


Havalı Sondaj Sistemleri (Air Drilling Systems)

■ Havalı Rotary Sondaj (Air Rotary Drilling)

- Sondaj kesintileri tek başına hava aracılığıyla kuyu deliğinden uzaklaştırılır. Büyük bir komprösör kelly`nin üst kısmına yada tije bağlı olan firdöndü hortumuna havayı aktarır. Sondaj borusundan (tij) aşağıda doğru basınçla basılan hava, sondaj matkabının tabanındaki küçük açıklıklardan kaçır, sonucunda kesintileri havaya kaldırır ve matkabın soğumasını sağlar. Kuyu deliğinin üst kısmından atılan kesintiler, delik çevarında birikir.
- Hava sistemine az miktarlarda su yada surfaktant ilavesi toz oluşumunu kontrol eder ve havanın sıcaklığını azaltarak firdöndüyü soğutur.

Havalı Rotary Sondaj (Air Rotary Drilling)

- 
- Havalı sondaj sadece yarı konsolide yada konsolide olmuş malzemelerde uygulanır. Bu nedenle, konsolide olmuş ve olmamış formasyonlarda havalı sondajı başarıyla uygulayabilmek için; havalı rotary sondaj makinasında yüksek kapasiteli hava komprosörünü ek olarak sık sık çamur pompası eklenir.
 - Geleneksel su tabanlı sondaj sıvıları, anakayayı (yada daha konsolide olmuş formasyonları) üzerleyen mağara oluşturu formasyonlar içerisinde uygulanır. Hava ise ana kayaya ulaştıktan sonra uygulanır.
 - Dolayısıyla, sondörler formasyonların farklı fiziksel özelliklerine göre ayarlanabilecek değişik sondaj teknolojileri kullanırlar. Çoğu durumda, hava sirkülasyonuna değiştirildikten sonra, kuyu deliği duvarında ileri derecede erezyon yada mağara oluşumundan sakınmak için anakayayı örten malzeme içerisine muhafaza borusu yerleştirilir.

Havalı Rotary Sondaj (Air Rotary Drilling)

- Sondaj kesintileri yeterince küçük parçalara öğütülerek uzaklaştırılır.
- Havanın borudaki hızı kesintileri yeryüzeyine çıkartaçak seviyede olmalıdır.
- Havanın kaldırma kapasitesi, havaya çok küçük miktarlarda surfaktant ve su solüsyonu eklenerek artırılabilir. Daha iri kesinitler dolayısıyla uzaklaştırılabilir, sonuçunda sondajın ilerleme hızı artar.

Havalı Rotary Sondaj (Air Rotary Drilling)

- Sondaj sıvısı kullanan rotary sondajlardakine benzer Konili kayaç matkapları, havalı rotary sondajlardada kullanılabilir.
- Trikon kayaç matkapları (12 inç) yaygın olarak kullanılır. Daha büyük boyutlularıda mevcuttur.
- Button matkaplar da (çelik konin çevresine yerleştirilmiş tungsten karbid geçmelerinden yapılan) başarıyla bir çok alanda kullanılmaktadır.



Havalı Rotary Sondaj (Air Rotary Drilling)

- Değişik boyutlu matkaplar kullanarak yapılan bir çok sondajda; havalı rotary sondajın ilerleme oranı su tabanlı rotary sondaja göre daha fazladır ve matkabın ömrüde daha uzundur.
- Sondaj sırasında çok fazla miktarlarda su kuyu deliği içerisine gelirse, havalı sondajın ilerleme hızı, su tabanlı sondajın ilerleme hızında daha iyi olmaz.
- Hava ayrıca matkap yatağını soğutur ve temizler ve yatağın oksidasyonuna sebep olur. Okside olmuş malzeme daha sonra yağlayıcı madde olur. Diğer taraftan, su tabanlı sondaj sıvıları çoğunlukla aşındırıcıdır ve matkap yatağının yıpranmasına neden olur.

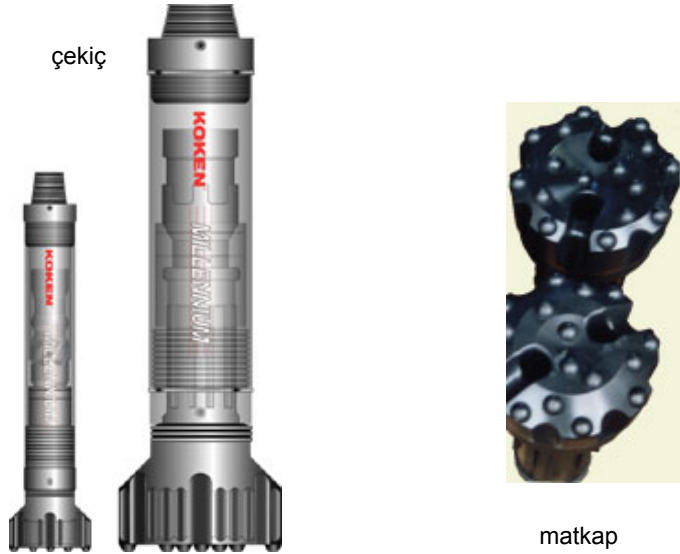
Havalı Rotary Sondaj (Air Rotary Drilling)

- Havalı sondaj metodu kullanmanın avantajları
 - Sondaj kesinitlerinin uzaklaştırılması oldukça hızlıdır.
 - Akifer sondaj sıvıları ile tıkanmaz.
 - Çamur pompaları için bakım masrafı yoktur (çamur pompaları havalı sondajlarda kullanılmaz)
 - Matkap ömrü uzatılır
 - Sondaj işlemi oldukça soğuk havalardan olumsuz etkilenmez.
 - Penetrasyon oranları yüksektir, özellikle dolomit yada bazalt gibi dayanıklı kayalarda "down-the-hole" metodu ile.
 - Belirli bir formasyonda sondajın randımanı tahmin edilebilir.
- Havalı sondaj metodu kullanmanın dezavantajları
 - Uygulanışı, yarı konsolide olmuş ve iyi konsolide olmuş malzemelerle sınırlıdır.
 - Büyük hava komprösörünün başlangıçtaki maliyeti ve bakımı yüksektir.

Havalı Rotary Sondaj (Air Rotary Drilling)

- Hava kullanan bir diğer direkt rotary sondaj metodu da "down-the-hole" sondaj sistemidir.
- Sondaj borusunun (tijin) sonunda çalışan havalı sondaj, tij yavaşca dönerken kayayı hızlıca darbe vurur. Darbe etkisi kablolu sondaj matkabı tarafından iletilen darbelere benzerdir. Çekiç, kesme yüzeyi sağlayan ağır tungsten karbit ilaveli elik alaşımdan yapılır. Tungsten karbid aşınmaya karşı dayanıklıdır, fakat sondaj matkapları sürekli kullanımla birlikte körelir.
- Sondaj matkabın dönmesi, hatta penetrasyonu sağlar ve sonuçunda oldukça aşındırıcı ve dayanıklı kayaç tiplerinde daha düzgün kuyu deliğinin açılmasına yardımcı olur.
- Boyutları 17,5 in e kadar olmasına rağmen, 6 ve 6,5 in eki matkaplar yaygın olarak kullanılır.

Down-the-hole ekii ve matkabı



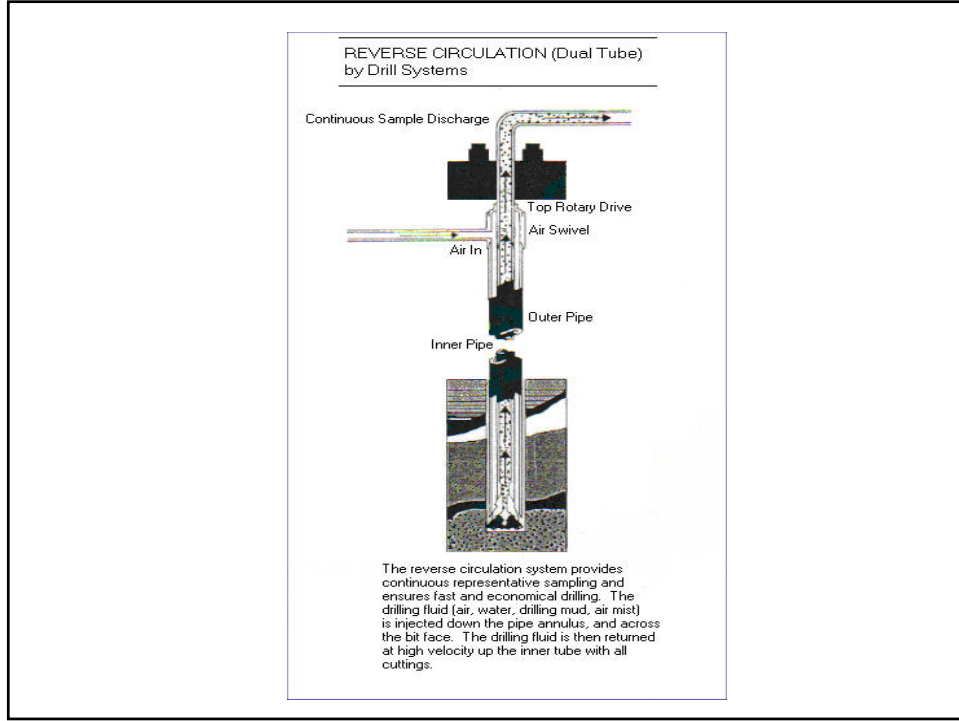


Down-the hole sondaj

- Kesinitler, çekiçin ilerlemesini sağlayan hava yardımıyla devamlı olarak uzaklaştırılır.
- Daha önce kırılmış kayaç parçacıklara sürekli darbeler vuran geleneksel kablolu sondaj matkabının aksine, havalı çekiç üzerindeki matkap daima yeni temiz bir yüzeye darbe uygular.
- Sonuç olarak, havalı çekiç daha etkilidir. Sıkıştırılmış hava çekiç üzerine 100-110 psi(690-785 kPa) lık bir basınçla uygulanmalıdır. Bazı takımlar, 200 psi e kadar bir basınç gerektirir.
- Kesinitleri etkin bir biçimde uzaklaştırmak için, tijin dışındaki boşlukta havanın yukarıya doğru olan hızı yaklaşık 915 m/sn olması tavsiye edilir. 4 inç çaplı sondaj delikleri için, hava tedariki en az 0,047 m³/sn ; 6 inçlik delikler için en az 0,156 m³/sn olmalıdır. Tijlerin dönme hızı 10-30 rpmdir.

Çift duvarlı ter sirkülasyon rotary sondaj sistemi (Dual Wall Reverse Circulation Rotary Method)

- Maden aramalarında çift duvarlı metod olarak adlandırılan bir sondaj sistemi uzun yıllardır belirli derinliklerden doğru jeolojik örnekler almak için kullanılmışlardır.
- Çift duvarlı sondaj metodu, sondaj sıvısının (hava yada sıvı) ters sirkülasyonla içerisinde hareket ettiği düz eklemlili çift duvarlı boru kullanmaktadır.
- Geleneksel ters sirkülasyonun aksine, sondaj sıvısı tijin dış tarafında aşağı doğru hareket etmemektedir. Aksine akış çift duvarlı borunun iki duvarı arasında muhafaza edilir ve sadece matkap çevresinde kuyunun duvarları ile temas eder. Bu metod her tür jeolojik formasyonlarda su kuyusu açılmasında kullanılmışlardır.



Çift duvarlı ter sirkülasyon rotary sondaj sistemi (Dual Wall Reverse Circulation Rotary Method)

- Çift duvarlı sondaj metodu için mevcut tij çapları,
 - 3,5 inç OD x 1,75 inç ID
 - 4,5 inç OD x 2,5 inç ID
 - 5,5 inç OD x 3,25 inç ID
 - 6,625 inç OD x 4,25 inç ID
 - 9,625 inç OD x 6,25 inç ID
 - 4,5inç OD boyutlu tij en yaygın olanı



Çift duvarlı ter sirkülasyon rotary sondaj sistemi (Dual Wall Reverse Circulation Rotary Method)

- Çift duvarlı boru, gevşekçe konsolide olmuş malzemeler içerisine, formasyon sürme matkabı(drive bit) ile kesilmeye devam ederken dizel yada gazla çalışan kazık çekiciler yardımıyla sokulur.
- Hava yada su anülüsten aşağıya doğru basınçla basılarak kesintilerin borunun içerisinden yüzeye çıkartılmasını sağlar.
- Ana kayaya ulaşılır ise sondaja, çift duvarlı boruyu geçici muhafaza borusu olarak kullanılan direkt rotary sondaj metodu ile devam edilir.



Çift duvarlı ter sirkülasyon rotary sondaj sistemi (Dual Wall Reverse Circulation Rotary Method)

- Down-the-hole çekiciler ve trikon matkaplar formasyonu kesmek için kullanılabilir. Çift duvarlı boru kullanıldığında, yüzey muhafaza borusuna gerek yoktur.
- Sondaj sıvıları kuru hava, hava ve su surfaktanlı hava ve su, kil ve polimerli su içerebilirler.Hava kullanıldığında çift duvarlı sistemde hızlar ortalama 1370-1830 m/sn dir.
- Örnekler normal sondaj operasyonlarına her 20 ft de bir 5ft uzunluğundaki torbalara doldurulur.
- Günümüzde 800-1400 ft derinliklere bu metodu ulaşabilmektedir.

Dual Wall Reverse Circulation Rotary Method

■ Avantajları

- Sürekli temsili formasyon ve su örnekleri alınabilir.
- Akiferin veriminin tahminleri formasyon içerisinde birden fazla derinlikte yapılabilir.
- İri alüvyal çökellerde, kırılmış yada fissürlü kayalarda hızlı penetrasyon mümkündür.
- Sirkülasyon kaybı ya önlenir yada önemli derecede azaltılır

■ Dezavantajları

- Sondaj takımının ve parçalarının ilk maliyeti yüksektir.
- Sistem dar çaplı deliklerle sınırlıdır (9-10 inç)
- Alüvyal çökellerde 1200-1400 ft; sert kayalarda 2000ft derinlikle sınırlıdır.
- İyi derecede eğitilmiş sondörlere ihtiyaç vardır.

Sondaj Dizisi Kurtarma İşlemi, Tahlisiye (Fishing) ve Kurtarma aletleri (Fishing Tools)

- Sondaj sırasında diziyi etkileyen çekme, eğilme ve burulma kuvvetleri, diziyi oluşturan borularda ve bağlantı elemanlarında zamanla kopma ve eğilme gibi arızalara neden olurlar. Bu gibi durumlarda dizinin, kopma veya çözülmenin olduğu yerin altında kalan kısmının delikten çıkarmak üzere yapılacak çalışmalara kurtarma yada tahlisiye denir.
- Kurtarma Nedenleri
 - Takımın kopması
 - Takımın çözülmesi
 - Manevra sırasında takımın kaçırılması
 - Muhafaza borularının kaçırılması
 - Takımın sıkışması
 - Sondaj sırasında matkabın tabanda uzun süre çalışması sonucu çok fazla aşınması, yatakların bozulması, sarması, bilyelerin dökülmesi, konilerin kopması ve delikte kalması.

Sondaj Dizisi Kurtarma İşlemi, Tahlisiye (Fishing) ve Kurtarma aletleri (Fishing Tools)

- Sondaj arızaları zaman kaybına neden olurlar.
- Kurtarma işlemleri pahalı, güçve zaman alıcı işlerdir.
- Kurtarma çalışmaları her zaman başarı ile sonuçlanmaz. Bu durumda da ya delik terk edilir veya kalan parçanın bulunduğu kısım çimento ile doldurularak delik saptırılır ve sondaja devam edilir.
- Sondajda uygulanan kurtarma işlemleri
- Parçaların çıkarılması
- Kopan boruların çıkarılması
- Sıkışan dizilerin kurtarılması olmak üzere 3 grupta toplanabilir. Kurtarma işlemi için özel aletler geliştirilmiştir.

Sondaj Takımının Sıkışması

- Delikteki göçmeler, killi tabakaların şişmesi, plastik tabakaların akması ve matkabin tabanda sıkışması gibi nedenlerle takım delikte sıkışır.
- Sıkışma noktasının saptanması, kurtarma işlemi yönünden önemlidir.
- Diziye uygulanacak çekme kuvveti ile takım kurtarılmaya çalışılır.
- Çekme kuvveti, boru akma sınır değerlerini geçmemelidir.
- Bu kuvvet takımın sıkışma noktasının üstünde kalan kısmının ağırlığından fazla olacaktır.
- Sıkışma noktasının yerinin saptamak üzere geliştirilmiş aygıtlar vardır. Bunlara serbest nokta sapama aygıtı (free point indicator) denilir.

Sondaj Takımın Kopması (Twist –off)

- Takımaki kopmalar tijlerde, bağlantı elemanlarında veya ağırlık borularında (özellikle birbirine veya tijlere bağlantı yerlerinde) olmaktadır. Kopmaların en önemli nedenleri
 - Burulma ile kopma
 - Çekme ile kopma
 - Yorulma ile kopma
 - Çatlak etkisiyle kopma
 - Korozyonla kopma

Tijlerin Aşınması

- Sondajda tijlerden uzun süre yararlanabilmek için her tijin çalışma şartları ve bu şartlarda çalışma süresi belirlenmelidir.
- Ağır yük ve yüksek gerilmeler altında çalışan tijler takımdaki yeri zamanla, daha az yük ve aşınmaların olduğu bölgelere kaydırılarak rasyonel aşınma sağlanmalıdır.
- Tijlerin bir dizideki yerleri et kalınlıkları ve çalışma zamanları ile belirlenir. Her takım için bir defter tutulur ve tijlerin yeri ve çalışma şartları ve zamaları bu deftere ilgili tijin karşısına işlenir. Bu arada karşılaşılabilecek arızalarda tijlerin maruz kalacakları aşırı yüklenmelerde not edilir. Her takım kendi tijleri ile çalışır.
- Tijlerin et kalınlığındaki azalma kopmaya neden olmaz. Sondaj sırasında dış çaplar zaman zaman ölçülmelidir.

Parçaların Çıkarılması

- Kuyunun dibine düşen veya dibinde kalan ve matkap tarafından parçalamayacak kadar küçük çelik parçaların delikten çıkarılması işidir. Junk olarak adlandırılan bu parçalar, kırılmış matkap konileri, dişleri, halat parçaları, kopan borulardan düşen parçalar olabilirler.



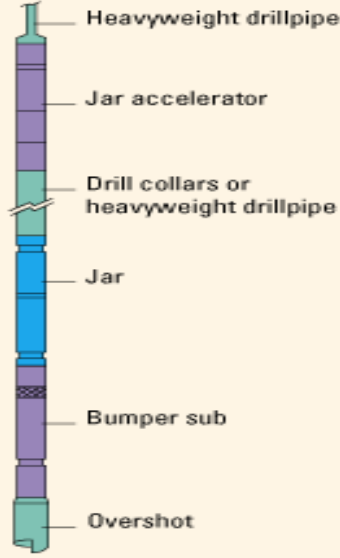
Matkap içerisinde Junk

Parçaların çıkarılmasında kullanılan alatlar

- **Parmaklı boru (finger type junk basket)**
 - En eski, basit ve uçuz döner sondaj kurtarma alaeti
 - Ucu içe eğimli parmaklardan oluşan borudur ve sondaj takımının uçuna bağlanarak deliğe indirilir.
 - Tabana gömülmeden duran küçük parçaların çıkarılmasında başarı ile kullanılır.
- **Karot tipi boru (core-type junk basket)**
 - Tabana gömülen veya kavranamayan parçaların çıkarılmasında kullanılır.
 - Karot borusuna benzeyen bir borunun alt ucuna bağlanan kesici dişli uç formasyonu karot alır gibi keserek ortada kalan kısmı, üzerindeki veya içine gömülü parçalarla içine alır.
- **Mıknatıslı kurtarıcılar (magnet)**
 - Manyetik parçaların çıkarılmasında kullanılır. Boru dizsinin ucuna takılan kurtarıcıda kuvvetli doğal bir mıknatıs vardır.
 - Mıknatıs tabana indirildikten sonra çamur dolaştırılarak parçaların üzerindeki kesintiler temizlenir ve mıknatıs tarafından çekilmeleri sağlanır.
- **Jet kesiciler**
- Kurtarıcak parça kurtarıcı tarafından tutulmayacak kadar büyük ise tabanda daha küçük parçalara ayrılması gerekir. Bu amaçla deliğe patlayıcı madde indirilir.
- **Ters dolaşımli kurtarıcılar**
- **Cepli boru (boot sub)**

Kurtarma Aleti (Fishing Tool)

Typical Fishing String

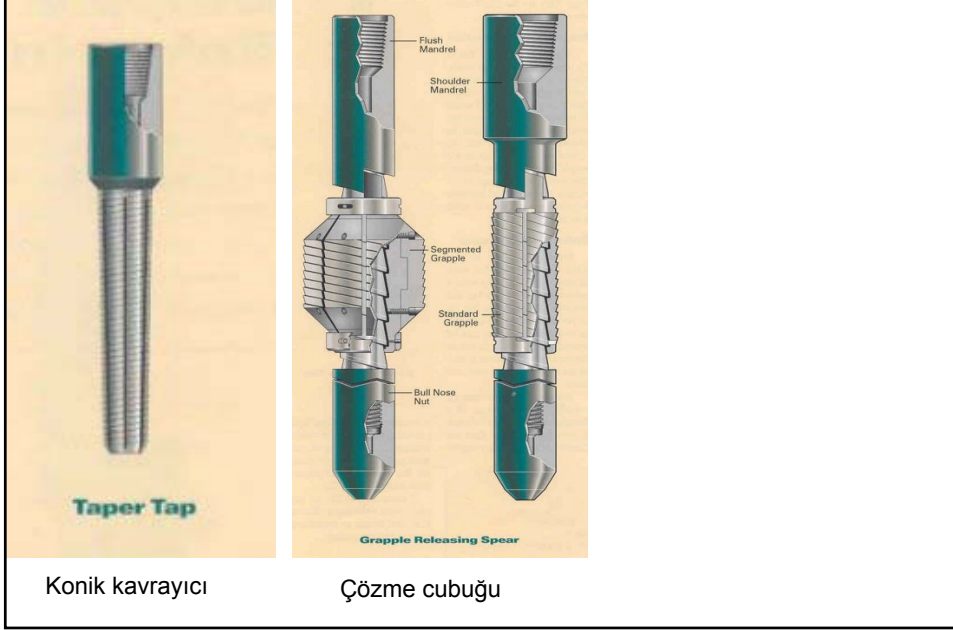


Sondaj boruların ve ağırlıklıboruların

kurtarılmasında kullanılan bazı aletler.

- **Konik kavrayıcı (Taper tap)**
 - Sondaj borusu yada ağırlıklı boru gibi konik parçaların kurtarılmasında kullanılır. Üzerine dış açılmış aşağı doğru incelen ortası delik konik bir parçadır. Üst ucu ile kurtarma dizisine vidalanır. Yavaş yavaş döndürülerek yakalanacak boru içerisine indirilir. Boru iç yüzeyine dış açarak boruya bağlanır. Bağlantı sağlandıktan sonra çekilerek boru kurtarılır.
- **Çözme cubuğu (Releasing spear)**
 - Boruları içten yakalayıp çıkarmakta kullanılan diğer bir alet.
 - Kurtarılan takımdan hızlı çözülme, gerektiğinde tekrar tutunma olanağı sağlarlar. Eğer kurtarılaçak boru için daha fazla bir kuvvet uygulamak gerekirse, üstten kavrama borusu kullanılır.
- **Üstten kavrama borusu(Overshot)**
 - Üstü düzeltilen boruların çıkarılmasında en çok kullanılır. Sap, gövde ve klavuz olmak üzere 3 kısımdan oluşur. Klavuz çıkarılacak boruyu bulup ortalar ve gövde içerisine getirir, gövdenin içerisinde yaylı tutucular vardır.

Sondaj Borularını Kurtarmada kullanılan aletler



Konik kavrayıcı

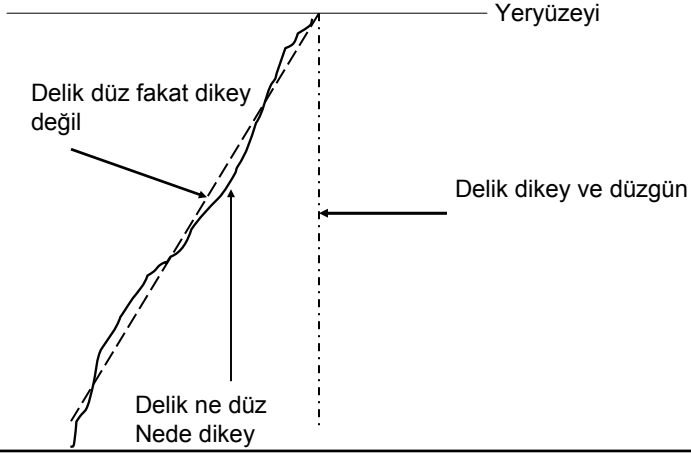
Çözme cubuğu

Kuyularda Sapma

- Matkap sondaj sırasında düşeyden veya öngörülen bir doğrultudan ayrılmasına sapma denir. Sondaj yaparken matkabın sapmadan ilerlemesi ve açılan kuyu ekseninin düz bir doğru olması istenir.
- Sapmanın nedenleri
- Doğal nedenler
 - Formasyonların yapıları
 - Formasyonların eğimleri
 - Formasyonların delinebilirlikleri
- Teknik nedenler
 - Matkabın tabana göre durumu
 - Delik ve ağırlık borularının çapı ve birbirine oranı
 - Matkapın yükü stabilizatörler

Sondaj deliğinin dikeyliği ve düzlüğü (plumbness and alignment)

Su kuyusu hem düz hemde dikey olmalıdır. Fakat pratikte önemli derinliklerdeki hiç bir delik mükemmel şekilde düzgün yada dikey olmayabilir. Düzlükten ve dikeylikten sapmaya bazı toleranslar pratikte tanınmaktadır. Her 30 m de kuyu iç çapının üçte ikisi kadar düşeyden bir sapma izin verilir. EPA her 50 ft düşeyden Sampanın 1derece veya az olmasını önermektedir.



Sondaj deliğinin dikeyliği ve düzlüğü (plumbness and alignment)

- Kuyu deliğinin düzgünlüğü, kuyu içerisinde arzulan derinliğe uygun boyutta türbin pompanın yerleştirilip yerleştirilmeyeceğini belirler. Türbin pompalar, kuyu deliği düzgün değil ise kurulamaz. Düşeyden fazla sapma, pompanın çalışmasını ve ömrünü olumsuz etkiler. Submersible pompalar düzgün olmayan kuyu deliklerine yerleştirilebilir.
- Çoğu dikkatli sondörler, derin kuyu sondaj yaparken deliğin düzgünlüğünü sık sık kontrol ederler. Bu genellikle kablolu sondaj yönteminde yaygındır. Rotary sondajlarda belirlenen aralıklarla sondaj sırasında deliğin düzgünlüğü kontrol edilir (her 100, 500, yada 1000ft). Fakat bazı kuyularda ise kuyunun derinliği sadece kuyu tamamlandıktan sonra kontrol edilmektedir.
- Sondaj sırasında deliğin düzgünlüğü bir takım cihazlar yardımıyla ölçülebilir.
- Örneğin,
 - İnklinometre: Plastik yada alüminyum koruma borusu içerisindeki özel olarak yapılmış yuva içerisine yerleştirilen cihaz düşeyden 12 dereceye kadar sapmayı ölçebilir.

Sapmanın Önlenmesi ve Düzeltilmesi

- Matkaba verilecek ağırlığı azaltmak
- Boru çapının büyük seçmek (delik çapına yakın)
- Stabilizatör kullanmak
 - Stabilizatörler, ağırlık boruları üzerine belirli aralıklarla takılan üst yüzeyleri sert lastik, sert metal, veya elmasla kaplı parçalardır. Buldukları yerde delik yüzeyine temas ederek boruların eğilmelerini önlerler.
 - Matkaptan belirli bir yüksekliğe bağlanır.
 - Sayıları birden fazla olabilir.
 - Hangi aralıklarla ve kaç tane takılacakları bazı faktörlere bağlıdır: formasyonun özellikleri, eğimleri, delik çapı, boru çapı ve sapma açısı