole ışınları sayesinde örnekler içinde mevcut olan çok az miktardaki petrol dahi tespit edilebilir. Burada esas prensip hidrokarbonların organik çözücülerle muamelesi, çözülmesi ve ultraviyole ışın altında renk vermesi prensibine dayanır.

Bu yolla flüoresans mikroskopları da geliştirilmiştir. Bu yöntemlerle tespit edilen petrol emareleri için bir kuyuya ait olmak üzere Flüorologlar hazırlanabilir. Bu şekilde petrol konsantrasyonları belirli bir sınırın üstüne çıkan yerler tespit edilerek petrollü zonun bulunmasına çalışılır. Kuyular için hazırlanan Flüorologlar yüzeyden petrollü zona doğru gittikçe artan oranlarda petrol gösterirler. Bu petrol konsantrasyonunun artışı üretim kapasitesi hakkında da bilgi verir.

Arazide uygulanan bir diğerk yöntemde örnekler kırılıp toz haline getirildikten sonra bir tûp içine alınır ve üzerine kloroform veya karbontetraklorûr (CCl₄) ilave edilir. Eğer örneklerde petrol veya petrol artığı varsa organik çözücüler vasıtasıyla çözülür ve koyu siyah bir renk verir.

Laboratuarlarda kayaç içinde bulunan petrol soksolet cihazı yardımıyla damıtılır ve elde edilen ürün modern organik jeokimyasal analizlere tabi tutulur. Bu yolla da örnekler içindeki petrol miktarı ve bileşimi bulunabilir.

9. Elektron Mikroskopla Yapılan Tayinler

Elektron mikroskobu çok iyi geliştirilmiş bir mikroskop olup çok pahalıdır. Büyütmesi normal mikroskobun büyütme kapasitesinden çok daha fazla olup 100.000 defaya kadar varabilir. Elektron mikroskobu yardımıyla çok küçük taneler, yani atom boyutundaki taneler incelenebilir. Bu nedenle bilhassa kil minerallerinin yapısı ve tayini için çok ideal bir araçtır.

10. Karot Analizi

Hidrokarbonların aranması, işletilmesi ve rezerv hesaplarında karotlar çok önemlidir. Karot analiz sonuçları birimin üretim kapasitesi hakkında bilgi verdiği gibi, formasyonun yapıdaki yeri ve kaya cinsinin belirlenmesinde de önemli yararları vardır. Petrol hazne kaya analizlerinin yapılması ve değerlendirilmesinde karot analizlerinin önemi büyüktür. Karotlar genellikle kumlu ve karbonatlı birimlerden alınır. Çünkü bu kaya türleri petrol hazne kayaları olarak en ideal olanlarıdır. **Karot analizi denince aklımıza aşağıdaki analiz türleri gelmelidir:**

- Gözeneklilik,
- Geçirgenlik,
- Kılcallık,
- Satürasyon (petrol, gaz ve su doygunluğu),
- Tane boyu,
- Yuvarlaklık-Tane tane ilişkisi,
- Boylanma,
- Litolojik özelliklerin belirlenmesi,
- Değişim özelliklerinin belirlenmesi,
- Gözeneklilik tipleri,
- Sedimentolojik özellikler,
- Fosil kapsamı, HCl emarelerinin tayini.

11. Mikropaleontolojik Tayinler

Kuyu korelasyonlarda kullanılan en emin yöntemlerden biridir. Fosillerin belirli yaşları göstermeleri ve bunlar içinde yaşadıkları sonra yok olmaları, tabaka ve formasyonların karşılaştırma ve korelasyonunda çok büyük rol oynarlar. Hatta paleontolojik veya mikropaleontolojik yollardan doğru bir korelasyon yapmak mümkün olursa, aynı amaç için kullanılan diğer bütün yöntemlerden vazgeçilebilir. Ancak paleontolojik veriler bulunmadığı veya yeterli olmadığı durumlarda diğer tayinlere başvurulur. Mikrofosillerin korelasyondaki yerleri çok önemlidir. Çünkü bunları Prekambriyenden başlayarak günümüze kadar her türlü sedimanter kayaç içinde bulmak mümkündür. Mikrofosiller sayesinde formasyonları değişik zonlara bölmek ve detaylı olarak etüt etmek mümkün olmaktadır.

Mikrofosilleri etüt etmek için bunların şekillerini, grup halinde yaşayışlarını ve organizmalarını tanımak gerekir. Binlerce çeşit mikrofosil olduğuna göre, bunların etüdü ve bu sayede korelasyon yapılabilmesi paleontologların en önemli vazifesidir. Nitekim kuyu mühendislerinin yaptığı korelasyon paleontologlardan gelen tayin raporlarına dayanır. Böyle bir raporda, örnek içindeki mikrofosillerin isimlerinin tayini ile yetinilmez ayrıca bu fosillerin sığ-su, deniz gibi ortamlardan hangisinde yaşamış olduğu da belirtilir. Bu sayede etüdü yapılan sedimanların hangi ortamlarda ve hangi koşullarda depolandıkları, petrol bakımından ümitli olup olmadıkları tahmin edilebilir.

Üç türlü mikrofosil mevcuttur: 1) Hayvan mikrofosilleri, 2) Bitki mikrofosilleri, 3) Kökeni belli olmayan mikrofosiller.

En fazla görülen hayvan mikrofosilleri arasında:

- Foraminiferler:** Küçük, tek hücreli hayvanlar, çoğunun kireç yapılı kabukları vardır (0.01-10 mm).
- Radiolarialar:** Sferoid, yıldızlı veya çan şeklinde hayvancıklar olup çoğunun silisli veya stronsiyum sulfatlı kabukları vardır (0.1-0.5 mm),
- Ostrakotlar:** Küçük çift kabuklu, özellikle denizel olmayan tabakalar içinde bulunur (0.2-2 mm).
- Konodontlar.** Diş biçiminde fosiller olup özellikle Paleozoik yaşlı kayalarda bulunur (1-2 mm).

En çok işe yarayan bitkisel fosiller:

- Kokolitler:** Özellikle Mezozoik yaşlı kayalar içinde görülen tabak şekilli planktonlardır.
- Şarofitler (Charophytes):** Devoniyenden günümüze kadar gelen alg cinsi fosillerdir.
- Diatomlar:** Silisli hücre çeperine sahip, alg cinsinden ve iki tane üst üste gelmiş parçadan ibaret fosil (0.1-0.15 mm).
- Spor ve polenler:** Bitkilere ait sporlar ve polenlerdir. Kitinli maddeden yapıldırlar.

Yukarda sayılan mikrofosiller içinde en faydalı olanlar foraminiferlerdir. Ancak spor ve polenler son zamanlarda daha faydalı olmaya başlamıştır. Çünkü foraminiferler sadece deniz sedimanlarında bulunurken, spor ve polenler hem denizde hemde karada meydana gelmiş formasyonlar içinde bulunabilmektedir. Bunlar rüzgar ve böceklerin yardımıyla çok uzaklara taşınabilmektedir. Bu nedenle korelasyon için büyük kolaylık sağlarlar.

