

## JEO 483 SONDAJ TEKNİĞİ

Ders Sorumlusu: Dr. Okan Delibaş  
E-mail: [odelibas@hacettepe.edu.tr](mailto:odelibas@hacettepe.edu.tr)

<http://yunus.hacettepe.edu.tr/~odelibas>

### Kaynaklar:

Yalçın Atilla, 2000, Sondaj Yöntemleri ve Uygulamaları, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları

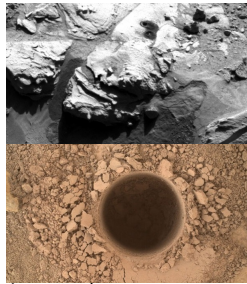
Özdemir, Adil, 2009, Sondaj Tekniğine Giriş, Mattek Mat. Yayınları.

## Sondaj Nedir?

Sondaj, yeraltı kaynaklarını araştırmak, üretim ve işletmek için, ve ayrıca mühendislik yapılarının temel koşullarının saptanması ve iyileştirilmesi amacıyla düşey, yatay veya herhangi bir yön ile açılı olarak yapılan silindirik kazı işlemidir.

### Sondajı Belirleyen Özellikler:

- ✓ Özel yapılmış **birtakım araçlar** ile yürütülen bir kazı işlemi olması,
- ✓ Sondaj sırasında açılan deliğin **silindirik biçimli** olması, (daireden başka kesitli sondaj deliği uygulaması yoktur)
- ✓ Her türlü **katı ortamda ve her yöne** açılabilir olması. (toprak zemin, kaya ve buzul kütlesi gibi her türlü katı ortamda ve her yöne)



MAHLI kamerasının çektiği fotoğrafta 6.7 cm derinliğindeki sondaj deliği görülüyor. (çap 1.6cm) (Fotoğraf: NASA)

## Dersin Amacı:

- Yeraltına ilişkin bilgi toplamak, metalik-endüstriyel hammaddeler, petrol, doğalgaz ve su gibi yeraltı zenginliklerinden faydalanmak, yerinde deneyler yapmak amacıyla çeşitli projelerde görev alan **JEOLOJİ MÜHENDİSLERİNE** sondaj gerekçeleri, sondaj türleri, gerekli ekipmanlar, verimlilik ve karşılaşılan güçlükler hakkında bilgi aktarımı bu dersin ana amacını oluşturmaktadır.

## Ders Kaynakları:

- Yalçın, A. 2000, Sondaj Yöntemleri ve Uygulamaları, TMMOB, Maden Mühendisleri Odası Yayınları, 427s.
- Özdemir, A. Sondaj Tekniğine Giriş, Omay Ofset, 74s.
- Sondaj Dünyası Dergisi, Sondajcılar Birliği Dergisi
- Madencilik-Türkiye Dergisi

## Sondajın Amaçları:

- **Çalışmaların yürütülebilmesi için gerekli ön bilgilerin derlenmesi**

Amaca yönelik çalışmalarını yürütebilmek için gerekli verilerin sondajlar ile elde edilmesi (örneğin Köprü, baraj inşaatlarında zeminin test edilmesi, derine doğru maden yataklarının devamlılığının araştırılması, petrol-doğal gaz kapanlarının aranması vs.)

- **Saptanan aykırılıkların iyileştirilmesi**

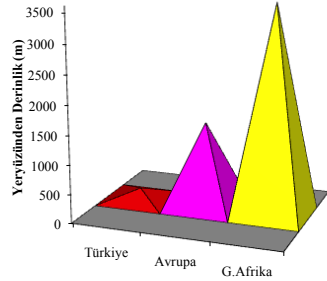
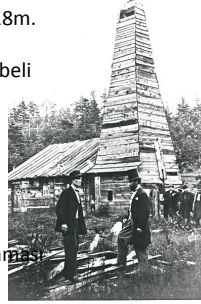
Zemin sağlamlığının test edilerek düzeltilmesi, maden işletmelerinde havalandırma problemlerinin düzeltilmesi-iyileştirilmesi gibi.

- **Üretim yapılması**

Bulunan yeraltı zenginliğinin işletilebilmesi gibi

## Sondaj Çalışmalarının Tarihçesi

- İlk sondaj çalışması tuzlu su elde etmek amacıyla **M.Ö 2000'li** yıllarda Çin'de gerçekleştirildiği düşünülmekte?
- **M.Ö 1500'lü** yıllarda açıldığı düşünülen Kahire'de 75m. derinliğinde bir kuyu tespit edilmiş (?)
- Amaca uygun ilk sondaj **1126 yılında Fransa'da açılmış**, kuyu basınçlı bir akiferde açılmış. Açılan bölgenin adı artoisienne, daha sonra bu isim **artezyen** olarak sondaj literatürüne yerleşmiştir.
- Bilinen ilk darbeli sondaj, Virginia, ABD, **1808** yılında tuz madeninde 18m. derinliğinde bir sondajdır.
- **1831** yılında modern sondajın ilk uygulamaları başlamış (ABD). İlk darbeli sondaj ve buhar motoru kullanılmıştır.
- İlk petrol sondajı ABD, Pennsylvania'da **1859** yılında gerçekleştirilmiş (ABD'de kuyu ile bulunan ilk petrol, Edwin Drake).
- İlk karotlu sondaj **1864** yılında İtalya-Fransa Mt.Lewis tüneline kullanılmıştır.
- **1867** yılında ilk ücret karşılığında ABD'de su sondajlarına başlanmıştır.
- Ve 1910 yılında Nebraska da ise ilk ters dolaşimli döner sondaj uygulamaları gerçekleştirilmiştir.



Maden aramalarında; sondaj derinliği ortalaması Avrupa'da 1100 metre, Türkiye'de bu ortalama 200 metre civarındadır. Güney Afrika'da 3600 metreden maden çıkarılmaktadır.

- Kanada'da yılda 14 milyon metre, Avustralya'da ise yılda 6,5 milyon metre maden sondajı yapılmaktadır. Ülkemizde ise Cumhuriyet tarihinden bugüne maden arama amaçlı yaklaşık 20 milyon metre sondaj yapılmıştır.

## Türkiye'de Sondaj Çalışmaları

- İlk sondaj İskenderun'un Çengen köyünde **1887**'de petrol amaçlı açılmış ve sonuç negatif.
- Tekirdağ Gaziköy'de **1892**'de Seferyan isimli bir sondajcı su sondajları yapmıştır.
- Tekirdağ'da Osmanlı Bankası tarafından Fransız şirketine 82 m'lik petrol kuyusu açtırılmış ve sonuç negatif. Bu yazılı belgeleri olan ilk sondajdır.
- İlk derin petrol sondajı kuyusu **1934** yılında Midyatta açılmıştır. Derinliği 1351m. olup, Petrol arama ve işletme adına yapılmıştır.
- Sondajcılığın gelişimi için büyük adım **1935'de MTA'nın** kuruluşudur.  
(Yılda MTA ortalama 250.000-300.000m sondaj yapmakta+700.000-800.000m özel sektör, toplamda yaklaşık 1.000.000m sondaj, 2011, maden aramacılığı için)
- İkinci büyük adım ise **1956'da DSI** Yeraltı suları dairesinin kuruluşudur.

## Sondaj İşlemleri

1. Kazma işlemi
2. Boşaltma işlemi
3. Taşıma işlemi
4. Güç Aktarma işlemi

### 1. Kazma işlemi:

**a. Döner Kazıcılar:** Döner sondaj metodunda kullanılan ve kazma işlemini kendi ekseninde dönerek yapan gereçtir.



Sondaj Matkapları



Karot Matkapları

**b. Kırıcılar:** Darbeli sondajda keskin ağızlarıyla formasyonun üzerine hızla çarparak kırılmasını ve kazılmasını sağlayan gereçlerdir.



**c. Döner Kırıcılar:** Hem darbe yapıp kıran hem de döner kazıcılar gibi kendi eksenini etrafında döndürülen kazıcılar.



**c. Sondaj Dizisi/Takımı:** Doğrudan kazı yapmayan ancak kazıcı fonksiyonlarının tamamlanmasını sağlayan gereçlerdir (Borular, halatlar, çubuklar vs.)

### 3. Taşıma İşlemi

Kazıcılar, sondaj takımı, örnek alıcılar gibi gereçlerin indirilme-çıkarma işlemine taşıma veya manevra denir. Bu işlem sondaj kulesi, makaralar, tanbur ve halatlardan oluşan bir sistemle yerine getirilir.



Gediz-Pınarbaşı (Kütahya)-  
Mo-Cu sondajı



### 4. Güç Aktarma İşlemi

Sondajda her türlü hareketi sağlayan sistem olup, bir motordan oluşur.

### 2. Boşaltma İşlemi

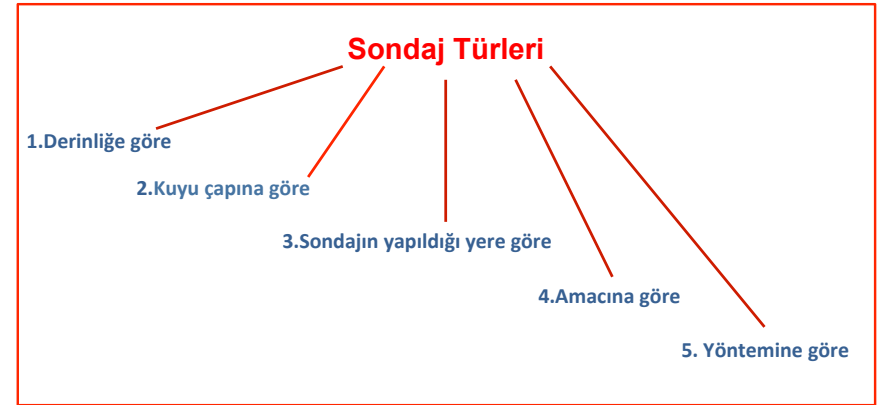
Kırıcıların kırıp, kesitiği parçaların sondaj dışına çıkarılması, kuyunun boşaltılması ve temizlenmesi işlemidir.

**a. Mekanik Temizleyiciler:** Kuyu içine indirilen mekanik bir takım gereçlerle kuyunun boşaltılmasına yarayan gereçlerdir. Bunlar bir kova görevi yaparlar.

**b. Sıvı Temizleyiciler:** Kuyu içerisine su, sondaj çamuru gibi sıvılar basılır ve kuyu dışına sıvı beraberinde formasyon kırıntılarını da getirerek kuyuyu temizler.

**3. Basıncılı Hava:** Kuyu içerisine kompresörle basılan hava beraberinde kırıntıları da taşıyarak kuyunun boşaltma işlemi sağlanır. Basıncılı hava tek başına kullanılabilir gibi, sıvı temizleyicilerin yoğunluğunu azaltmak amacıyla yardımcı bir işlem olarak kullanılabilir.

**4. Örnek Alıcılar:** Bazı sondajlarda amaca uygun olarak jeolojik malzemeden ilerleme boyunca örnek almak gerekli olur. Bu durumda kesilen örnek kuyu dışına alınır. En tipik örnek karotiyerlerdir.



## Sondaj Türleri

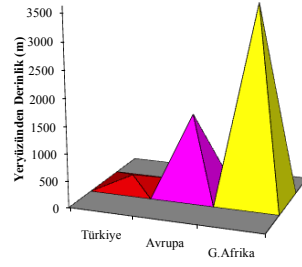
### 1. Derinliğe göre sınıflandırma

A-Çok sığ sondajlar <100 m

B-Sığ sondajlar 100 m – 1000 m

C-Derin sondajlar 1000 m – 4000 m

D-Çok derin sondajlar > 4000 m

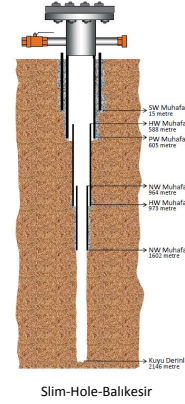


### 2. Kuyu çapına göre sınıflandırma

A-Dar çaplı sondajlar <6 inç (152.4 mm) (Slim Hole) jeotermal veya petrol ve doğalgaz kuyularından alınan; Gama Ray, Nötron, Mikro Rezistivite, Shallow, Deep ve Caliper logları

B-Geniş çaplı sondajlar 6 inç – 24 inç (609.6 mm) akraj, kazık ,enjeksiyon

C-Çok geniş çaplı sondajlar > 24 inç



### 3. Sondajın yapıldığı yere göre sınıflandırması

- Yer yüzünde yapılan sondajlar
- Yeraltında (galeri ve tünel) yapılan sondajlar
- Su üzerinde yapılan sondajlar

- \* Sığ sularda yapılan sondajlar
- \* Açık sularda yapılan sondajlar



### 4. Amaçlarına göre sınıflandırma

#### i. Petrol sondajları

- \* Petrol arama sondajları
- \* Petrol üretim sondajları
- \* Sismik etüt sondajları

#### ii. Su sondajları

- \* Araştırma sondajları
- \* İşletme sondajları (içme ve kullanma & sulama suyu)
- \* Drenaj sondajları
- \* Gözlem sondajları
- \* Yapay besleme sondajları

#### iii. Zemin etüdü (temel) sondajları

#### iv. Enjeksiyon sondajları

- \* Sağlamlaştırma enjeksiyon sondajları
- \* Dolgu enjeksiyon sondajları
- \* Perde enjeksiyon sondajları

#### v. Maden sondajları

- \* Maden arama sondajları
- \* Üretim sondajları (doğal gaz ve sıvı madenler için)
- \* Dolaylı üretim sondajları (patlatma amaçlı)
- \* Havalandırma kuyusu sondajları
- \* Kuyu sondajları (galeri bağlantıları için)

#### vi. Özel amaçlı sondajlar

## 5. Yöntemlerine göre sınıflandırma

### i. Darbeli sondaj (Percussion drilling)

- \* çubuklu
- \* halatlı

### ii. Döner sondaj (Rotary drilling)

- \* Döndürme sistemine göre

**Tablalı sistem:** dönme işlemi makina üzerindeki bir tabla ve masa ile sağlanır

**Kovanlı (morset) sistem:** dönme işlemi morset denilen dişli düzeneği ile sağlanır.

**Başlıklı sistem:** sondaj takımının dönüşü başlık ile yüzeyden sağlanır.

**Turbo sondaj :** kuyu içerisinde sadece kazıcı döner.

- \* Boşaltma sistemine göre

Düz dolaşimli sistem  
Ters dolaşimli sistem  
Havalı sistem  
Örnek almalı sistem

### iii. Birleşik (Döner-darbeli) sondaj

## Örnek bir sınıflandırma çizelgesi

Sınıflandırma parametresi	A sondajı	B sondajı
1. Derinliği	Sığ	Çok sığ
2. Çapı	Geniş	Dar
3. Sondajın yeri	Yerüstü	Galeri
4. Amacı (genel anlamda) (özel anlamda)	Su sondajı sulama	Maden sondajı arama
5. Sondaj yöntemi	Döner	Döner
Döndürme sistemi	Tablalı	Morset
Boşaltma sistemi	Ters dolaşimli	Düz dolaşimli
Temizleme maddesi	Su ve hava	Su

## DARBELİ SONDAJ (Percussion drilling)

Halat veya rijit çubuklarla, keskin ağızlı ağır bir kazıcının formasyonun üzerine serbest bırakılarak derinliğe doğru yapılan kazı işlemi sonucunda oluşan kırıntıların kova vb. gereçlerle yukarı alındığı sondaj işlemine **darbeli sondaj** denir.

- ✓ Bugün kullanımı çok seyrektr.
- ✓ Yerini darbeli-döner sisteme bırakmıştır.
- ✓ Sondaj sistemlerinin başlangıcıdır.
- ✓ Günümüzde sığ derinliklere ulaşabilmek için kullanılır



## DARBELİ SONDAJ (Percussion drilling)

Darbeli sondajda, sistemi oluşturan makine elemanları, birtakım işlevler yüklenmiştir. Bunlar;

### 1-Darbe İşlemi

### 2-Vinç işlevi

### 3-Güç aktarma işlevidir.

### 1- Darbe işlevi

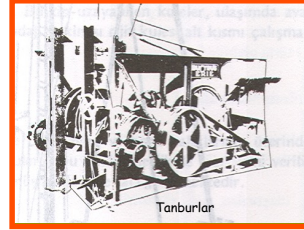
- Kırıcının halat veya rijit çubuklarla formasyonun üzerine düşürülmesi işlevidir.
- Delme takımının bırakıldığı yükseklik **strok** olarak adlandırılır.
- Dakikadaki darbe sayısı ise **frekans**dır.
- Teorik olarak strok ve frekans arttıkça delme işleminin hızı da artar.
- Ancak uygulamada iş güvenliği de dikkate alınarak bunu sondör ayarlar.
- En önemli nokta strok büyüdükçe frekansın küçüldüğü ve formasyonun sertliği arttıkça strokun büyümesinin gerekliliğidir.

## 2- Vinç işlevi

Delici gereçlerin ve diğer malzemelerin kuyuya indirilip kaldırılması için gerekli olan işlemdir. Bu işlev **tanburlar** ve **kule** elemanlarıyla sağlanır.

### Tanburlar

**1. Sondaj (Cer) tanburu:** Delme takımının bağlandığı ana halatın sarıldığı ana tanburdur. Tanburun ileri-geri dönme hareketi ile sarılan-açılan halat delme takımının kuyunun içine indirilip çıkarılmasını sağlar. Ölü ucu tanbur gövdesine bağlı halatın sertbest ucu ok makarasından geçer, kulenin en üstündeki sabit makaradan dolaşır ve delme takımına sabitlenir. Bu tanbur üzerindeki frenleme sayesinde halatın uzunluğu kuyu dibine değmesi için yeterli uzunluk ayarlanabilir. Darbeler sonucu ilerleme sağlandıkça fren gevşetilerek delme takımının daha derine inmesine izin verilir. **Sondajın ilerlemesi bu tanburun işlevi ile sağlandığı için bu tanbura sondaj veya cer tanburu, halata ise sondaj veya cer halatı denir. Cer halatının boyu delme kapasitesi kadardır.**

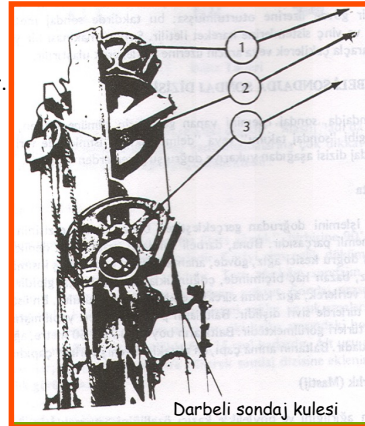


### Kule elemanları

**1. Kule:** Çelik profilden kafas biçiminde olabileceği gibi çelik levhadan rijit olarak da yapılabilirler. Kafas kuleler yere tam dik pozisyonda sabitlenirler. Sondaj dizisi kafesin merkezinden geçer. Levha kuleler ise hafif öne eğimlidirler. Kule taşıma esnasında taşıyıcının şasi üzerine yatırılırken, çalışma esnasında mekanik veya hidrolik bir sistemler kaldırılırlar.

**2. Sabit makaralar:** Kulenin en üstünde cer, beyler ve boru halatlarının üzerinden dolandığı makaralardır. Kulenin bu bölümüne kule tacı denir.

**3. Palanga (gezici) makaralar:** Cer ve beyler halatları kuyu içerisine indirildiği için gezici makaralar kullanılmaz. Sadece boru halatı ile kullanılır. Çift dilli bir palanga ile güç iki katına çıkarılmış olur.



**2. Temizleme (Beyler-bailer) tanburu:** Delme işlevi ile kuyu dibinde biriken kırıntıları temizleme veya boşaltma gereçleri ile kuyu dışına alınır. Bu gereçleri kuyu içine indirip çıkarmada kullanılan tanbura temizleme tanburu denir.

Temizleme veya beyler halatının boyu da delme kapasitesi kadardır. Temizleme halatı cer halatından daha ince dolayısıyla temizleme tanburunda cer tanburundan daha küçüktür.

**3. Boru Tanburu:** Kuyu içerisine boru indirilmesi için kullanılan tanburdur. Bu tanbura sarılan halat daha dayanıklı olup, sadece yüzeyde kullanıldığı için kısadır. Kaldırma kapasitesini arttırmak için palanga (gezici makaralar) kullanılabilir.

**4. Kedi kafası:** Küçük taşıma, çakma ve vinç işlemlerini yerine getirmek için kavramasız (sürekli dönen) tanburdur. Sondöre çok büyük kolaylıklar sağlar. Halatın gevşetiliş sıkıştırılması sondörün el kuvveti ve becerisi ile sağlanır.



## 3-Güç Aktarma İşlevi

Sondaj işlemlerinin yerine getirilmesi için gerekli olan güç, motorlardan güç kullanımının gerekli olduğu yere kadar bir takım ara elemanlar vasıtası ile ulaştırılır. Bunlara aktarma organları denir. Kamyonla bindirilmiş ve taşıyıcıya bindirilmiş makineler diye iki kısımda ele alınabilir.

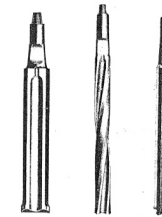


### DARBELİ SONDAJDA SONDAJ DİZİSİ (TAKIMI)

Genel olarak bir sondajda sondaj (delme) işlemini yapan gereçlerin tümüne birden sondaj dizisi, sondaj takımı veya delme takımı denir

### 1-Balta

#### 1.Balta



- Sondaj takımının en altında bulunur ve delme işlemini gerçekleştirir.
- Balta alttan yukarı doğru kesici ağız, gövde anahtar yuvası ve dişli olan baş kısmından meydana gelir.
- Baltaların birçok türleri vardır. Bunların boyları 0.75-1.50m ağırlıkları ise 50kg ile 200kg civarındadır.

## 2-Ağırlık (Mastif)



## 3. Ters ağırlık (Jar):

Birbirine 90 açıyla geçirilmiş iki halka biçimindedir. Ters ağırlığın iki görevi vardır.

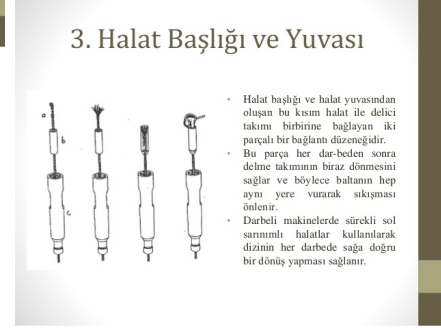
-Birincisi ağırlık yapmak.

-İkinci ise ters darbe yaparak yukarı harekete izin vermek.

Boyu 1-2 m olup, iki halka arasında 15 cm'lik bir ters darbe stroku vardır.

Ağırlığın üzerine vidalanarak kullanılır.

## 4. Halat Başlığı ve Yuvası



## 4. Halat Başlığı ve Yuvası

### 3. Ters ağırlık (Jar):

### 2-Ağırlık (Mastif)

### 1-Balta

## Sondaj dizisinin özellikleri

**1. Sağa dönüş:** Sol sarım halatlar kullanılarak ve halat başlığının halat yuvası içindeki boş ve dolu dönüşleri ile sondaj dizinde sağ yönde bir dönüş elde edilmektedir. Bu nedenle sondaj disisi elemanları sağ dönüşte sıkılır sol dönüşte açılır şekilde yapılmışlardır. Bu tür sıkıştırılan dişli elemanlara sağ diş denir. Bu özellik diğer sondajlar için de geçerlidir.

**2. Anahtar ağızı:** Bütün sondaj dizisi elemanları aynı kare kesitli anahtar ağızına sahiptirler. Böylelikle aynı anahtar ile tüm elemanlar sıkılıp gevşetilebilir.

## HALATLAR

Aşağıdakilerden hangisi sondajı tanımlayan özelliklerden biri değildir.

a) Özel bir takım araç gereçlerin kullanılması

b) Her türlü katı ortamda açılabilir olması

c) Kuyunun silindirik şekilli olması

**d) Eksen konumlarının her zaman yerin merkezine doğru olması**

Aşağıdakilerden hangisi bir sondaj işlemi değildir.

a. Boşaltma işlemi

**b. Nakliye işlemi**

c. Kazma (delme) işlemi

d. Güç aktarma işlemi

Darbeli sondajda stork .....**artarken** ken,  
frekans **.azalır**.....

Küçük taşıma vb. işlerde sondöre kolaylıklar  
sağlayan tanbura .....**Kedi kafası**.....denir.

### HALATLAR

**1. Kendir halatlar:** Bitkisel kökenli halatlardır. Daha çok taşıma ve çakma gibi yan sondaj hizmetlerinde kullanılırlar. **Kedi kafası ile birlikte sondöre büyük kolaylıklar sağlar.**

**2. Tel halatlar:** Merkezde kendir veya çelikten bir öz vardır. Telciklerin sarılarak oluşturduğu tel bu özün etrafına sarılıdır. **Örneğin 6x37 gösterimi ilgili halatta 6 tel ve her telin ise 37 telcikten oluştuğunu gösterir.** Sarılım biçimlerine göre, düz, ters ve karışık olmak üzere üçe ayrılır.

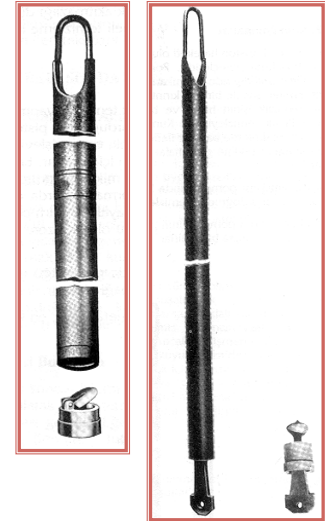
#### Tel halatların özellikleri:

- Öz ve telciklerin inceliği esnekliği artırırken, dayanıklılığı azaltır.
- Yağlama halatın ömrünü artırır. Kendir özlü halatta öz yağı emdiği için daha uzun ömürlü olur.
- Halat dayanımı telciklerin kalitesine bağlıdır.

### TEMİZLEME

Balta ile kırılıp öğütülen formasyonun kırıntılarının bir çamur halinde kuyu dışına alınması işlemidir. Formasyon su içeriyorsa kırıntılar kendiliğinden çamur haline gelir aksi takdirde kuyuya su ilave edilerek kuyu dibinde boza kıvamında bir çamur elde edilir. Böylelikle kova vb. gereçlerle kuyu kolaylıkla temizlenir.

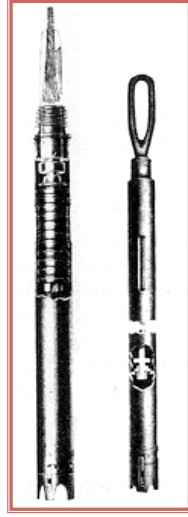
**1. Temizleme kovaları:** Kova şekline sokulmuş uzun bir borudan yapılmıştır. Sondorler İngilizce telaffuzu ile **beyler** ismini kullanırlar. Temizleme kovaları kuyu çapından 3-5 cm daha küçüktür. Kovanın alt kapağına (klep) göre; **düz klepli** kovalar ve **dil klepli** kovalar diye ikiye ayrılır.





**2. Kum pompaları:** Pompa dibine vurduğunda piston aşağı iner ve yukarı çekilirken emme hareketi yapar ve kuyuyu temizler. Kohezyonsuz gevşek zeminlerde baltasız ilerlemeyi bile sağlayabilir. Halat ve metal kollu olmak üzere iki çeşittir.

**3. Örnek alıcılar:** Tüp vb. örnek alıcılar ve karot alıcılar (karotiyer) formasyon içine çakılarak ilerler ve örneği de alarak temizlemeyi de sağlar.



### Borulama elemanları (Geçici Borulama)

- 1. Çakma çarığı:** Borunun çakılması sırasında boru ağzını korumak ve borunun ilerlemesini sağlamak amacıyla kullanılır. Alt ucu keskin üst ucu çukur dişli silindirik bir elemandır. Çarık boyu=20-25 cm, iç çapı balta çapından çok az büyüktür. Karbonlu çelikten imal edilir.
- 2. Çakma Borusu:** Alt ve üst uçları dişli yani manşonlu borulardır. Boyları 3,4.5 ve 6m dir. Her bir boru boyu ilerle sonunda üste yeni boru ilave edilir.
- 3. Çakma başlığı:** Çakma başlığı ve çakma borusu balta çapından (kuyu çapından) çok az büyüktür. Bu nedenle boruyu formasyona itmek için boruların zarar görmesini önleyen ve çelikten yapılan bileziğe çakma başlığı denir. Yeni boru eklenince başlık yeni boruya monte edilir.



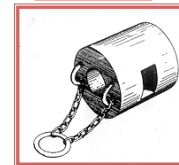
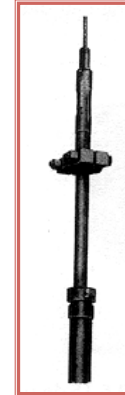
### DARBELİ SONDAJDA BORULAMA

- 1. Sürekli Borulama:** Sondaj sırasında oluşturulan kuyuya kullanım amacına göre çıkarılmamak üzere borular indirilir. Bu borulara muhafaza borusu işleme de sürekli borulama denir. Bu borulama kuyunun amacı ile yakından ilgilidir.
- 2. Geçici Borulama:** Sondaj kuyusunun derinlemesine devam edebilmesi için kuyunun yıkılmaması gereklidir. Kendini tutabilen sıkı formasyonlarda genellikle pek fazla sorun yaşanmaz. Ancak gevşek formasyonlarda yıkılmayı (çökmeyi) engellemek için baltayı izler biçimde boru indirilir. Bu borulara geçici koruma borusu (muhafaza borusu) yapılan işleme de geçici borulama veya boru çakma denir. Sondaj işlemi bittiğinde kuyudan dışarı çekilirler.

- 4. Çakma Tokmakları:** Borulara çakma darbelerini vermek için kullanılırlar. Çakma kelepçesi ve şahmerdan şeklinde iki türüdür.

**Çakma kelepçesi:** Sondaj dizisinin ağırlık kısmına bir kelepçe takılır. Dizi kuyu içine bırakıldığında kendi ağırlığı ile kelepçe çakma başlığına düşer ve çakma işlemi gerçekleşir.

**Şahmerdan:** Formasyonun yıkılması çok hızlı gelişirse. İlerleme ile boru çakma işlemi eş zamanlı yapılmalıdır. Bu durumda şahmerdan kancası, kedi kafası ve bir makaradan dolandırılan kedi bir halat ile istenen strok ve frekansla çakma işlemi yapılır.



## Çakma işleminde dikkat edilmesi gereken hususlar

- Düşeyden sapma:** Çakma işleminde düşeyden sapma olmamalıdır. Darbeli sistemde düşeyden sapma sondajın ilerlemesini olanaksız hale getirir ve sondaj kilitlenir.
- Tabana tam oturma:** Geçici muhafaza boruları kuyu tabanına tam oturmalıdır. Aksi durumda formasyon gevşek olduğu için taneler kuyu içine dolar ve ilerleme durur.
- Uygun faz farkı:** Baltanın kazı işi, temizleme ve çakma işlemi birbirini takip eder. Eğer faz farkı uzun tutulursa kuyu muhafaza edilmeden yıkılabilir. Faz farkı kısa tutulur ise ilerleme hızı düşer. Bu sondorün ve mühendisin tecürbesine dayanır.

## Darbeli sondajın dezavantajları

- Yavaşlık:** Darbeli sondajdan sonra geliştirilen tüm sondaj yöntemleri daha hızlı oldukları için ekonomiklik anlamında öne geçmişlerdir.
- Emek ve Yoğunluk:** Sondaj dizisi elemanlarının ağırlığı fazla sayıda personeli ve yoğun bir iş gücünü gerektirmektedir.
- Kalifiye eleman gerekliliği:** Sondajın hızı ve güvenliği ancak deneyimli personel ile sağlanabilir.
- Düşey sondaj sınırlılığı:** Yerçekimi ile potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşümü sağlandığı için düşeyden farklı yönlerde sondaj mümkün olamamaktadır.

## DARBELİ SONDAJIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

### Darbeli sondajın avantajları

- Dışa bağımsızlık:** Bütün kullanılan gereçler ülkemizde üretilmektedir. Ancak döner sondaj içinde bugün pek çok elemanın yerli üretimi mümkündür. Bu nedenle bu avantaj hemen hemen ortadan kalkmıştır.
- İşletme ucuzluğu:** Akaryakıt dışında pek fazla tüketim malzemesi gerektirmez. Ayrıca, tüketim malzemelerinin de kullanım ömrü oldukça uzundur.
- Su gerektirmemesi:** Döner sondaja kıyasla oldukça az su kullanımı yer yer milyarlarca TL'yi bulan su tüketimini ortadan kaldırmaktadır.
- Tüm formasyonlarda kullanılabilirliği**
- Örnek almadaki üstünlüğü:** Gecikme ve karışma olmaksızın örnek alabilme özelliği vardır. Temizleme işlemi hemen boşaltım gerektirmedikinden her hangi bir karışım da söz konusu değildir.

## DÖNER (ROTARY) SONDAJ

-Kendi eksenini etrafında dönerek, üzerinde döndüğü yapıyı kesen, koparan veya öğüten döner deliciler aracılığıyla yapılan silindirik biçimli kazı işlemine döner sondaj denir.

-Baskı altında dönen bir matkabın kesici dişleri aracılığıyla formasyonun parçalanması sonucu oluşan formasyon parçalarının bir dolaşım sıvısı (çamur veya su) ile dışarı atılma işlemidir. Bu yönetmede dönme ile koparma işlemleri egemen olup, ilerleme baskı ve tork aracılığı ile sağlanır. Bu yöntemde çamurlu sondaj yöntemi de denilmektedir.

-Döner sondajlar üç boyutlu uzayda her yönde ve her doğrultuda yapılabilirler.

### DÖNER SONDAJ SİSTEMLERİ VE İŞLEMLERİ

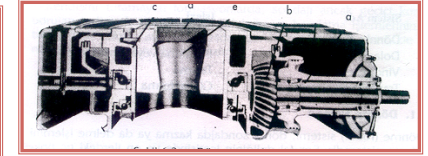
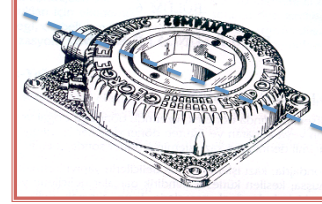
Sistemin adı	İşlevi
1-Dönme sistemi	Delme veya kazma
2-Dolaşım sistemi	Boşaltma veya temizleme
3-Vinç sistemi	Taşıma
4-Transmisyon sistemi	Güç aktarma



## I. Dönme Sistemi

Dönme sistemi, sondajda kazma ya da delme işlemini oluşturan sistemdir. Sondaj deliğinin içerisinde ve en uc noktasındaki kazıcıya dönme (rotary) hareketini iletir. Motordan alınan yatay hareket kuyu ağzında kuyu eksenine dik bir hareket haline dönüşür. **Hareketin kuyu ağzında yön değiştirmesi 4 türlü olabilir.**

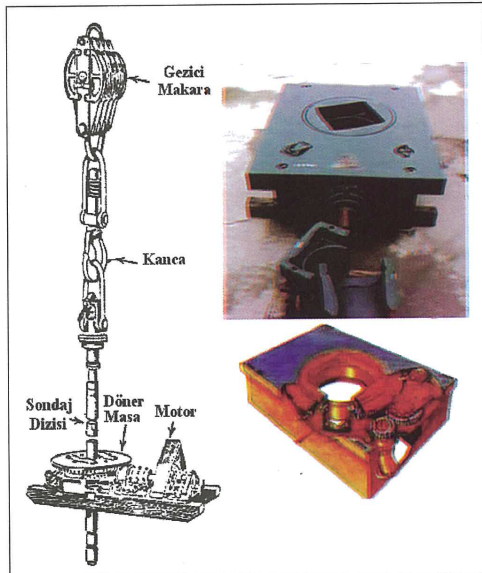
1. **Döner Masa (Rotary tablası):** Sondaj ünitesinin tam kuyu üzerinde bulunan elemanıdır.



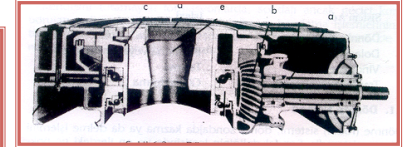
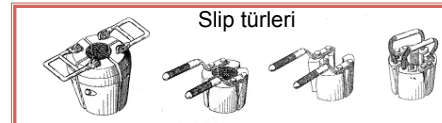
Döner masa ve kesiti

- a. Motordan gelen mil
- b. Konik dişli
- c. Konik dişliden aldığı hareketin yönünü değiştiren ayna isimli dişli
- d ve e. Boruların tutulmasını sağlayan astarlar.

42

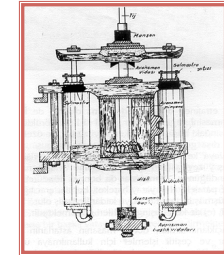


Çeşitli boruların birbirlerine bağlanma ve çıkarma işlemlerinde tutucu astar veya slip adı verilen ekipmanlarda kullanılır.



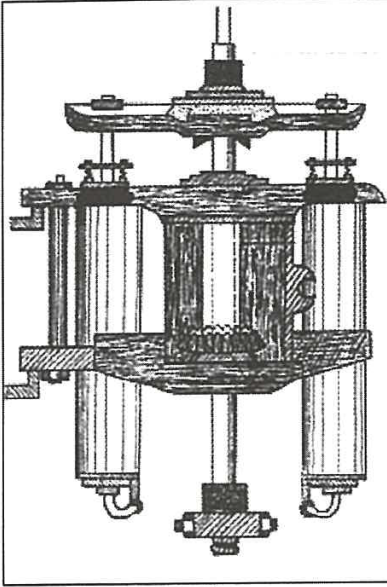
Döner masalar kullanışlı ve dayanıklı olmalarından dolayı geniş çaplı ve derin kuyular açmaya uygun sondaj ünitelerinde tercih edilirler. Ancak hareketin sadece düşey yönde olması eğik sondaj olanağını ortadan kaldırmaktadır.

2. **Döner Kovan (Morset):** Motordan gelen yatay dönme hareketi kutunun ortasından geçen konik dişli sayesinde gelen hareket yönüne dik bir yönde dönüştürülür. Morsetin yatay eksen etrafındaki dönebilmeye özelliği sayesinde kovan mili etrafında 180 derecelik bir hareket kabiliyetiyle istenilen yönde sondaj yapılmasına olanak sağlar.



Morset

44



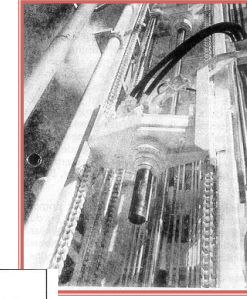
Morsetin iki yanındaki hidrolik pompalar sondaj dizisi üzerine baskı (pull down) yapmayı sağlar. Bu baskı baş yukarı sondajlarda düzeneğin formasyon üzerine baskı yapmasını da sağlar.

Sondajın ilerlemesinde kullanılan borular kovan içinden geçer ve morset (avansman) vidaları ile sıkılarak deliciye hareketi iletir. Bir morset boyu ilerlemeden sonra morset yukarı alınır ve borular tekrar vidalanarak ilerlemeye devam edilir. Morsetin ilerleme boyları: 18 inç (45.7 cm) ile 30 inç (76.1 cm) arasında olur.

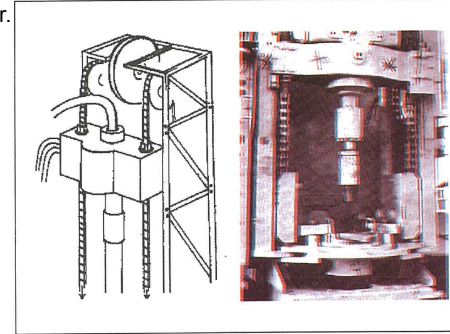


### 3. Döner Kafa (Hidrolik Firdöndü):

Sondaj dizinin en üstünde yer alan dönme hareketi yaparken dizi ile aşağı yukarı hareket edebilen ve bu hareketi kule boyunca yapabilen bir parçadır. Dönme hareketi mekanik yollarla (mil vb.) hortumlarla basılan hidrolik yağlarla sağlanır.



Döner kafa



Döner Kafa

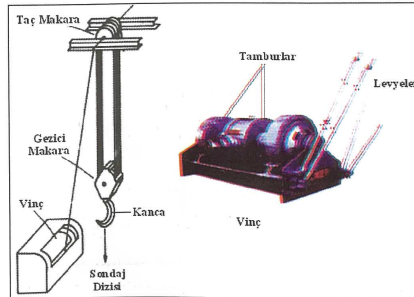
**4. Turbo Düzeni:** Dönme hareketinin yön değiştirmesi söz konusu değildir. Sondaj makinasında dönme düzeneğine gerek yoktur. Sondaj dizisinde dönme hareketi gelişmez. Sadece delicinin hemen üzerindeki hidrolik türbin sayesinde delici döner.

### II. Döner Sondajda Dolaşım Sistemi

1. Düz dolaşimli sistemler
2. Ters dolaşimli sistemler
3. Havalı sondaj
4. Örnek almalı sondaj

### III. Döner Sondajda Vinç Sistemi

Sondajda enerjiyi, taşıma işlemine döndürmek ve bağlantı elemanlarını sağlamak için vinç sistemine gereksinim duyulur. Sondaj donanımlarında, vincin uyguladığı çekme kuvvetini ve hareketini boru dizilerine iletmek üzere halat ve makaralardan oluşan palanga düzenekleri kullanılır.



Döner sondajda, matkabın kuyunun uç noktasına kadar taşınması gereklidir. Bu amaçla, sondajda hem güç aktarımı hem de bağlantı işlemlerini sağlamak için bir vinç sistemine gereksinim duyulmaktadır.

### IV. Döner Sondajda Transmisyon Sistemi

Güç kaynağı olan motordan alınan hareket; dönme, dolaşım ve vinç sistemlerine ve bunların elemanlarına sondaj dizileri ve aktarma organlarıyla iletilirler. Bu aktarma işlevine transmisyon denir.

### DÖNER SONDAJDA DELME DİZİSİ ELEMANLARI

Dizi deliciden makinaya doğru şöyledir.

#### 1. Döner Sondajda Deliciler

**a. Matkaplar:** Kırarak ve öğüterek kazma işi yapan delicilerdir.

**b. Örnek alan deliciler:** karot matkaplar ve örnek alıcılar olmak üzere iki türlü olan bu delicilerin asıl amacı örnek almaktır.

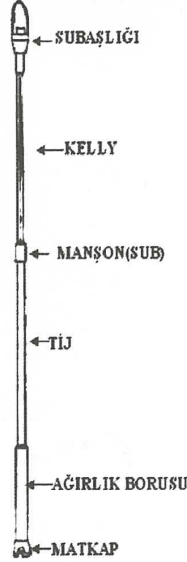
**c. Genişleticiler:** Kazılmış sondaj kuyularını çeşitli amaçlar için genişletmek için kullanılan delicilerdir.



## 2. Döner Sondajda Ağırlık Borusu

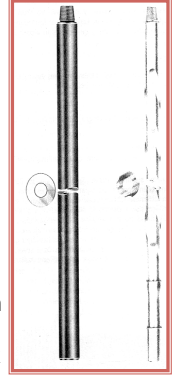
İçi boş et kalınlığı fazla, genellikle daire bazen kare şekilli üstü ucu dişi alt ucu erkeke vidalı 10, 20, 30 ve 42 ft. ( 3.05, 6.10, 9.15 ve 12.8 m) uzunluğunda 3-8 inç (9.14-20.32 cm) çapında bir borudur. Birim ağırlıkları et kalınlıklarına ve çaplarına göre 30 kg/m ile 250 kg/m arasında değişir. Bir sondaj dizinde tek bir ağırlık olabileceği gibi çok sayıda ağırlıkta kullanılabilir

### TİPİK BİR DÖNER SONDAJ DİZİSİ



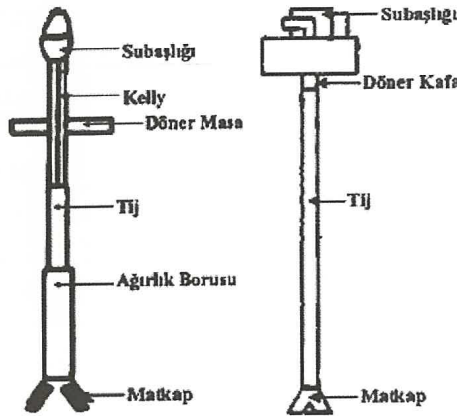
### Ağırlık borusunun kullanım amaçları

- Delici üzerine baskı yapma:** Matkap üzerindeki baskıyı yani gerekli ağırlığı arttırmak. Ağırlık gerektirecek sondaj işlerinde baskı gereksinimi 5-30 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişir.
- Ölü noktayı üzerine alma:** Sondaj işlerinde sondaj dizisinin ağırlığının bir kısmı askıda bir kısmı ise baskıda çalışır. Diğer bir ifadeyle sondaj dizisine uygulan kuvvet bir noktada yön değiştirir. Bu nokta ölü nokta olarak tanımlanır. Ölü noktanın dizinin en dayanıklı kesiminde yer alması istenir. Ağırlık borusu bu amaçla dizide kullanılacak en dayanıklı ekipmandır.
- Titreşimi önleme:** Ağırlık hem sıçramayı hem de dayanıklı ve et kalınlığıyla titreşimi azaltır.
- Burkulmayı önleme:** Sondaj dizisi üzerine verilen baskı dizinin burkulmasına, kamçılı çalışmasına ve hatta kopmalara neden olur. Ağırlık borusu bunu önler.
- Sapmayı önleme:** Sondaj dizisi formasyonda olabilecek sertlik farkından dolayı eksenden sapabilir. Ağırlık borusu bunu önler.
- Matkap tüketimini azaltma:** Zıplayarak formasyon üzerinde dönen matkap çabuk yıpranır. Ağırlık borusu bu sıçramaları en aza indirir.



Ağırlık boruları

50



### 3. Döner Sondajda Sapmazlar

Ağırlık boruları her ne kadar sapmayı engelleseler bile tümüyle önleyemezler. Stabilizer ismi de verilen sapmazlar kuyu çapına yakın kısa boylu ağırlıklar olarak tanımlanabilirler. Sondaj dizinde ağırlık serisinin altında ve arasına serpiştirilirler.

### 4. Döner Sondajda Sondaj Boruları (Tijler)

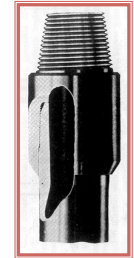
Deliciye dönme hareketini, delici uca hava veya sıvıyı ileten, deliciyi kuyu içine indiren ve çıkartan ve birbirine eklenerek sondajın ilerlemesini sağlayan borulara **sondaj borusu veya tij** denir.

#### Tij Gövde Türleri

İçe şişkin tijler: Boru uçları ısıtılarak içe kalınlaştırılmış tijlerdir. IU simgesi ile tanımlanırlar.

Dışa şişkin tijler: Boru uçları ısıtılarak dışa kalınlaştırılmış tijlerdir. EU simgesi ile tanımlanırlar.

İçe-Dışa şişkin tijler: Uçları hem içe hemde dışa kalınlaştırılmış tijlerdir. IEU simgesi ile tanımlanırlar.

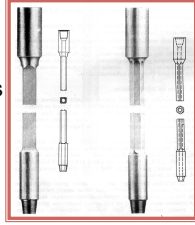


Şişkin tij

52

### 5. Döner sondajda şekilli borular (Kelly)

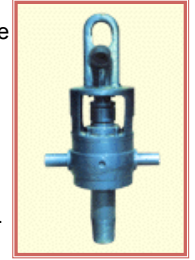
Döner masalı sondajlarda dönme hareketi sondaj dizine "şekilli borularla" iletilir. Döner masanın içinden geçen iç yüzeyi silindirik dış yüzeyi döner masanın içindeki astara uygun kare veya altıgen olan boru elemanlarıdır. Döner masa içinde yukarı aşağı rahatlıkla geçerken dönme işlemi sırasında astarla birlikte hareket ederler.



Şekilli borular

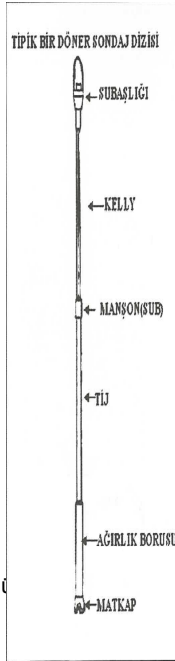
### 6. Döner sondajda Firdöndü (su başlığı)

Üst kısmı dönmeyen alt kısmı sondaj dizisi ile birlikte dönen bir elemandır. Üst kesiminden dolaşım sisteminden gelen sıvıyı kuyu içine taşır. Su başlığı da denir.



Su başlığı (Firdöndü)

- Sondajı oluşturan işlevlerin tümünde görev alan tek parçadır.
- Alt bölümü dönerken üst bölümü sabit kalır.
- Tepeden dönerli sondajlarda döner kafa firdöndünün görevini tümüyle üstlenir.

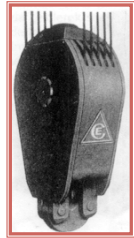
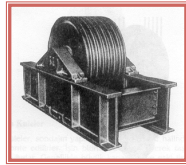


**ii. Yardımcı Tanbur:** Her tür vinç işinin yapılabildiği ve kuyu tabanına kadar kova vb. gereçlerin indirilmesine olanak sağlayan tanburdur. Kullanılan halatın boyu uzun ama cer halatından daha incedir.

**iii. El Tanburu:** Kedi kafası veya köpek kafası da denir. Sondöre pratik kullanım sağlar pek çok araç gerecin kaldırılıp indirilmesinde kullanılabilir. Kavramasız bir tanburdur.

### 2. Döner Sondajda Makaralar

- Sabit makaralar:** Kulenin en yüksek yerinde bir sıra gezmeyen makara vardır. Bu makara blokuna taç makara denir.
- Gezici makaralar:** Bir mile takılı birden fazla çark içerebilirler. Her bir çark bir dil olarak adlandırılır. Tek dilli makaralar olabildiği gibi 6 dilliyeye kadar çıkabilir.



Sabit ve gezici makaralar

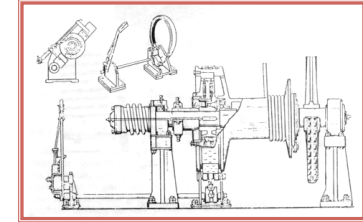
### DÖNER SONDAJDA TAŞIMA DİZİSİ ELEMANLARI

**Firdöndü bir kancaya, kanca hareketli makaraya, hareketli makara ise kulenin en üstündeki sabit makaraya tel halatla bağlıdır.** Tel halat sarıllı olduğu tanburun dönmesiyle sabit makaradan geçerek hareketli makarayı ve kancayı hareket ettirir ve böylelikle tüm sondaj dizisi aşağı-yukarı hareket ettirilir. Tanburlar, kule, sabit makaralar, hareketli makaralar, kanca ve halattan oluşan sisteme vinç sistemi, parçalara taşıma elemanları, diziye de taşıma dizisi denir.

### 1. Döner Sondajda Tanburlar

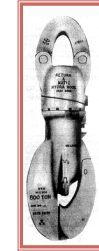
**i. İş Tanburu:** Sondaj dizisini taşıyan kancanın bağlı olduğu ana tanburdur. Döner sondajda borulamada iş tanburu kullanılır. Buna da darbeli sondajda olduğu gibi **cer tanburu** halata da cer halatı denir. Halat sadece kuyu dışında çalıştığından sağlam ama kısadır.

Tanbur düzeneği



### 3. Döner Sondajda Kanca

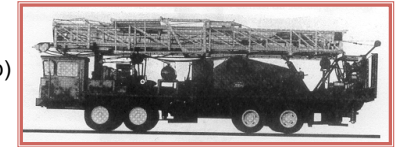
Döner sondajda genellikle gezici makaraya, gezici makaranın olmadığı durumlarda iş halatına doğrudan bağlıdır. Üst bölümün sabit alt bölümünün döner özelliği sondajda kolaylıklar sağlar.



Kanca

### 4. Döner Sondajda Kule

- Bağımsız kuleler: (a) Montajlı kuleler, (b) Eklentili kuleler
- Bağımlı kuleler: (a) Tek parça kuleler, (b) Çift parça kuleler, (c) Mekanik kuleler, (d) Hidrolik kuleler



Kule

**5. Döner Sondajda Halatlar:** Darbeli sondajdaki gibidir.

## DÖNER SONDAJDA DOLAŞIM DİZİSİ ELEMANLARI

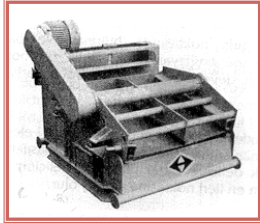
**Döner sondajın en önemli unsurudur.** Dolaşım sıvısını pompalayan **çamur pompası**, kırıntıları çamurdan ayıran **sallantılı elek**, ve diğer katı madde ayırıcıları, dolaşım sıvısını depolayan **çamur tankları/havuzları** dolaşım sistemi elemanlarını oluşturur.

Üç gruptan oluşur.

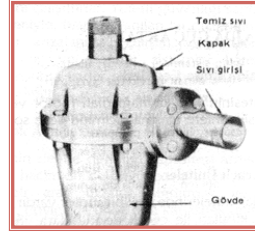
**i.Emme bölümü:** Emme deposu, emme hortumu ve pompadan oluşan ve temizleme maddesinin depolanıp emildiği bölümdür.

**ii.Basma bölümü:** Emme bölümündeki sıvıyı kuyu içine kadar ulaştıran kesimdir.

**iii.İşlem bölümü:** Kuyu boşluğu, kırıntı eleği, kanal ve oluklar, dinlendirme deposu, ayırma siklonları gibi elemanlardan oluşur ve sıvının tekrar kazanımının yapıldığı bölümdür.



Kırıntı eleği



Temizleme siklonu

57

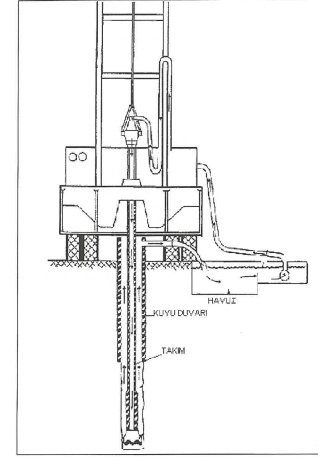
## DÖNER SONDAJ YÖNTEMLERİ

### II. Döner Sondajda Dolaşım Sistemi

1. Düz dolaşimli sistemler
2. Ters dolaşimli sistemler
3. Havalı sondaj
4. Örnek almali sondaj

### DÜZ DOLAŞIMLI SONDAJ

En basit sondajdan derin petrol sondajlarına kadar uygulama alanı bulan düz dolaşimli sondajda, sondaj sıvısı sondaj dizisi içinden geçer kuyu boşluğundan geri dolanır ve temizleme dışında ek görevler de üstlenir.



Düz dolaşimli döner sondaj yöntemi

58

### 1. Sondaj Sıvısı Türleri

Başlangıçta sadece su (kırıntıları dışarı almak için), sonraları killi formasyonlarda suya karışan kilin ilave yararlar sağladığı dikkate alınarak su içine kil katılarak oluşturulan sıvılar (sondaj çamurları) kullanıldı. Bu gün su dan petrol türevlerine kadar pek çok sıvı kullanılmaktadır.

**Temiz Su:** Göl sularından deniz akarsularına kadar her türlü su

**Doğal çamurlar:** Killi formasyonların olduğu durumlarda kilin eriyerek suya alındığı sondaj sıvısı

**Kil çamuru:** Doğada bulunan ham kilin işleminden geçirilmeden suya katılmasıyla oluşan sondaj sıvısı

**Bentonit çamuru:** Bentonit, montmorillonit türünde bir kil olup, fırınlanıp öğütülerek sondaj çamurunun oluşturulmasında kullanılır.

**Petrol Çamurları:** 1/4-1/5 oranında suya petrol veya petrole su karıştırılarak elde edilen sondaj sıvılarıdır.

### Katkı Maddeleri

Çamur katkı maddeleri, çamurun her tür koşul ve formasyon yapısında asli görevlerini yerine getirebilmesi için çamura katılırlar.

- Ağırlaştırıcılar : barit vb.

- Viskozite Artırıcılar : polimer vb.

- Su Kaybı Azaltıcılar : polimer, CMC, nişasta vb.

- Dolaşım Kaybı (Kaçak) Önleyiciler : fiberler, ham kil vb.

- İncelticiler : lignosülfonatlar vb.

- Asitlik ve Tuzluluk Ayarlayıcılar : Kostik soda (NaOH) ve Sodyum Bikarbonat (Na HCO<sub>3</sub>)

Şişen, eriyen, mağaralı, çatlaklı ve dökülen formasyonlar delinirken, su ile ilerlemek büyük güçlükler yaratır. Sondaj çamuru şişme, erime, yıkılma ve dökülmeler nedeniyle suyun kullanılmasının sakıncalı olduğu bu gibi durumlarda sondajın sürekliliğini sağlar. Gevşek formasyonlar (killi, kumlu, çakıllı vb.) delinirken, su dolaşımı kuyu duvarındaki doğal bağlayıcı maddeleri gevşeterek (kum, çakıl vb.) bu maddelerin kuyu içine dökülmesine, takımın sıkışmasına ve aşınmasına neden olur. Bu gibi durumlarda devamlı çöküntü yüzünden muhafaza borusu indirmek ya çok zor veya olanaksızdır. Böyle bir durumda en güvenilir yöntem sondaj çamuru kullanmaktır.

## 2. Sondaj Çamurunun İşlevleri

- |                |                      |              |
|----------------|----------------------|--------------|
| i. Temizleme   | ii. Soğutma          | iii. Yağlama |
| iv. Siva yapma | v. Basıncı dengeleme |              |

## 3. Sondaj Çamurunun Etkileri

- |                       |                          |                       |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| i. Delici verimliliği | ii. Sondaj ilerleme hızı | iii. Sondaj güvenliği |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|

İşlevler	Etkileri
Soğutma	Delici verimliliği
Yağlama	Delici verimliliği
Temizleme	Delici verimliliği+ilerleme hızı
Siva yapma	İlerleme hızı+sondaj güvenliği
Basıncı dengeleme	Sondaj güvenliği

## Sondaj Sıvısının/Çamurunun İşlevleri

- \* Kuyu duvarını sıvamak suretiyle kuyuyu koruma altına almak
- \* Matkabi soğutmak
- \* Matkabin kestiği kırıntıları kuyu dışına atmak suretiyle kuyu ve matkabi temizlemek
- \* Kuyu duvarında oyuklar oluşmasını önlemek
- \* Formasyonu yumuşatmak
- \* Formasyon basıncını yenmek-önlemek
- \* Kullanılan teçhizatı yağlamak
- \* Sondaj teçhizatındaki aşınmayı ve paslanmayı azaltmak
- \* Takım ve muhafaza borularının hareketini kolaylaştırmak
- \* Yüze çıkardığı kırıntıların çamur havuzunda çökmesine imkan tanımak ve bu kırıntılardan jeolojik bilgi edinilmesini sağlamak

## 4. Sondaj Çamurunun Yapısı ve Özellikleri

**Yapı:** Sondaj çamuru bir süspansiyondur. Su + kil tanecikleri + sediman İyi bir sondaj çamuru için kilin “su emme “ ve “dağılma” özelliklerinin fazla, “tane boyu” ve “su bırakma” özelliklerinin ise düşük olması istenir.

Montmorillonit gurubu killer en iyisi. Genellikle Bentonit kullanılır. 100 kg bentonit ile 1 m<sup>3</sup> çamur yapılabilir.

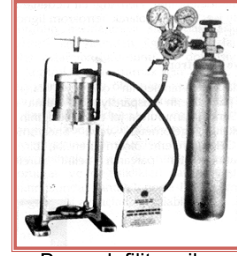
**Yoğunluk:** Çamurun yoğunluğunu bentonitiin miktarı ile suyun miktarı belirler. İyi bir bentonit çamurunun yoğunluğu 1.08-1.32 g/cm<sup>3</sup> dür. Killi formasyonun sondaj çamuruna karışımı yoğunluğunu artırır buna çamur kalınlaşması denir. Su ilave edilerek çamur inceltir. Basıncı dengeleme problemi olan kuyularda daha yoğun sondaj çamurlarına gereksinim duyulur. Bu durumda yoğunluğu arttırmak için çamura barit hematit gibi yoğunluğu yüksek tozlar eklenir. (Barit, BaSO<sub>4</sub>, 4.3g/cm<sup>3</sup>; Hematit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.2 g/cm<sup>3</sup>)



**Akışkanlık (Viskozite):** Akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Bu sedimanın taşınmasını ve pompanın verimini etkiler. Marş hunisi ile ölçülür. Huni içine 1.5 lt sondaj çamuru konur ve 1 lt'sinn boşalması için geçen süre okunur. 32-50 sn arasında olması istenir.



Marş hunisi



Basınçlı filitre cihazı

**Su kaybı ve siva kalınlığı:** Sondaj çamurunun kuyu duvarında oluşturduğu sıvanın su sızdırma miktarına su kaybı denir. Siva kalınlığının düşük su sızdırmasının da az olması istenir. Su kaybı çamuru kalınlaştırırken, siva kalınlığı ise sondaj takımını sıkıştırır. Basınçlı Filitre cihazı ile ölçülür. Filitre kağıdının üzerindeki hazneye sondaj çamuru konur ve 7 atmosfer basınç altında 30 dk bekletilir. Sızan suyun 10-15 cm<sup>3</sup> arasında olması filitre üzerindeki siva kalınlığının ise 4 mm'yi geçmemesi istenir.

65

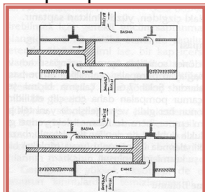
**Jel dayanıklılığı ve Tikotropi:** Sondaj çamuru içindeki kil tanelerinin çökmeye karşı gösterdiği direnç jel dayanıklılığı olarak adlandırılır. Jel dayanıklılığının süspansiyon hareketli durumda iken artmasına, durgun halde iken azalmasına tiksotropik özellik denir. Tikotropi düşük olursa sondaj durunca hemen matkabın ucuna sediman ve çamur çökeline neden olacağı için istenmez.

**Asit-Baz ortam:** Sondaj çamurunun viskozitesini etkilediği için önemlidir. PH 8-10 arasında olmalıdır.

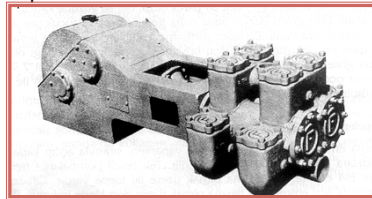
**Kırıntı oranı:** Sondaj çamuru beraberinde getirdiği sediman kırıntıları ile temizlenme işleminden geçirilse bile tümüyle temizlenemez. Ancak kırıntı miktarının oldukça düşük olması istenir ve % 2 olması idealdir.

### 5. Çamur Pompası

Sondaj sıvısının dolaşımını sağlayan pompalardır. Genellikle emme-basma tipinde pompalardır.

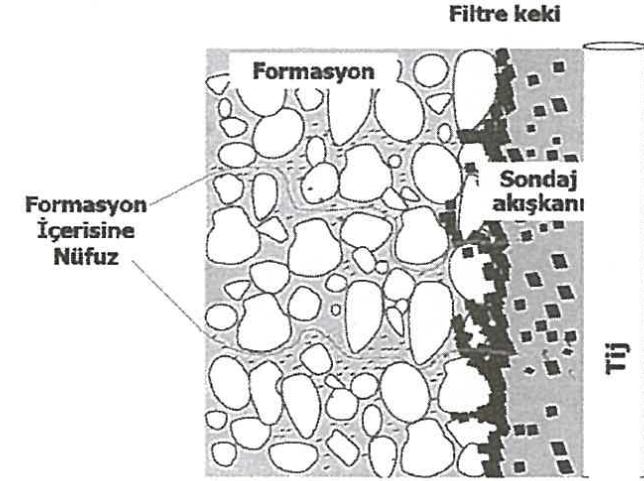


Pompa çalışma düzeni



Çamur pompası

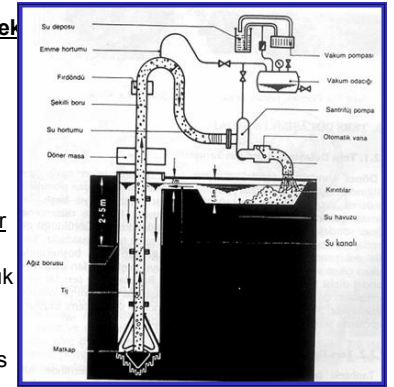
67



### TERS DOLAŞIMLI SONDAJ

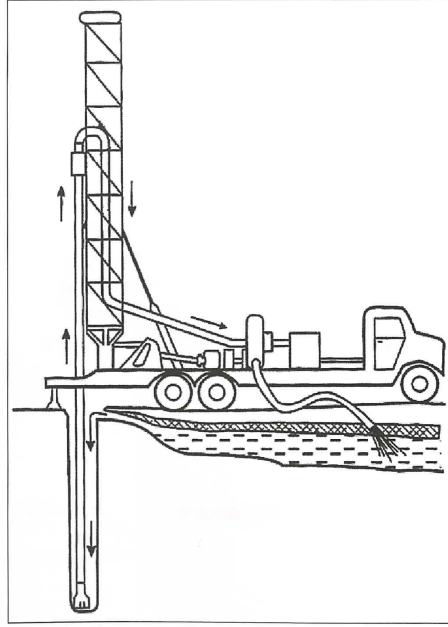
**Sondaj sıvısının kuyu boşluğundan kendiliğinden akıp, sondaj dizisi içinde yükselmesi ve oradan pompa ile emilerek dışarı alınıp, süzülerek tekrar kuyuya yönlendirilmesi ile sağlanan dolaşıma ters dolaşım denir.**

Sondaj yöntemi daha çok santrifüjlü pompalara kullanım alanı oluşturmak için gelişmiştir. Bu pompalar hafif ve fazla devir ile verimliliklerini yükseltmektedir. Bu yönüyle emme basma tulumalara üstünlük sağlamışlardır. Ancak yüksek basınçlar oluşturamayışı nedeniyle sadece emme görevi üstlenen santrifüjlü pompalar ile ters dolaşimli sondaj yöntemi geliştirilmiştir. Büyük çaplı kuyular (24 inçten büyük) genellikle ters dolaşimli döner sondajlarla açılmaktadır.



Ters dolaşım şeması

68



### Ters Dolaşimli Sondajın Özellikleri

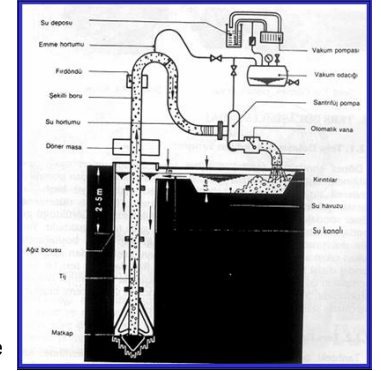
**1. Dolaşım Sıvısı:** Sıva oluşturulmasına gerek olmadığı için sondaj çamuruna gereksinim duyulmaz ve genellikle su kullanılır. Bazen kuy tabanından basınçlı hava basılarak sıvının yoğunluğu azaltılır ve taşıma gücü artırılmış olur.

**1. Pompa:** Emme işlevi yapan santrifüjlü bir pompadır.

**1. Deve boynu ve firdöndü:** Yöntemin emme işlevi açısından sızdırmazlığın sağlanması mutlak. Deve boynu ve firdöndünün iç çapları düz dolaşimli yöntemdekinden büyüktür. Çünkü içlerinden sediman tanelerinin geçmesine izin vermelidir.

**1. Sondaj Boruları (Tijler):** Düz dolaşimli sistemlerden daha geniştirler. Genellikle 5-8 inç.

**2. Matkaplar:** İçlerinden emme işlevi ile sıvı çekileceğinden buna uygun olmalıdırlar.(a) Yapma matkaplar (b) Sert formasyon matkabı



70

### Ters Dolaşimli Sondajın Yararları

1. Geniş çaplı sondajlar için daha uygundur.1-4m çaplı sondajlar
2. Sondaj çamuru gerektirmez. Su yeterlidir.
3. Sondaj sıvısının formasyon içine girmesinin sakıncalı olduğu ortamlarda bu sondaj tercih edilir.
4. Basit ve ucuz santrifüj pompalar kullanılır.

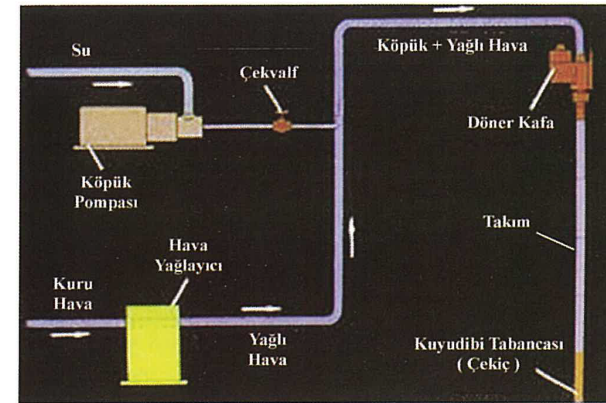
### Ters Dolaşimli Sondajların Sakıncaları

1. Emme sırasında sondaj dizisi içinde gelişen sürtünmeden dolayı derinlikle verimlilik azalır ve en fazla derinlik 200 m'dir. Basınçlı hava ile bir miktar daha inilebilir.
2. Kendini tutmayan ortamlarda uygulanamaz.
3. Çok miktarda su ihtiyacı vardır.
4. Ekipman fazlalığı ve ağırlığı

71

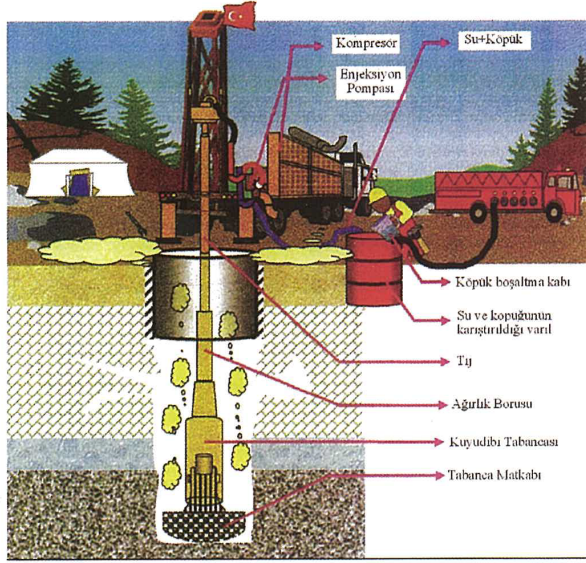
### HAVALI SONDAJ

Temizleme işleminin sondaj sıvısı yerine hava ile yapıldığı bir döner sondaj sistemidir. Kullanılan gereç ve katkı maddelerine göre üç grupta ele alınır.



Havali sondaj bileşenleri ve sistemin genel şeması

72



Havali sondajın genel modeli



- i. Basit havali yöntem
- ii. Hava çekimli yöntem
- iii. Çekiç kafalı yöntem

**i. Basit havali yöntem**

Düz dolaşimli sistemle basınçlı hava üreten kompresörün dışında oldukça benzerdir. Düz doşalımlı sisteme ek bir **kompresör** ile iki tür sondajında yapılması sağlanabilir.

**ii. Hava çekimli (tabancalı) yöntem**

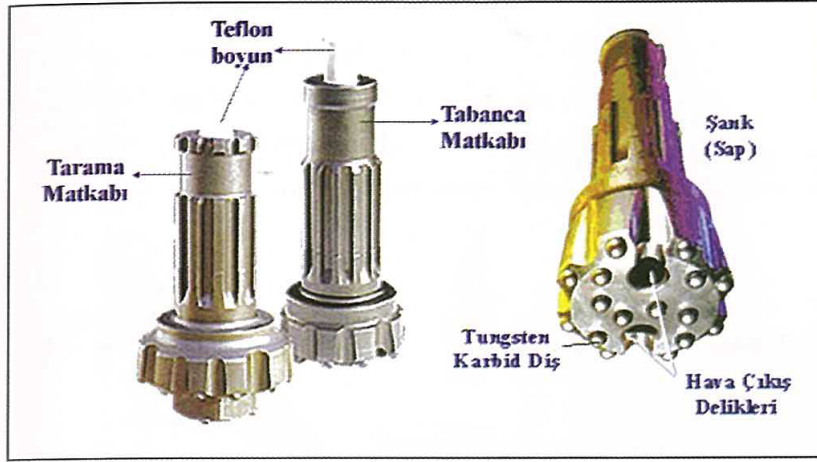
Delme işlemi bakımından darbeli ve döner sistemin birleştiği bir yöntemdir. Döndürme sistemi klasik döner sondajda olduğu gibi tabla, morset veya kafa ile sağlanır. Darbe işlevi ise delme dizisinin alt ucuna konulan hava çekici ismi verilen bir gereçle sağlanır. Sondaj dönerek formasyon üzerinde hareket ederken, hava çekici ile delici aynı zamanda darbelerde üretir. **Dakikada 600-1600 darbe yapılabilir.**



- 1.ÜST SAP
- 2.CONTA
- 3.ÜST SAP PULU
- 4.YAY MERKEZLEME HALKASI
- 5.ÇANAK YAYLAR
- 6.ÇEKVALF
- 7.TAPA
- 8.YAY,ÇEKVALF
- 9.HAVA DAĞITICISI
- 10.HAVA DAĞITICISI CONTASI
- 11.İÇ GÖMLEK
- 12.GÖMLEK TUTUCU HALKA
- 13.DIŞ GÖMLEK
- 14.PİSTON
- 15.PİSTON TUTUCU HALKA
- 16.MATKAP TUTUCU HALKA
- 17.MATKAP TUTUCU
- 18.ALT SAP
- 19.MATKAP

Kuyudibi tabancasının yapısı

## Hava çekici ile kullanılan matkaplar



Yüz Tasarımı			Diş Tasarımı		
Dışbükey	Düzyüzlü	İçbükey	Dem	Balistik	Yarı Balistik

**İçbükey (Concave) Matkap:**  
Çok sert ve aşındırıcı formasyonlar dışında her formasyonda kullanılır.

**Avtantajları:** iyi ilerleme hızı, iyi kuyu sapma kontrolü, çatlaklı kayalarda dayanıklı.

**Dezavantajları:** Çap kesici uçlarında fazla aşınma

**Düz yüzlü Matkap:** Her tür formasyonda kullanılır. Sert ve aşındırıcı formasyonlarda uygundur.

**Avantajları:** güçlü, iyi direnç, iyi ilerleme, hızlı ve taşınması kolaydır.

**Dezavantajları:** çatlaklı kayalarda kuyu sapması.

**Dışbükey Matkaplar (convex):**  
Orta-sert formasyonlarda kullanılır. Yeni tasarımıdır.

**Avantajları:** çok iyi ilerleme hızı, iyi kuyu sapma kontrolü, büyük kesitler alabilme, iyi kuyu temizliği.

**Dezavantajları:** taşımak zor, çok sert formasyonlarda çabuk aşınma olabilir.

**Ortası Çukur (Drop Center) Matkap**  
En iyi verim orta-sert formasyonlarda.

**Avantajları:** merkezdeki oluk sayesinde çok düzgün kuyular açabilme ve iyi ilerleme hızı.

**Dezavantajları:** çok dayanıklı olmaması.

## Havalı Çekiç Başarı Faktörleri

- 1- Kesici uçların keskinliği kesinlikle korunmalıdır.
- 2-Matkap çapları doğru seçilmelidir, bir sondaj boyunca aynı çapta matkap kullanılmalıdır.
- 3- Başarılı bir uygulama, basınç, hava miktarı, matkap üzerine verilen ağırlık, frekans ve dönem hızı değerleri ile yakından ilişkilidir.
- 4- Ekipmanların bakımı oldukça önemlidir.
- 5-Önce darbe sağlanmalı sonra dönmeye başlanmalıdır. Takım tabana oturmuş durumda iken döndürülmemelidir.

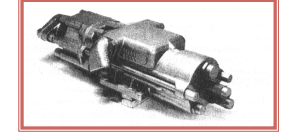
### Hava çekicli yöntemin avantaj ve dezavantajları

1. Delme ve ilerleme çok hızlıdır. (avantaj)
2. Delme fonksiyonunda çoğunluklu olarak görev hava çekicine aittir. (avantaj)
3. Sert formasyonlarda çok verimli bir yöntemdir. (avantaj)
4. Su veya diğer türde sondaj sıvısına gerek yoktur. (avantaj)
5. Taneli gevşek zeminlerde uygulanamaz. Kuyu yıkılır. (dezavantaj)
6. İlk yatırımı fazladır. Hava çekici pahalıdır. (dezavantaj)
7. Su içeren formasyonlarda derinlik sınırlıdır. (dezavantaj)

81

### iii. Çekiç kafalı yöntem (Drifter)

İlke ve uygulanış bakımından hava çekicli yöntemle benzer. Ancak, çekiç kuyunun içinde değil dışarıda ve kuleye bağlıdır. Kule boyunca yukarı aşağı darbeler üreterek dizinin (tijlerle birlikte) darbeli biçimde formasyon üzerinde dönmelerini sağlar.



Çekiç kafa

### Çekiç kafalı yöntemin avantajları

1. Her yönde sondaj yapılabilir. Galeri içi de dahil her yerde uygulanabilir.
2. Çekiç kafa kuyu dışında olduğundan hava çekicli yöntemle oranla riski daha az ve daha kullanışlıdır.
3. Basıncı hava yolu azaldığından sürtünme ve basınç kayıpları en azdır.

### Çekiç kafalı yöntemin dezavantajları

1. Derinli ve çap kapasitesi düşüktür.
2. Darbe hareketini sağlayan basınçlı hava kuyu temizliğinde kullanılamamaktadır.
3. Darbe hareketi sondaj dizisi boyunca iletiğinden, tüm takım etkilenmekte ve ömrü kısalmaktadır.
4. Çok gürültü çıkarır.

82

Sondaj Yöntemi Seçme Kararı	
Bileşenler	
Jeojeolojik Köken	Mağmatik ve Metamorfik
Formasyon Örnekleri	Granit Bazalt Gneys Kuvarslı Şist Kireçtaşı Kumtaşı Şeyl Kil Ahıyvon
Delinebilirlik	Çok Zor-Zor Zor-Kolay Çok Kolay
Sondaj Yöntemi	Döner-Darbeli Sondaj
	Döner Sondaj
Çap	4 - 8 inç
	6 - 12 inç

Özdemir, 2009

### TEPEDEN DÖNERLİ SONDAJ

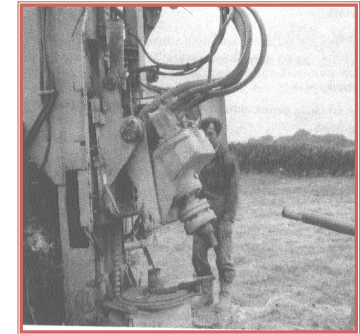
Delici uca aktarılan dönme hareketi dizinin en üstünde yer alan "döner kafa" ile sağlanır. Döner kafanın döner tabla ve kovandan farkı, kule boyunca yukarı aşağı hareket edebilmesidir.

### Tepeden dönerli sondajın avantajları

1. Dönme tablası ve şekli boru yoktur. Dolayısıyla, aktarma elemanlarına da gereksinim yoktur.
2. Yöntemin ilerleme hızı yüksektir.
3. İşçilik azdır.
4. Eğimli sondaj yapılabilir.

### Tepeden dönerli sondajın dezavantajları

1. Sondaj makina ve ekipmanı pahalıdır.
2. Eğitimli personel gerektirir.
3. Düşey eksenden sapma riski vardır.



84

## TURBO SONDAJ

İlke ve ana mekanizmaları düz dolaşimli döner sondaj ile aynıdır. Tek farkı deliciye dönme hareketini kuyu içindeki bir türbinin sağlamasıdır. Dönme sondaj sıvısı ile sağlanır. Genellikle su kullanılır.

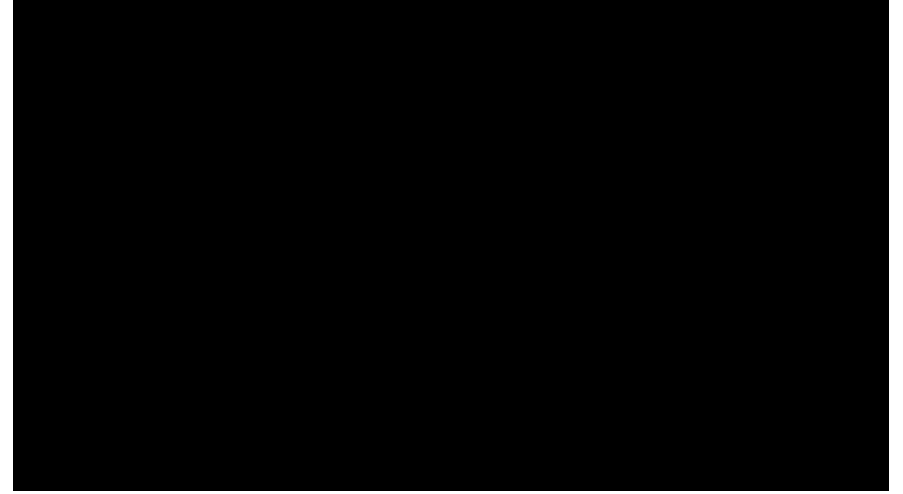
### Turbo sondajın avantajları

1. Daha hafif ve düşük dayanımlı tij kullanılabilmesi
2. Daha az gürültü
3. "Kamçılama" sondaj dizinin kuyu çeperine sürtünmesi gelişmez

### Turbo sondajın dezavantajları

1. Daha fazla sondaj sıvısına gerksinim duyulur.
2. Sondaj sıvısının temizlenmesine çok özen gösterilmelidir (kırıntı vs %2'den az)
3. Pahalı bir parçanın (dönme türbinini) kuyu içinde çalıştırılması

85

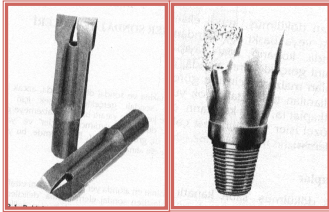


## SONDAJ GEREÇLERİ

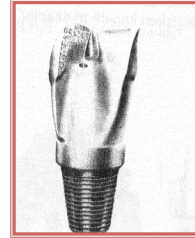
### 1. DELİCİLER

**Matkaplar:** Kendi eksenini etrafında dönerken, sondaj dizisi ve baskı ağırlığı ile üzerinde döndüğü formasyonu kırıp öğüten gereçlerdir.

#### Kanatlı matkaplar



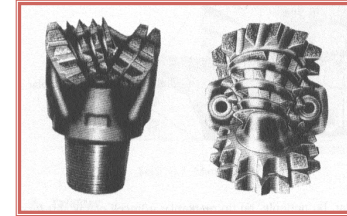
Balık kuyruğu matkaplar  
(Yumuşak ve taneli zeminlerde)



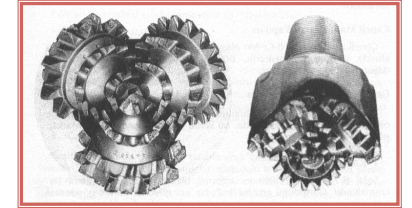
Çok kanatlı matkaplar  
(Yumuşak ve taneli zeminlerde)

87

#### Çeneli matkaplar



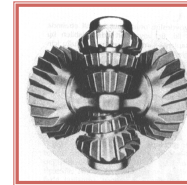
İki çeneli matkap  
(Sert, kaya formasyonlarda)



Üç çeneli matkap  
(Sert, kaya formasyonlarda)

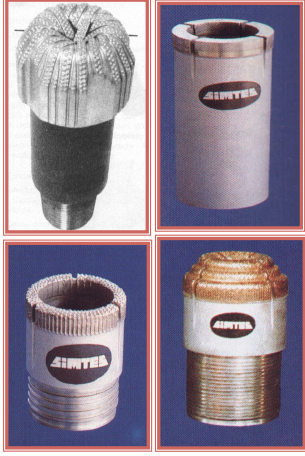


Dört çeneli matkap  
(Sert, kaya formasyonlarda)

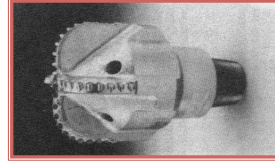


88

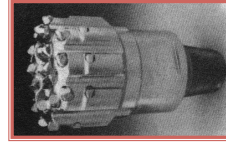
### Özel matkaplar



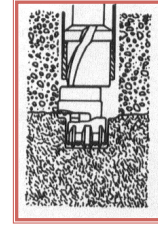
Elmas matkap  
(Çok sert kaya formasyonlarda)



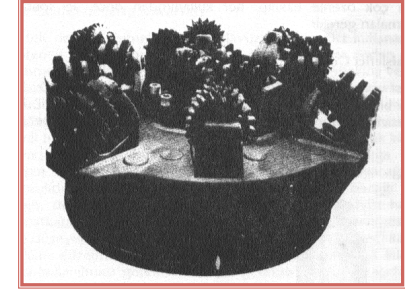
Kanatlı polikristalin elmaslı (PDC) matkap  
(Çok sert kaya formasyonlarda ve ısı problemi olan derin sondajlarda)



Dolu yüzlü PDC matkap  
(Çok sert kaya formasyonlarda ve ısı problemi olan derin sondajlarda)



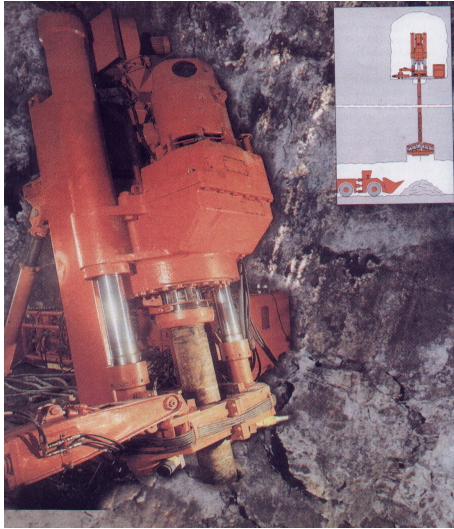
Eksantrik matkap  
(Büyük delik açmak için)



Tünel matkabı  
(Tünel (2-8m) açmak için)

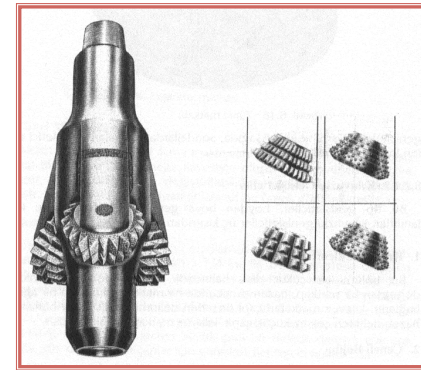
89

90

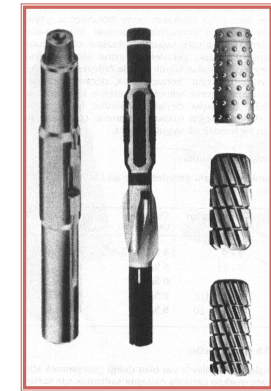


Bir tünel genişletici

**Geniştiriciler:** Önceden açılan bir sondaj deliğinin genişletilmesi için kullanılan gereçlerdir.



Kılavuzlu genişleticiler

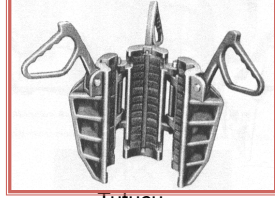
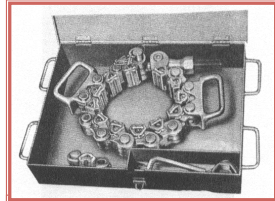
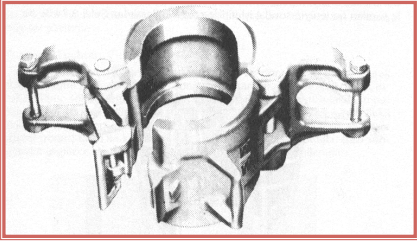


Taraklı genişleticiler

91

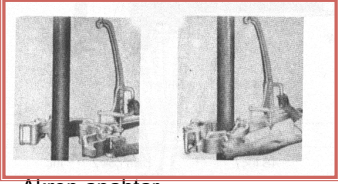
92

Diğer gereçler:

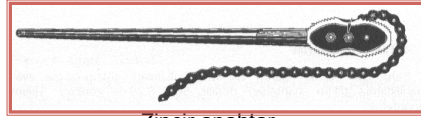


Tutucu

Manevra kelepçesi



Akrep anahtar



Zincir anahtar