

**BAŞYUKARI KUYU AÇMA MAKİNESİ İLE  
KUYU KAZISININ ANALİZİ**

**ANALYSIS OF SHAFT EXCAVATION WITH  
RAISEBORING MACHINE (RBM)**

**YAZAR ADI SOYADI**

**Tayfun ERDOĞAN**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2024

Güler ERDOĞAN ve Dilara Güler ERDOĞAN'a

## ÖZET

# BAŞYUKARI KUYU AÇMA MAKİNESİ İLE KUYU KAZISININ ANALİZİ

**Tayfun ERDOĞAN**

**Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER**

**Haziran 2024, 167 sayfa**

Bu tez çalışmasında, başyukarı kuyu açma yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiş ve başyukarı kuyu açma makineleri (BKAM) ve uygulamalar hakkında hem teknik ve teorik hem de literatür bilgileri sunularak mevcut yöntemler ile kıyaslamaları yapılmıştır. Makine seçim kriterleri ve global ölçekte uygulamada kullanılan makinelerin teknik özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Kuyu parametrelerine göre makine kapasitelerinin yeterlilikleri karşılaştırılmış ve teorik olarak kapasite yeterliliği belirlenmesi konusu sayısal örnekler üzerinde uygulamalı olarak sunulmuştur. Başyukarı kuyu açılması kararında önemli etkisi olan jeoteknik ve operasyonel parametrelere değinilirken, değiştirilebilen ve değiştirilemeyen parametrelerin yanında iyileştirilebilen hususlar ve iyileştirme yöntemleri hakkında izlenen yöntemler açıklanmıştır. BKAM ile açılmış kuyuların ayakta kalma sürelerini arttırıcı ve amaca hizmet edecek tahkimat ile güçlendirilmesine ilişkin örnek vakalar sunulmuştur.

BKAM ile kuyu açma sürecinin yönetimine ilişkin kılavuz niteliğinde yönerge ile yol gösterici bilgilere yer verilmiştir. Son olarak da 2012 yılından bu yana yazarın kişisel ve kurumsal olarak BKAM ile açılmış kuyuların yapım aşamasında edinmiş olduğu deneyimler vaka örnekleri olarak sunulmuştur.

Başyukarı kuyu açma makinesi ile kuyu açma yönteminin, madencilik ve inşaat faaliyetlerinde, çalışma prensiplerine uygun koşul ve şartların sağlanması halinde diğer yöntemlere göre avantaj sağlayan hızlı,

güvenli ve kazı çevresini örselemeden, ideal forma yakın kazı yapabilme özellikleri açıklanırken öngörülmeven ve varlığı nitelikli çalışmalarla ortaya çıkarılabılen risklere dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, BKAM ile kuyu açılması öncesinde yapılacak araştırmalar ve yapılacak işlere değinilmiş ve kuyu açım sırası ve sonrasında alınması gereken aksiyonlar tartışılmıştır. Bu tez çalışmasının, vaka örneklerinden elde edilen tecrübeler ile birlikte gelecekte yapılacak olan BKAM ile kuyu açma çalışmaları için bir başvuru eseri olacağı düşünölmektedir.

### **Anahtar Kelimeler:**

Başyukarı kuyu açma makinesi, makine seçimine etki eden faktörler, başyukarı kuyu açma yöntemleri, BKAM performans değeriendirme, uygulamada karşılaşılan sorunlar



# **ABSTRACT**

## **ANALYSIS OF SHAFT EXCAVATION WITH RAISEBORING MACHINE (RBM)**

**Tayfun ERDOĞAN**

**Master Degree, Department of Mining Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER**

**June 2024, 167 pages**

In this thesis, general information about raise boring methods is given. Additionally, technical, theoretical and literature information about raise boring machines (RBM) and applications are presented and compared with existing methods. Machine selection criteria and technical specifications of the RBM's used globally in practice are also presented. The adequacy of RBM capacities according to shaft parameters is compared and the theoretical determination of it is presented in practice with numerical examples. The geotechnical and operational parameters that have a significant impact on the decision of upward shaft excavation operation are discussed as well as the modifiable and non-modifiable parameters. Alongside the aspects that can be improved, the methods followed for improvement methods are also explained. Case studies are presented regarding the supporting of the shaft wall that has been excavated with RBM that have purpose-built reinforcements which serve their purpose and increase the survivability of the shaft excavated by RBM. Guidelines and guidance on the management of the raising shaft excavation process with RBM are provided. Finally, since 2012, the author's personal and corporate experiences in the construction of shaft opened with RBM are presented as case examples. The method of drilling shafts with

a raise boring machine is a fast, reliable method that provides an advantage over other methods in mining and construction activities, provided that the conditions are met in accordance with the working principles.

While explaining the fast, safe and near-ideal excavation characteristics of the method of excavating a shaft with a raise boring machine -which provides advantages over other methods in mining and construction activities, provided that the conditions in accordance with the working principles are met- the thesis has also tried to draw attention to the risks that are not foreseen and whose existence can be revealed by qualified studies.

As a result, the research and work to be carried out before excavating a shaft with RBM and the actions to be taken during and after shaft excavation are discussed. It is thought that this thesis, together with the experiences gained from the case studies, will be a reference work for future with RBM shaft excavating studies.

**Keywords:** Raise boring machine, factors affecting machine selection, raise boring methods, rbm performance evaluation, problems encountered in practice

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca engin bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, tez aşamasında iken devam edemeyip 20 yıl sonra aftan yararlanarak geri dönüşümü dahi anlayışla karşılayarak çalışmayı tamamlamam için bana gösterdiği sabrı ve çalışmalarına katkıları için, sevgi dolu ve anlayışlı bakış açısını her daim hissettiğim, sevgili tez danışmanım Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER'e,

Tez sunumu sırasında yol gösterici, teşvik edici eleştirileri ve değerli katkıları, samimi ve içten destekleri için Jüri Başkanı Doç. Dr. Onur GÖLBAŞI'na, ve jüri üyeleri Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN'a, Dr. Öğr. Üyesi Hilal Soydan ULUBAY'a, Dr. Öğr. Üyesi Fırat ATALAY'a

Eğitim hayatına başladığım ilk günden bu yana üzerimde emeği olan birbirinden kıymetli hocalarıma, Ülke madencilik ve inşaat faaliyetlerine tünel ve şaft inşaatları konusunda önemli katkılar sunan, yıllardır hayalini kurduğu, Türkiye'nin ilk başyukarı kuyu açma makinesini alarak, kuyu açma konusunda vizyonunu ortaya koyan ve tez konusu olan BKAM konusunda bilgi ve deneyimimi arttırmam için sorularıyla beni sürekli gelişmeye iten, hiçbir konuda desteğini esirgemeyen güzel insan, Sargın İnşaat ve Mak. San. Tic. A.Ş. Genel Müdürü ve Yönetim Kurulu Başkan Vekili Hüseyin Sait SARGIN'a

Tez yazım aşamasında değerli paylaşımları ile katkılar sunan, BKAM konusunda uluslararası deneyimlerini bana aktaran, üretici firma temsilcileri olan Trb-Sandvik'ten Jarko SALO'ya (Finlandiya), Epiroc'tan Bahadır ERGENER'e (İsveç), Master Drilling firmasından Izak BREDENKAMP'a (Güney Afrika Cumhuriyeti), Micon GmbH'tan Kai SCHWARZBURG'a (Almanya), Terratec firmasından Bruce MATHESON'a (Avustralya), TUMI firmasından Marc Anthony BLATTNER'e (Peru),

BKAM konusunda Sargın İnşaat olarak kurumsal anlamda edindiğimiz tecrübeleri akademik çalışmalara dönüştüren, pek çok makale ve çalışmanın lokomotifini olan, birlikte çalışmaktan keyif aldığım bu tez çalışmasında da önemli katkıları olan Yrd. Doç. Dr. Aydın Shaterpour-MAMAGHANI'ye

Tüm çalışma arkadaşlarıma, BKAM ile çalışan ekibe, kıymetli SARGIN ailesine,

Bitmek tükenmek bilmeyen telkinleri ile tez çalışmasını 20 yıl sonra da olsa bitirmem için her türlü teşvik edici yönlendirmeyi yapan canım babam Tahsin ERDOĞAN'a, kardeşlerime, babamla birlikte tez sunumuna kadar desteğini eksik etmeyen ve beni sürekli motive eden sevgili eşim Rabia ERDOĞAN'a, çizimleri ve çevirileri ile teze gülümseyen yüzüyle dokunan biricik kızım Rana ERDOĞAN'a

Adını telaffuz etmeyi unuttuğum, bende hakkı olan her bir arkadaşşıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı .....	2
1.2. Tez Çalışmasında Uygulanan Yöntem .....	2
1.3. Tez Çalışması ve Sonuçlarının Madencilik ve Kuyu Açma Teknolojisine Katkıları .....	3
1.4. Tezin Yapısı ve İçeriği .....	6
2. BAŞYUKARI KUYU AÇMA YÖNTEMLERİ .....	7
2.1. Kuyu İçine Girilmeyen Yöntemler:.....	9
2.1.1. Başyukarı Delme: BKAM .....	9
2.1.2. Başyukarı Borulu Kuyu Açma (Borulmalı kör kuyu): Boxhole .....	10
2.1.3. Uzun Delik Delme (Long Hole Drilling).....	12
2.1.4. Ters Başyukarı Kuyu (Inverse raising) .....	12
2.2. Kuyu İçine Mekanize Erişim Yöntemleri .....	13
2.2.1. Alimak Başyukarı Kuyu Tırmanıcı.....	13
2.2.2. Kafes Başyukarı Kuyu (Gig Raising) .....	15
2.2.3. Açık Başyukarı Kuyu Açımı Merdiven Erişimi .....	16
3. BKAM İLE KUYU AÇIMI VE BKAM HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	18
3.1. Başyukarı Kuyu Açma Makinesi .....	19

3.2.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin Tarihsel Gelişimi.....	21
3.3.	Başyukarı Sisteminin Kullanım Yöntemleri.....	28
3.4.	Başyukarı Kuyu Açma Makineleri Hakkında Bilgiler: .....	31
3.4.1.	Borulmalı Başyukarı Kör Kuyu (Box Hole).....	32
3.4.2.	Kör Kuyu Delme (Blind Hole).....	32
3.4.3.	Aşağı Tarama .....	33
3.4.4.	Aşağı Pilot -Tarama.....	34
3.4.5.	Yatay Delme.....	35
3.4.6.	Lastik Tekerlekli Mobil Başyukarı Makinesi:.....	37
4.	GELENEKSEL BKAM HAKKINDA BİLGİLER VE ÜRETİCİLERİN KULLANIMA SUNDUĞU MAKİNELERİN ÖZELLİKLERİ .....	39
4.1.	BKAM Sisteminin Temel Faydaları.....	40
4.2.	Kapasitelerine göre BKAM Modelleri.....	41
4.2.1.	Kuyu Çapı 1,5-1,8 m Arasında Olan Makineler .....	41
4.2.2.	Kuyu Çapı 2,4 – 3,0 m Olan Makineler .....	42
4.2.3.	Kuyu Çapı 3 Metrenin Üzerinde Olan Makineler .....	42
4.3.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin Kazı Yapma Prensibi.....	42
4.3.1.	Krater Oluşturma .....	43
4.3.2.	Keserek (Kerf) Kırma .....	43
4.4.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesi ve Aksesuarları .....	45
4.4.1.	Kılavuz Matkap Ucu (Pilot Bit) .....	45
4.4.2.	Kesici (Cutter) .....	46
4.4.3.	Standart Boru (Rod) .....	47
4.4.4.	Dengeleyici (Stabilizer) .....	48
4.4.5.	Tarayıcı (Reamer ve Stem).....	49

4.4.6.	Kumanda Paneli (Control Console).....	51
4.4.7.	Su Pompası .....	52
4.4.8.	Elektrik Güç Ünitesi .....	54
4.4.9.	Hidrolik Güç Ünitesi .....	55
4.4.10.	Taban Betonu ve Kiriş Platform.....	56
4.4.11.	Taşıyıcılar .....	59
4.4.12.	Rod Tutucu .....	60
4.5.	Rotary Vertical Drilling System (RVDS) Döner Dikey Delme Sistemi.....	61
4.6.	Başyukarı Kuyu Açma İşi İçin Yapılan Kurulum Hazırlıkları.....	63
4.7.	Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Standart Özellikleri Hakkında Bilgiler.....	70
4.7.1.	Epiroc (Robbins) Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri .....	72
4.7.2.	Tumi Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri .....	73
4.7.3.	Terratec Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri.....	74
4.7.4.	Sandvik (TRB-Rhino) Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri .....	75
4.7.5.	Herrenknecht Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri .....	76
4.7.6.	Dünya Ölçeğinde Benzer Kapasitelerde Başyukarı Kuyu Açma Makinelerinin Kıyaslaması 77	
4.8.	Delici Boru Tipleri Hakkında Bilgiler.....	78
4.9.	Tork-Gerilim Çizelgeleri .....	78
5.	BAŞYUKARI KUYU AÇMA MAKİNESİ SEÇİM KRİTERLERİ VE KUYU TASARIMINA ETKİ EDEN PARAMETRELER.....	84
5.1.	Kılavuz Delgi ve Tarama Aşamasında Makinenin Çalışma Prensipleri ve Mekanik Kriterler 84	
5.2.	Jeolojik / Jeoteknik Parametreler .....	89
5.2.1.	Bkam ile Açılacak Olan Bir Kuyunun Duraylılık Stabilite Değerlendirmesi .....	90

5.3.	Operasyonel Parametreler.....	95
5.4.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesi ile Çalışma Öncesi Yapılabilecek Ön Güçlendirme Çalışmaları 97	
5.4.1.	Enjeksiyon (Harç) Uygulaması.....	97
5.4.2.	Enjeksiyonlu Mini Kazıklar.....	98
5.5.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Kapasite Hesaplamaları .....	98
5.5.1.	Sayısal Örnek 1: (V)-Tipi Disk Kesicilerin Uygulanması.....	99
5.5.1.1.	Kesici Kafanın Bir Devri veya Disk Kesicinin Bir Devri İçin Penetrasyonun Hesaplanması 100	
5.5.1.2.	Teorik Net İlerleme Oranının Hesaplanması.....	100
5.5.1.3.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Kapasite Yeterliliğinin Kontrol Edilmesi .....	101
5.5.1.4.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Torku ve Gücünün Kontrol Edilmesi .....	101
5.5.1.5.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin Gücünün Kontrol Edilmesi .....	101
5.5.2.	Sayısal Örnek 2: (CSS) Disk Kesicilerin Uygulanması .....	102
5.5.2.1.	Ccs Disk Kesiciler İçin, Kesici Kafanın Devri veya Disk Kesicinin Devri .....	102
5.5.2.2.	Teorik Net İlerleme Oranının Hesaplanması.....	102
5.5.2.3.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin İtme Gücünün Kontrolü.....	103
5.5.2.4.	Yükseltme Delicinin Torku ve Gücünün Kontrolü .....	103
5.5.3.	Sayısal Örnek 3: Tungsten Karbür Uç Kesicilerin Uygulanması.....	104
5.5.3.1.	Günlük İlerleme Hızının Tahmin Edilmesi.....	106
5.5.3.2.	Makinenin Torkunun Hesaplanması .....	107
5.5.4.	Pilot Delik İçin Hidrolik Basınç Belirleme.....	107
5.5.5.	Tarama İçin Hidrolik Basınç Tespiti.....	108
5.6.	Tarama İçin Gerekli Kurulu Güç Tespiti .....	109
6.	BKAM İLE KUYU AÇMA SÜRECİ YÖNETİM KILAVUZU.....	113

6.1.	Başyukarı Kuyu Açma, Yönetim Sistemleri .....	113
6.1.1.	Genel .....	113
6.1.2.	Kayıt Tutma ve Dokümantasyon.....	113
6.1.3.	Eğitim.....	114
6.1.4.	İzleme, Sistem Denetimi ve Gözden Geçirme.....	114
6.1.5.	Risk Tanımlama ve Değerlendirme .....	114
6.2.	Başyukarı Kuyu Açma Operasyon Sistemi ve Dikkat Edilecek Hususlar .....	115
6.2.1.	Planlama ve Tasarım .....	115
6.2.2.	Sözleşme Geliştirme.....	118
6.2.3.	Saha Kurulumu ve Mobilizasyon .....	119
6.2.4.	Pilot Delik Delme .....	121
6.2.5.	Tarama ve Kazı Malzemesinin Çıkarılması.....	122
6.2.6.	Demobilizasyon .....	125
7.	BKAM İLE KUYU AÇIMI UYGULAMA ÖRNEKLERİ .....	127
7.1.	Kuyunun Alt Kısımındaki Tarayıcı Kafa Üzerinde Kesici Değişikliği ve Bakım Yapılması Prosedürü (Vaka Sunumu) .....	127
7.1.1.	Hazırlık.....	128
7.1.2.	Çizimler ve Diğer Talimatlar.....	128
7.1.3.	Ekipman.....	128
7.1.4.	Prosedür.....	128
7.1.5.	Güvenlik Önlemleri.....	129
7.2.	Eğimli Bir Kuyu Kazısı Sırasında Karşılaşılan Öngörülmemeyen Durumlar;.....	129
7.2.1.	Pilot delgi sırasında su kaybı yaşanması ve suyun geri dönmemesi (Vaka Sunumu).....	129
7.2.2.	Tarama Sırasında Kuyu Güzergahında Bırakılmış Olan Sondaj Borularının Tarayıcı Kafa ve Kesicilerde Hasara Sebebiyet Vermesi .....	132



7.3.	Kuyu Kazısı Sırasında Ani Su Baskını Olması Durumu .....	137
7.3.1.	Durum Tespiti.....	138
7.3.2.	Tavsiyeler .....	138
7.4.	Başyukarı Kuyu Açma Makinesi ile Kuyu Açılması Sonrasında Yapılan Kaplama Uygulamaları 139	
7.4.1.	Uzaktan Kumandalı Robotik Püskürtme Beton ile Kaplama Yöntemi .....	139
7.4.2.	Kompozit (Cam Takviyeli Polyester) CTP Boru ile Kaplama Yöntemi (Yeni Zigana Tüneli) 142	
7.4.3.	Çelik Boru ile Kaplama Yöntemi (Kars Tiflis Demiryolu Tüneli).....	146
7.4.4.	Mevcut Formasyona ve İstenilen Çap ve Uzunluğa Uygun Olmayan Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Seçimi ve Performans Sorunları.....	148
7.5.	Vaka Örnekleri ve Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Değerlendirmeleri.....	150
7.5.1.	Yusufeli Barajı ve HES Projesi- Artvin/Türkiye .....	150
7.5.2.	Balya Kurşun-Çinko Madeni Havalandırma Kuyusu- Balıkesir/Türkiye.....	156
8.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	160
	KAYNAKLAR.....	163
	ÖZGEÇMİŞ .....	167

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2- 1 :Başyukarı kuyu açma yöntemleri [1] .....	7
Şekil 2- 2 :Maden ve inşaat sektöründe açılan kuyular [2] .....	8
Şekil 2- 3: Başyukarı kuyu açma makinesi [4] .....	9
Şekil 2- 4: Başyukarı cevher üretim adımları .....	10
Şekil 2- 5 :Borulmalı yukarı tarama kuyusu [4].....	11
Şekil 2- 6: Simba ve Longhole delgi makineleri ile başyukarı baca oluşturarak üretim delikleri delme aşaması.....	12
Şekil 2- 7:Alimak ile kazı yöntemi .....	13
Şekil 2- 8: Kafes ile başyukarı kuyu kazısı .....	15
Şekil 2- 9: Merdiven erişimi .....	16
Şekil 3- 1 :Başyukarı kuyu açma çalışması [6].....	18
Şekil 3- 2 :BKAM ile yapılan kuyu kazı aşamaları [7] .....	22
Şekil 3- 3 :BKAM ile uygulama aşamaları [18].....	27
Şekil 3- 4: Başyukarı kuyu açma makine tipleri [8].....	28
Şekil 3- 5 : BKAM ile kuyu açma aşamaları [1] .....	31
Şekil 3- 6 :Solda, eş zamanlı kılavuz delgi ve tarama kazısı, sağda kılavuz delgi sonrası tarama kazısı [9].....	32
Şekil 3- 7 : Kör kuyu kazısı [8].....	33
Şekil 3- 8 :Aşağı tarama (Down reaming) [8].....	34
Şekil 3- 9 : Aşağı pilot-Tarama (Pilot- Reaming Down) [8].....	35
Şekil 3- 10 : Yatay Kuyu (Horizontal Shaft) [8].....	36
Şekil 3- 11 : Yatay delme kurulumu [9].....	36
Şekil 3- 12 :Rhino 100 başyukarı delgi çalışması ve kurulum aşaması [10] .....	37
Şekil 4- 1 :Kuyu çapı-derinliğine göre BKAM modelleri [1].....	41
Şekil 4- 2 :Tarayıcı kafa ve kesme mekanizması [1].....	43
Şekil 4- 3 :Krater oluşturarak kesme .....	43
Şekil 4- 4 :Keserek kırma mekanizması.....	44
Şekil 4- 5 : Keserek kırma grafiği .....	44
Şekil 4- 6 :Yeraltı BKAM yerleşim planı görünümü .....	45
Şekil 4- 7 :Tricone kılavuz matkap ucu (311 mm) .....	46
Şekil 4- 8 :Kesici tipleri ; dört ve beş sıralı kesiciler [6].....	46
Şekil 4- 9 :Dişli tip-Rulmanlı tip-Dizme bilyalı tip kesiciler [12] .....	47
Şekil 4- 10 : Kesici karbür boyutları [13] ve kesicilerin oturduğu semer [6] .....	47
Şekil 4- 11 : BKAM standard delgi borusu (rod) [8].....	48
Şekil 4- 12 : BKAM dengeleyici boru tipleri (Stabilizer) [8].....	48
Şekil 4- 13 :Boru tutucu ile dengeleyici borunun sondaj dizisine eklenmesi .....	49

Şekil 4- 14 :Tarayıcı kafa-kesiciler ve stem .....	49
Şekil 4- 15 :Tarayıcı kafa ve stem bağlantısı.....	51
Şekil 4- 16 : Operatör kabini içinde bulunan kumanda paneli.....	51
Şekil 4- 17 : Su pompaları (kuyu içine basılan ve devir eden su için) -Flyght.....	53
Şekil 4- 18 : Elektrik güç ünitesi-Siemens .....	54
Şekil 4- 19 : Hidrolik güç ünitesi-Bosch .....	56
Şekil 4- 20 : BKAM taban platformu ve yükseltici kiriş üzerine monte edilmiş kiriş platformu .....	56
Şekil 4- 21 : Yükseltme kirişi ve zayıf formasyonda BKAM'ı sabitlemek için betonarme yapısı.....	56
Şekil 4- 22 : Taşıyıcı-Caterpillar ve taşıyıcı üzerinde BKAM.....	59
Şekil 4- 23 : Taşıyıcı kumanda paneli ve taşıyıcı kızak.....	59
Şekil 4- 24 : Döner Dikey Delme Sistemi ve kavramsal olarak çalışma sistemi [14] .....	61
Şekil 4- 25 :Yeraltı- BKAM kurulumu- Terratec [16] .....	64
Şekil 4- 26: Elektrik ve hidrolik güç üniteleri bağlantısı .....	66
Şekil 4- 27: Kurulum sonrası görünüm .....	67
Şekil 4- 28: Kılavuz delgi aşaması.....	67
Şekil 4- 29: Kılavuz delginin tamamlanması.....	67
Şekil 4- 30:Kılavuz matkap ucu ve tarayıcı kafa değişimi .....	68
Şekil 4- 31:Tarama aşamasından görünüm.....	68
Şekil 4- 32:Kazı sırasında zaman zaman yapılan pasa alma işlemi .....	69
Şekil 4- 33:Tarayıcı kafanın yüzeye çıkararak kazıyı tamamlama anı.....	69
Şekil 4- 34: Tarayıcı kafanın kuyu içinden çıkarılması.....	70
Şekil 4- 35:Büyük çaplı kuyu için büyük çaplı boru ve yeterli kaldırma kuvvetine sahip BKAM kullanılmalıdır [6] .....	71
Şekil 4- 36:Sandvik (Trb-Rhino) başyukarı kuyu açma makineleri kapasite aralıkları [10].....	75
Şekil 4- 37:Standart boru boyutlarının ölçüm gösterimi [14].....	78
Şekil 5- 1: Hidrolik silindir üzerindeki kuvvetler (TRB-Sandvik) [10] .....	86
Şekil 5- 2:Kılavuz delgi sırasında uygulanan kuvvet [6].....	87
Şekil 5- 3:Tarama kazısı sırasında uygulanan kuvvet [6] .....	88
Şekil 5- 4: BKAM kapasiteleri ile boru çapı eşleşmesi-TRB Sandvik [6].....	89
Şekil 5- 5: Kuyunun çaplara göre tahkimatsız duraylılık gösterimleri [22].....	91
Şekil 5- 6:2,44 m çaplı kuyu için kritik raisebore kalite indeksi (McCracken ve Stacey 1989; Peck 2006) .....	93
Şekil 5- 7: Kuyu için Raisebore kalite indeksi (QR) profili [23].....	94
Şekil 5- 8:Başyukarı kuyuda tahmini yenilme bölgeleri .....	94
Şekil 5- 9:Başyukarı kuyu boyunca ana asal gerilmeler .....	94
Şekil 5- 10:Tarayıcı kafa çapı devir hızı ilişkisi-Sandvik [9] .....	96
Şekil 5- 11: Dört sıralı kesici (104 button bit).....	105
Şekil 5- 12: Beş sıralı kesici (128 button bit).....	105
Şekil 5- 13:Kayaların sertlik ve aşındırıcılık durumuna göre kullanılması tercih edilen kesici tipleri [9] .....	105

Şekil 6- 1:Başyukarı kuyu açma süreci akış şeması [28].....	115
Şekil 7- 1:Tarayıcı kafayı kuyu dibine indirme durumu [29].....	127
Şekil 7- 2: Eğimli Kuyu (Eğim açısı 68°) .....	130
Şekil 7- 3:Kuyu hattının jeolojik tanımlaması için yapılan tamamlayıcı sondaj çalışması.....	132
Şekil 7- 4:Tarayıcı kafanın montajı ve kazının yuva oluşturma aşaması.....	133
Şekil 7- 5:Sondaj rodunun tarayıcı kafaya dolanması ve üzerindeki kesicileri aşındırması.....	134
Şekil 7- 6:Tarayıcı kafanın kuyu dibine indirilmesi gerektiğine çalışma anında kullanılan koruyucu platform .....	135
Şekil 7- 7: Erişim galerisi açılara tarayıcı kafa üzerindeki kesicilerin değiştirilmesi.....	136
Şekil 7- 8: Tarama aşamasında ani su boşalması nedeniyle yükleyicinin çamurla dolması [30] .....	137
Şekil 7- 9:Robotik P.Beton Kumanda Odası [43].....	140
Şekil 7- 10: Robotik Püskürtme Beton Uygulaması [43].....	140
Şekil 7- 11:Kuyu tarama kazısı yapılırken robotik püskürtme beton uygulaması [31] .....	141
Şekil 7- 12: Kuyu kazısı ve eş zamanlı püskürtme beton uygulaması [31] .....	141
Şekil 7- 13: Havalandırma kuyusu: 3,60m çap.....	143
Şekil 7- 14: Havalandırma sistemi.....	143
Şekil 7- 15: CTP Boru montajı için kuyu dibinde kurulan sehpa .....	143
Şekil 7- 16:Kuyu içine boru kaplama yapılıncaya kadar duraylılık sağlaması için doldurulan agreganın boşaltılarak boru montajının yapılması.....	143
Şekil 7- 17: Havalandırma kuyusuna yukarıdan aşağıya doğru borular indirilirken aşağıdan da agreganın boru boyu kadar boşaltılması.....	145
Şekil 7- 18:Sırasıyla platform kazısı, kurulum, tarayıcı kafa montajı .....	147
Şekil 7- 19:Sırasıyla tarama sonrası kuyunun durumu, çelik borunun kuyu içine indirilmesi, ilk çelik borunun sivriltilmiş yapısı.....	147
Şekil 7- 20:Sırasıyla boruların birbirine kaynak edilmesi, kuyu dibine kurulan çelik sehpa ve kılıf.....	147
Şekil 7- 21:Yusufeli Barajı su alma kapak kuyusu.....	152
Şekil 7- 22: Sırasıyla BKAM ile kılavuz kuyu kazısı 2,44m çap sonrasında delme patlatma yöntemi ile 14m çapa genişletme kazısı .....	152
Şekil 7- 23:Yusufeli Barajı su alma kuyusu aşağıdan görünüm.....	154
Şekil 7- 24: BKAM ile kazısı yapılmış havalandırma kuyuları .....	157

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge1- 1 :2012-2024 yılları arası BKAM ile yapılan kuyular .....	4
Çizelge1- 2: Yöntem karşılaştırma tablosu [5].....	17
Çizelge 3- 1: Tarama yönüne göre kuyu açma makinelerinin karşılaştırılması [7].....	30
Çizelge 3- 2 :Rhino 100 ile muadil makinelerin üretim kıyaslaması [10].....	38
Çizelge 4- 1 :Standart olarak üretilen tarayıcı kafa ölçüleri-Sandvik [9].....	50
Çizelge 4- 2:Epiroc (Robbins) Başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [17].....	72
Çizelge 4- 3:Tumi başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [18].....	73
Çizelge 4- 4:Terratec başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri tablosu [16] .....	74
Çizelge 4- 5:Sandvik (TRB-Rhino) başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [10] .....	75
Çizelge 4- 6:Herrenknecht başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [19].....	76
Çizelge 4- 7:Herrenknecht makineleri için makine ve boru seçim tablosu [19].....	76
Çizelge 4- 8:Benzer kapasitede kuyu açma makinelerinin kıyaslama tablosu .....	77
Çizelge 4- 9:BKAM boruları ve ölçüleri (metrik) [14].....	79
Çizelge 4- 10: Orta mukavemette boru tipi teknik özellikleri [14].....	79
Çizelge 4- 11:Yüksek mukavemette boru tipi teknik özellikleri [14] .....	80
Çizelge 4- 12:Çok yüksek mukavemette boru tipi teknik özellikleri [14].....	80
Çizelge 4- 13:Orta mukavemette borunun tork-gerilim diyagramı [14].....	82
Çizelge 5- 1: Kesici performans oranlarına göre makine kapasitesi tayini ve boru ağırlıkları .....	112
Çizelge 7- 1:Boşluk doldurmak için kullanılan kimyasal ve karışım tasarımları.....	131
Çizelge 7- 2: Sandvik- Rhino 1088 DC Teknik Özellikleri [34].....	151
Çizelge 7- 3: İlerleme hızları; kılavuz delgi çapı 311mm ve tarama kazı çapı 2440 mm .....	154
Çizelge 7- 4: İki kuyunun açılması sırasındaki ölçülen ve hesaplanan performans değerleri.....	155
Çizelge 7- 5: BKAM ile yapılan kazı hız değerleri.....	158
Çizelge 7- 6: Ölçülen Başyukarı kuyu açma makinesi performansının ortalama değerleri Balya madeninde kılavuz sondaj ve tarama parametreleri. ....	158

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

m	metre
°	derece
MPa	mega paskal
mm	milimetre
kN	kilo Newton
kg	kilogram
kNm	kilo Newton metre (Tork)
rpm	revolutions per minute (dakikada devir sayısı)
kW	kilo Watt
FN	Disk Kesicinin Taşıma Kapasitesi
$\varphi$ :	Disk Kenar Açısı
D	Disk Çapı
p	Penetrasyon
N	Makinenin Dönme Hızı
T	Makinenin Torku
$\eta$	Verimlilik
$\sigma_c$	Tek Eksenli Basınç Dayanımı
FR	Yuvarlanma Kuvveti

## **Kısaltmalar**

BKAM	Başyukarı Kuyu Açma Makinesi
RBM	Raise Boring Machine
HES	Hidroelektrik Enerji Santrali
CTP	Cam Takviyeli Polyester
LHD	Load, Haul, Dump machine
DC	Direct Current
AC	Alternating Current
RCS	Rig Control System
VF	Variable Frequency
RVDS	Rotary Vertical Drilling System
ATEX	ATmosphere EXplosible
ROP	Rate of Penetration
WOB	Weight on bit
RQD	Rock Quality Designation (Kaya kalite tanımı)
Jn	Eklem Set Sayısı
Jr	Eklem Pürüzlülük Sayısı
Ja	Eklem Alterasyon Sayısı
Jw	Eklem Su Azaltma Faktörü
SRF	Gerilme Azaltma Faktörü
QR	Başyukarı Kuyu Endeksi
SEfield	Sahaya Özgü Enerji





## 1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada maden üretimleri, daha çok yüzeyde ve sığ derinliklerde yapılmaktayken, gelişen teknolojik imkanlar ile beden gücünden, mekanizasyona doğru hızlı bir geçiş yaşanmıştır. Bu gelişmeler günümüzde 3500-4000 m'lere kadar inilerek maden üretimi yapılmasına imkân sağlamıştır. Madencilik çalışmalarında gelişen teknoloji nedeniyle artan mekanizasyon, dijitalleşme, otomasyon ve elektrifikasyon imkanlarının kullanımıyla daha yüksek üretim hacimlerine ulaşılmıştır. Madenlerin, yeni rezerv keşifleri haricinde yıllar geçtikçe sığ kotlardan daha derinlerden çıkarılacağı muhakkaktır. Ülkemizde en derin metalik madenin 1200-1300 m civarında olduğu düşünülürse, üretimin ekonomik olması halinde daha derin kotlarda çalışılarak maden çıkarmaya devam edilecektir. Derin madencilik faaliyetlerinde alt kotlara inildiği her gün bir öncekinden daha hızlı ve üretken olmak zorunludur. Alt kotlarda yapılan madencilik aktivitelerine yeterli servis imkânı (bakım, onarım, su, hava, elektrik, soğutma, haberleşme, kaçış hatları, drenaj, beton, geri dolgu vb.) sağlamak, pasa – cevher -malzeme naklini hızlandırmak, personelin çalışma sahasına erişimini güvenli ve hızlı yapmak kaçınılmaz bir gerekliliktir.

Başyukarı Kuyu Açma Makinesi (BKAM; Raise Boring Machine, RBM) kullanılarak dikey ve/veya yüksek eğimli kuyularla yer altı maden işletmelerinin alt kotlarına erişmek, üretime ivme kazandıracak, çalışma konforuna katkı sağlayacak mekanizasyon imkanlarından birisidir. BKAM ile yer altında bulunan bir açıklığa dikey ve/veya eğimli kuyular açmak ve bunu yaparken kuyu içine insan girmeden tamamen mekanize olarak hızlı ve güvenli bir şekilde çalışabilmek mümkündür.

BKAM sağlam zeminlerde çok başarılıdır. Jeolojik tanımlamaların ışığında güçlendirme yapılan formasyonlarda da kuyuların alternatif yöntemlere göre daha hızlı ve güvenli açılabilmesi mümkündür.

BKAM en basit ifadeyle, kuyu içinde insan gücü kullanmadan temel bir sondaj makinesi gibi, kılavuz delgi ile ilk aşama kazıyı yaptıktan sonra, matkap ucunu yer altında kuyu dibindeki erişimde söküp, yerine tarayıcı bir kafa takarak geriye doğru kazı yapan mekanizmaya sahip bir makinedir

Sağlam zeminde benzer yöntemler ile kıyaslandığında delme-patlatma-kavlak alma aşamalarındaki iş güvenliği riskleri, kuyu içine insan girecek olması nedeniyle uygun tahkimat yapılması zorunluluğu, alınması gerekli güvenlik önlemler için oluşacak zaman kayıpları, riskli ortamda çalışacak personel sayısı ve yapılan işin kalite kontrolü, açılan kuyunun patlayıcı madde ile örselenmesi, fazla kazılar yapılarak dairesel formun sağlanamaması gibi hususlar düşünüldüğünde tüm bu olumsuzlukları ve riskleri bertaraf eden BKAM yöntemi ile açılacak kuyuların sağladığı avantajlar daha iyi anlaşılacaktır.

### **1.1. Tezin Amacı**

Bu tez çalışmasında BKAM ile kuyu açma yöntemi hakkında teknik bilgiler bir araya getirilmiş, yöntem gereklilikleri, makinenin genel özellikleri açıklanmış, üreticilerin kullanıma sunduğu makine tip ve özellikleri bir araya getirilmiş, yapılacak işe göre makine seçimleri, karşılaştırılması muhtemel riskler ortaya konmaya çalışılmış, performans değerlendirmeleri yapılmış ve BKAM hakkında literatürde bulunan çok önemli bir boşluğu doldurulması amaçlanmıştır.

Uygulama hakkında bilgi edinmek isteyenlere, madencilik ve inşaat projelerinde yöntem seçimine karar verme mekanizması içinde olan ve/veya karara etkisi olabilecek olan kişilere yol gösterici kılavuz niteliğinde olması amaçlanmıştır.

### **1.2. Tez Çalışmasında Uygulanan Yöntem**

Tezin amacı doğrultusunda BKAM hakkında uygulamaya yönelik teknik bilgiler verilirken, yazar tarafından bizzat 2012 yılından bu yana BKAM uygulamalarından edinilmiş deneyimlerle en yararlı ve anlaşılır doküman oluşturulması için doğru görseller kullanılmaya çalışılmıştır.

Makinenin alım kararından, uygulama aşamalarına kadar içinde bulunduğum süreçte makine üreticileri, dünya ölçeğinde makine kullanıcıları, delici ekipman sarf tedarikçileri, kimyasal çözümler, sondaj teknikleri, literatürde bulunan dokümanlar, bakım onarım ihtiyaçları, uygulamada karşılaşılan sorunlar ve çözümleri, maden işletmeleri ve inşaat projelerinin ihtiyaçları ve beklentileri doğrultusunda pek çok görüşme, yazışmalar sırasında gözlemlenen ve edinilen bilgilere tez çalışması içinde yer verilmeye çalışılmıştır.

Makinenin ve gerekliliklerinin anlaşılır olması için çeşitli dokümanlar ve kaynaklar, üretici firmalardan elde edilmiş, sahadan ve akademik çalışmalardan edinilen tecrübelerden faydalanılmıştır.

### **1.3. Tez Çalışması ve Sonuçlarının Madencilik ve Kuyu Açma Teknolojisine Katkıları**

Günümüzde madencilik ve inşaat projelerinde daha hızlı, daha güvenli ve çevreye daha az rahatsızlık veren yöntemlerin kullanılmaya başlandığını görmekteyiz. Bir yandan daha büyük çaplarla daha derinlere kuyu açabilen makineler yapılırken bir yandan da daha mobilize ve efektif makine modelleri madencilik faaliyetlerinde yer almaya başlamıştır. Derinlere inildikçe yüksek dayanımlı kaya yapısı ile karşılaşma olasılığı yüksek olduğu için BKAM ile yüzeyden yer altındaki bir kota veya yer altında da katlar arasında kuyular açılabilir.

Yüzeyden yapılacak alternatif kuyu açma yöntemleri ebatları açısından BKAM ile kıyaslanamayacak büyüklükte dirler. Başaşağı kör kuyular her türlü zemin koşullarında kullanılabilirler ve bu yönüyle daha uzun yıllar boyunca tercih edilecek bir yöntemdir. Ancak kuyu dibine bir erişimin olduğu sağlam kaya koşullarında BKAM ile uygulanan yöntemler sağladığı avantajları nedeniyle ön planda olacaktır.

Gelecekte sıklıkla adı duyulacak olan BKAM ile kuyu açma yönteminin, ülkemiz madenciliğine fayda sağlayacağı, üretim verimliliğini arttıracığı, iş güvenliğine katkı sağlayacağına olan inançla, bu tez çalışması yapılarak bu yöntem hakkında fikir sahibi olmak isteyenler için teknik anlamda doyurucu açıklamalar ve kılavuz niteliğinde bilgiler sunulmaya çalışılmıştır.

Bu yöntemin madenler derinleştikçe özellikle havalandırma ve servis hizmetlerini daha ekonomik şekilde çözebilmek amacıyla tercih edileceği öngörülmektedir.

Aşağıdaki çizelgede ülkemizde yeni nesil BKAM ile yapılmış bazı madencilik ve farklı yer altı faaliyetlerine ait uygulamalara ilişkin bilgiler verilmektedir.

İşletme	Yüklenici	Kuyu Çapı (m)	Ortalama Kuyu Uzunlukları (m)	Kuyu Uzunluk Aralığı (m)	Toplam Kuyu Uzunluğu (m)	Kuyu Açısı (°)	Kullanılan Makine	Kuyu Sayısı (adet)	Kuyu Amacı
Madencilik Eti Bakır	Eti Bakır	0,29	136,95	15,20-298,87	4.930,44	90	Robbins 73	36	Direnaj Hattı Beton Nakli Havalandırma Pasa Dolgu
İnşaat Zigana Tüneli	Cengiz İnşaat	0,35	249,73	242,5-267,50	998,90	90	Robbins 91	4	Haberleşme Enerji Hattı
Madencilik Eti Bakır	Eti Bakır	1,20	15,20	15,20	15,20	90	Robbins 73	1	Havalandırma
İnşaat Kars Tiflis Demiryolu Tüneli KBT	Sargın	1,52	110,00	110,00	330,00	90	Rhino 1088 DC	3	Havalandırma
Madencilik Esan Eczacıbaşı Tüprağ Efemçukuru	Sargın	2,44	155,00	50-200	930,00	90	Rhino 1088 DC	6	Havalandırma
İnşaat Yusufeli Barajı -Limak Ambarlık Hes -Enyapı	Sargın	2,44	122,05	63,84-172,00	366,14	90	Rhino 1088 DC	1	HES- Su Alma Kapak Şaftı HES- Enerji Şaftı HES-Cebri Boru Şaftı

Çizelge1- 1 :2012-2024 yılları arası BKAM ile yapılan kuyular

İşletme	Yüklenici	Kuyu Çapı (m)	Ortalama Kuyu Uzunlukları (m)	Kuyu Uzunluk Aralığı (m)	Toplam Kuyu Uzunluğu (m)	Kuyu Açısı (°)	Kullanılan Makine	Kuyu Sayısı (adet)	Kuyu Amacı
Madencilik Etibakır	Etibakır	2,60	57,02	13,67-216,50	513,19	90	Robbins 73	9	Havalandırma Cevher Nakli Pasa Dolgu
İnşaat Cengiz İnşaat Zigana Tüneli	Cengiz İnşaat	2,60	216,50	216,50	216,50	90	Robbins 73	1	Havalandırma
İnşaat Cengiz İnşaat Zigana Tüneli	Cengiz İnşaat	3,60	190,08	7,80-269,50	760,30	90	Robbins 91	4	Havalandırma
Madencilik Esan-Bergteamet	Bergteamet	4,50	550,00	550,00	1.100,00	90	Rhino 2007	2	Havalandırma
Madencilik Etibakır	Etibakır	1,80	87,17	12,50-282,72	7.497,03	90	Robbins 73	86	Havalandırma Cevher Nakli Pasa Dolgu Cevher Silosu
Madencilik Etibakır	Etibakır	1,80	49,41	13,7-88,95	197,65	67,5 71,58	Robbins 73	4	Cevher Nakli
Madencilik Efemçukuru-Sargın	Sargın	1,52	165,00	165,00	165,00	72,4	Rhino 1088 DC	1	Havalandırma
Madencilik Esan Eczacıbaşı	Sargın	2,44	335,00	335,00	335,00	68	Rhino 1088 DC	1	Havalandırma
					<b>18.355,35 m</b>	<b>159 adet</b>			

#### 1.4. Tezin Yapısı ve İçeriği

Bu bölümde kısaca BKAM`ın çalışma prensibine anlatılmış ve alternatif yöntemlere kıyasla avantajlarından bahsedilmiştir. Çalışmanın amacı, yöntem ve tezin ne tür bir katkı yapmayı hedeflemekte olduğu açıklanmıştır.

2. Bölümde farklı amaçlarla kullanılan Başyukarı kuyu açılması hakkında karşılaştırmalı bilgiler verilmiştir. Diğer yöntemlere göre avantajları/dezavantajları ve uygulanma şartları hakkında bilgiler sunulmuştur. BKAM ile her zeminde ve her şartta kuyu açabilmek mümkün değildir. BKAM için gerekli olan koşullar açıklanmış ve alternatiflerine göre kıyaslandığında bu yöntem tercih edildiği takdirde elde edilecek avantajlar ortaya koyulmuştur. Zemin ve erişim koşulları başta olmak üzere saha şartlarının uygun olması durumunda sahip olduğu avantajların projelere sağladığı katkılar örneklenmiştir.

3.bölümünde literatür özetlemesi yapılarak BKAM hakkında yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir.

Tez çalışmasının 4. Bölümünde geleneksel olarak kullanılan BKAM ile ilgili tanıtıcı bilgilere yer verilmiş ve çalışma prensipleri açıklanmıştır. BKAM`in genel özellikleri ve yapabildiği işler hakkında bilgiler sunulurken uygulama aşamasında dikkat edilecek hususlar ve yapım aşaması içindeki ayrıntılar hakkında bilgiler verilmiştir. Görseller de kullanılarak makine hakkında verilen bilgilerin daha anlaşılabilir olması amaçlanmıştır. Uygulandığı projeye bağlı olarak sahip olması gereken özellikleri, kurulumu, güvenli bir şekilde operasyonun yürütmesi ve iş ekonomisi açısından tüm kriterler değerlendirilmiştir.

Çalışmanın 5. Bölümünde başyukarı kuyu açmak amaçlı olarak kullanılan alternatif yöntemler ve BKAM ile yapılacak kuyu açma işi için makine seçimine etki eden kriterler hakkında bilgi verilmektedir.

6. Bölümde yöntemin uygulama aşamaları ve yaşanması muhtemel riskler değerlendirilmiştir.

7. Bölümde BKAM ile kuyu yapımı sırasında karşılaşılan sorunlar ve uygulama örnekleri ile fiili uygulamalardan elde edilen tecrübeler sunulmuştur.

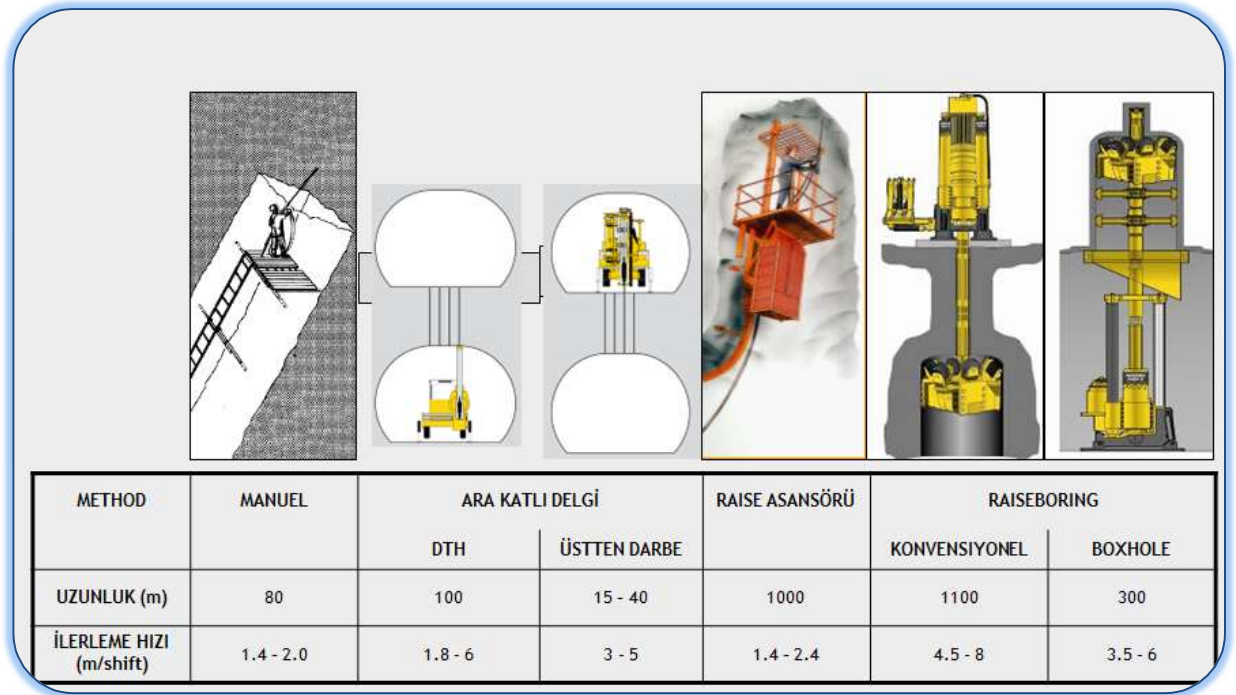
8. Bölümde BKAM uygulaması ile ilgili olarak gelecekte kullanıcılara ışık tutacak nitelikteki değerlendirmeler, tavsiyeler, karşılaştırmalar ve yorumlar tartışılmaktadır.

9. Bölümde yapılan çalışmaya ilişkin sonuçların özetlenmektedir

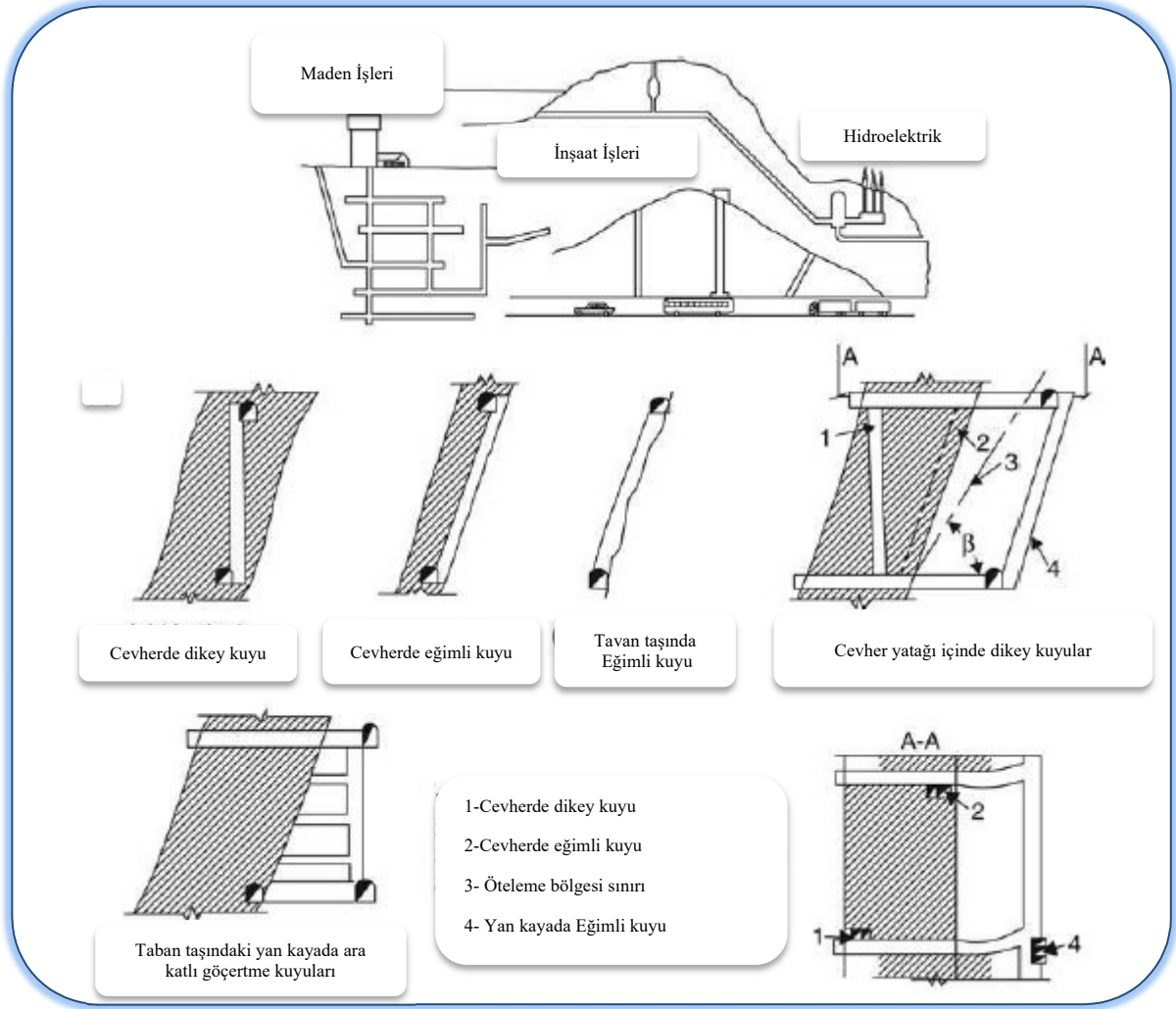
## 2. BAŞYUKARI KUYU AÇMA YÖNTEMLERİ

Bir yeraltı faaliyetinde önemli açıklıklardan biri, yukarı yönde tahrik edilen kuyulardır. Dikey veya yüksek eğimde olabilir. Daha önceleri başyukarı kuyu açma işi en tehlikeli madencilik operasyonlarından biri olarak kabul ediliyor olmasına rağmen yeni tekniklerin ortaya çıkmasıyla bu süreç daha güvenli ve ekonomik hale gelmiştir.

Bununla birlikte, nasıl ki formasyon türü fark etmeksizin daha derinlere erişim sağlamak için yukarıdan aşağı yönde kazı yöntemi olan kuyu batırma (shaft sinking) vazgeçilmez bir yöntem ise ve alt kotlardan üst kotlara kuyu açarak erişmek için de başyukarı kuyu açma yöntemler yerleşik bir uygulamadır.



Şekil 2- 1 :Başyukarı kuyu açma yöntemleri [1]



Şekil 2- 2 :Maden ve inşaat sektöründe açılan kuyular [2]

Madenlerde başyukarı dikey veya eğimli olabilir. Cevher, yan kaya veya hem cevher hem de yan kaya içinde olabilir. Kuyu başlangıç noktalarına erişim imkanları farklılık gösterebilir. Farklı ihtiyaçlar, amaçlar ve imkanlar dahilinde yöntemler geliştirilmiştir.

Aşağıda verilmekte olan başlıklar altında uygulanan yöntemler güvenlik kriterlerine göre tasnif edilerek sunulmaktadır.



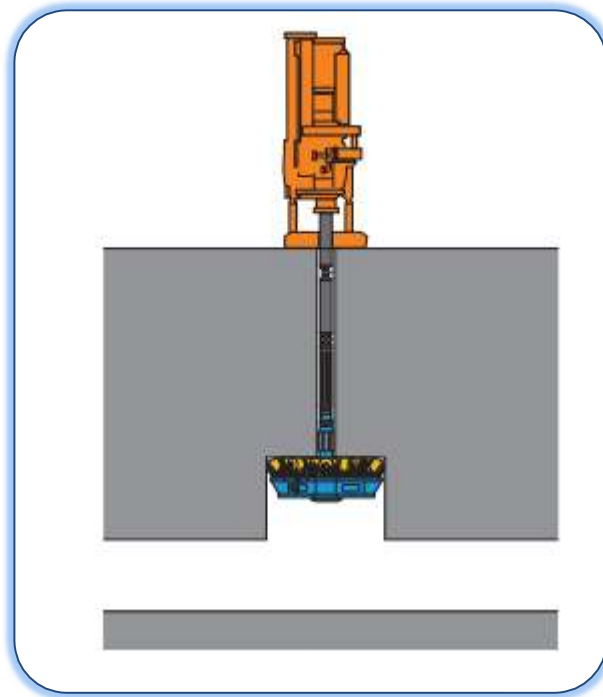
## 2.1. Kuyu İçine Girilmeyen Yöntemler:

### 2.1.1. Başıyukarı Delme: BKAM

Düşıey veya eğimli kuyu yapımı artık en modern yöntemler kullanılarak güvenli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Başıyukarı kuyu mekanize kazı yöntemlerinden biridir ve genellikle iki aşamadan oluşur. Bunlar pilot sondaj ve tarama aşamalarıdır. BKAM, açılacak kuyu derinliğe kadar bir kılavuz delik açmak için makine kapasitesine göre 10-16 in arasında değişen delgi dizisi kullanılır. Kuyu dibindeki galeriye erişen matkap ucu çıkarılır ve yerine büyük çaplı bir tarayıcı kafa takılır. Tarama başlığı daha sonra bu kılavuzu kullanarak, delik çapını tarayıcı kafa üzerindeki kesicilerle genişletilir ve üst seviyeye kuyu başına kadar geri çekilir. (Şekil 2-3)

Modern başıyukarı kuyu açma uygulaması olarak da bilinen bu yöntemde, kuyu kazısı sırasında personelin başıyukarı kazı alanı içindeki riskli bölgeye girmesini gerektirecek bir aşama olmaz. [3]

Ancak yapım aşamasının belirli bölümlerinde aşığıdaki riskler dikkate alınmalıdır.

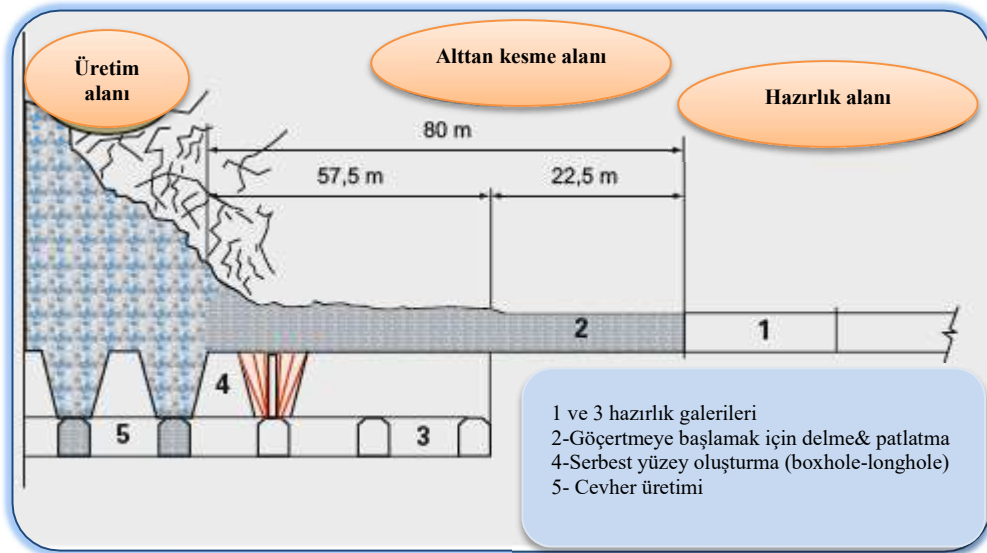


Şekil 2- 3: Başıyukarı kuyu açma makinesi [4]

- Makine çalışırken ağır delici aksesuarları kullanıldığı için genel dikkat gerekir. Pilot deliğin açılması esnasında kuyu altında bulunmak risklidir. Yine aynı şekilde tarayıcı kafasının takılması sırasında gerekli önlemler alınmalıdır.
- Ekipman ağırdır ve işlemlerde büyük kuvvetler ve enerji kaynakları söz konusudur.
- Kesicilerin aşınma nedeniyle değiştirilmesi aşamasında, tarama kafasının delici rod dizisiyle birlikte kuyu tabanına indirilmesini gerekir. Kesici değişimi sırasında açılmış kuyu altında çalışmak risklidir ve koruyucu baş üstü kalkanı gerekebilir.
- Başyukarı kazısı devam ederken kazılmış pasanın kuyu dibinde birikerek kuyu ağzını tıkamasına engel olunmalıdır. Kuyu dibinde pasa alınırken kazılan kuyudan düşen malzemeye dikkat edilmelidir.
- Tarama işlemi sırasında ortaya çıkan toz uygun şekilde kontrol altına alınmalı ve su ile ya da uygun havalandırma yöntemi kullanılarak bastırılmalıdır.

### 2.1.2. Başyukarı Borulu Kuyu Açma (Borulmalı kör kuyu): Boxhole

Bu yöntem alt kottan ulaşılmak istenen üst kottaki galeriye erişim olmadığı durumlarda tercih edilir. Cevher üretimi için yapılacak patlatmaların verimi arttırmak ve serbest yüzey oluşturmak için de kullanılır. Cevher üretim panosu oluşturmak amaçlı olarak da başvurulan yöntemlerdendir. Aşağıda Şekil2-4`te hem boxhole uygulaması hem de longhole uygulama adımları gösterilmiştir.



Şekil 2- 4: Başyukarı cevher üretim adımları

- Patlatma operasyonuna gerek yoktur. Delme ve tarama sırasında yükseltiye giriş gerekmez.
- Bu yenilikçi makineler, 180 MPa ve daha fazla basınç dayanımına sahip stabil kayalar için tasarlanmıştır. Bir kesici kafa, tünel yüzeyindeki kayayı kazar ve kaya daha sonra yerçekimi kuvveti nedeniyle teçhizatın ortasından düşer. Kazılan malzeme, kriko borularına yerleştirilen kanallar vasıtasıyla kriko çerçevesindeki pasa oluşuna aktarılır. Buradan pasa malzemesi sorunsuz bir şekilde tünelin dışına taşınabilir. Her bir boru adımı ilerlemesinden sonra boru dizisini ve delme ünitesini sabitlemek için delme işlemi kısa bir süreliğine durdurulur. Daha sonra bir sonraki kaldırma borusu, makine üzerindeki itme çerçevesine monte edilebilir.

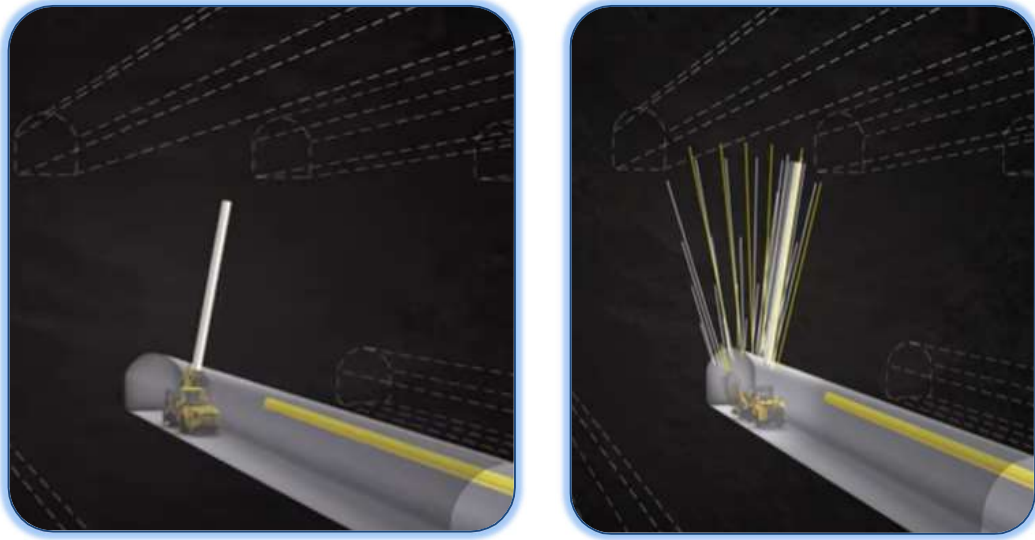


Şekil 2- 5 :Borulmalı yukarı tarama kuyusu [4]

- Geleneksel uygulamalarda kuyunun üst seviyesinden erişim gerekli değildir, ancak alt seviyeden bir pilot delik açtıktan sonra aşağıya doğru tarama yapmadan önce kuyunun tepesine bir tarama kafası takmak için üstten erişimin gerekli olduğu varyasyonlar mevcuttur.
- Önlemler esasen başyukarı delme (BKAM) için gerekli olanlara benzerdir.

### 2.1.3. Uzun Delik Delme (Long Hole Drilling)

Bu yöntem göçertme yapmak amaçlı olarak katlar arası açılan hem ana hem de yardımcı uygulamaları kapsar. Cevher üretim aynasını oluşturmak için ilk başta serbest yüzey olacak bir kör ve veya katlar arası kuyu oluşturulur. Sonrasında da uzun üretim delikleri delinerek patlatılan cevherin bu boşluktan aşağıdaki galeriye boşalması hedeflenir. Aşağıdaki şekilde serbest yüzey oluşumu ve katlar arası üretim delikleri delim aşaması gösterilmektedir.



Şekil 2- 6: Simba ve Longhole delgi makineleri ile başyukarı baca oluşturarak üretim delikleri delme aşaması

- Üstten ve alttan erişim (veya en azından kazılan kayayı almak için boş bir alanı) gerektirir ve delme ve patlatma içerir, ancak başyukarı kazı sırasında personel girişini gerektirmez.
- Dolgu geçişi olarak hareket etmek üzere daha yüksek bir seviyeden bir boşluğa (açık bir stope gibi) kuyu açmanın etkili bir yolunu sağlar.
- Uzun delgi makinesi (veya Simba) ve teknikleri ile patlayıcılar ve ateşleme sistemleri, bu yöntemin 20 ila 30 metre veya daha uzun mesafelerde etkili ve uygulanabilir bir yöntem olduğu noktasına kadar gelişmiştir.

### 2.1.4. Ters Başyukarı Kuyu (Inverse raising)

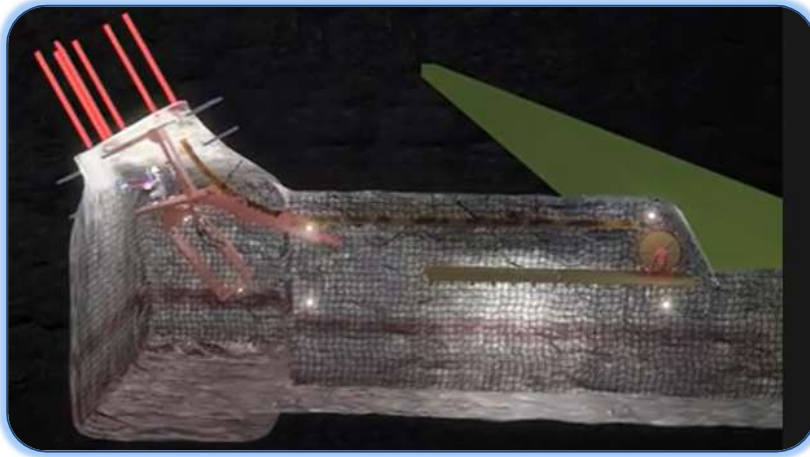
En eski baş yukarı kuyu açma yöntemlerindedir. Aşağıdan yukarıya doğru delme ve patlatma yapılarak kuyu kazılan bir yöntemidir. Bu yöntemle 12 ila 15 metrelik uzunluklar, rutin olarak patlatılır. Bu yöntem normalde slot delgiler için ve personelin kuyuya girmesinin gerekmediği benzer uygulamalar için kullanılır. Personelin, yapılan ilerleme sonrası bu tür yükseltilere girmesi

veya içinde hareket etmesi gerekiyorsa, kuyu taranmalı ve emniyete alınmalı ve üstten aşağıya doğru çalışılarak desteklenmelidir; bunun için üstten erişim gereklidir.

- Delme işlemi bir delici ile ona paralel delme desteği sağlamak için ayarlanmış delici tabanca ve kol ekipmanı ile yapılır.
- Hassas paralel sondaj için yapılandırılmış mekanize makineler de uygundur.
- Büyük tarama delikleri gereklidir ve başarı için dengeli delme yapabilmek şarttır.
- Yine üretim sırasında kuyuya girişe gerek yoktur ve üstten erişim gerekmez.
- Kuyunun tabanında, patlatıldığında parçalanan kayanın tamamının boşalabilmesi için yeterli hacim gereklidir.
- Bazı yumuşak kırılabilir kaya türleri bu uygulamaya uygun olmayabilir.
- Tavana yakın bir sondaj yapılırken gerekli önlemler alınmalıdır.
- Patlatma içeren tüm operasyonlarda olduğu gibi, güvenli çalışma prosedürlerinin oluşturulmasında son derece dikkatli olunması gerekir. Topoğraf kontrolleri yapılmalı ve gerekli önlemler uygulanmalıdır.

## 2.2. Kuyu İçine Mekanize Erişim Yöntemleri

### 2.2.1. Alimak Başyukarı Kuyu Tırmanıcı



Şekil 2- 7:Alimak ile kazı yöntemi

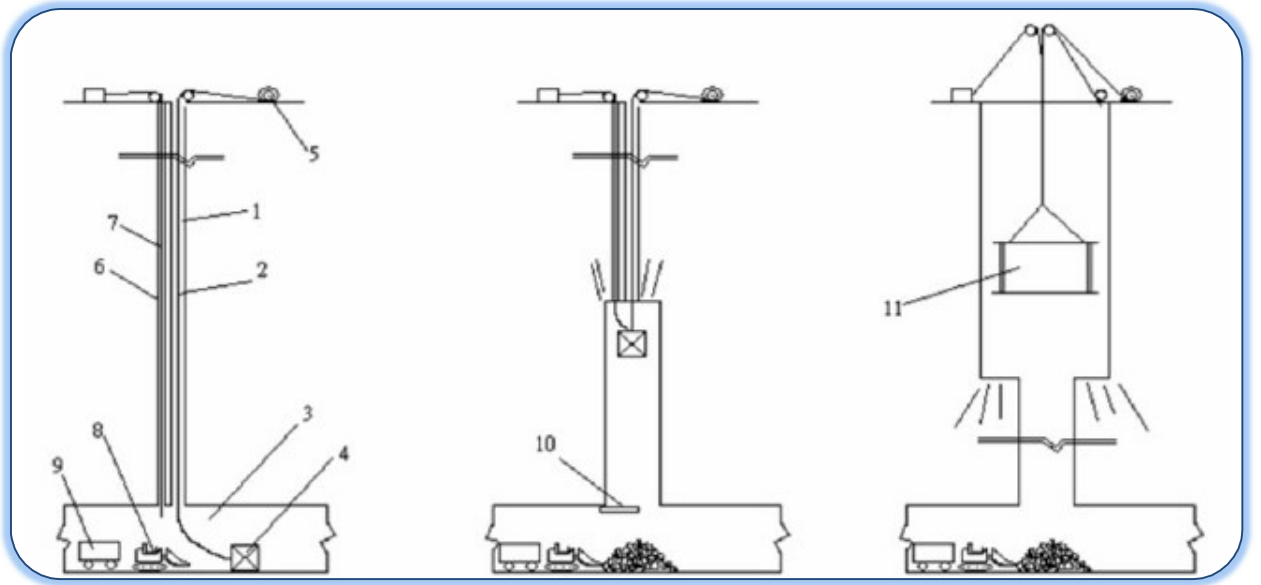
-Bu sistem 1960 yılından beri kullanılmaktadır.

-Delme ve patlatmayı içeren bir giriş yöntemi olmasına rağmen, patlatmadan sonra arına çıkan madencilere mümkün olduğu kadar yüksek düzeyde koruma ve arında güvenli bir çalışma platformu sağlar.

- Patlatmadan sonra kazı aynasında çalışırken ihtiyaç duyulan hava, platform üzerinde bulunan güçlü bir hava-su yıkama sistemi ile tırmanıcının boru sistemi aracılığıyla aynaya taşınarak, çalışma ortamında yeterli havalandırma imkânı sağlanır.

- Ekipman doğru şekilde çalıştırıldığında ve bakımı yapıldığında madenci için en az risk içeren kuyu içinde çalışma yöntemi olduğu düşünülmektedir.
  - Bu değerlendirme aşağıdaki hususlarla nitelendirilir.
  - Alimak Başyukarı Kuyu Tırmanıcısı, tırmanma platformu ankrajının şüpheli olabileceği zemin koşullarında kullanılmamalıdır. Kafes başyukarı kuyuda olduğu gibi, Alimak yöntemi, iyi zemin koşulları dışında, yüzeye gidiş sırasında (patlatma ve basınçlı su ile temizlendikten sonra) yüzeyden kaya düşmesi riskinin olduğu durumlarda kullanılmamalıdır.
  - Patlatma sonrasında temiz bir yüzey sağlamak için yüksek standartta delme ve patlatma uygulaması gereklidir. Patlatma atımının randımanlı olup olmadığını değerlendirmek için her patlatmadan sonra kuyu dibine düşen pasa yığını incelenmelidir.
  - Her patlatmadan sonra kazı yüzeyine giden ekibin, kaya düşmesi nedeniyle yaralanma riski, herhangi bir zemin koşulunda başyukarı kuyu kesit alanı ile birlikte artar.
  - Kazı yüzeyine doğru hareket sırasında düşebilecek kayalara karşı koruma sağlamak için hareket kafesinin üzerindeki koruyucu zemin kaplamasına (kabin) yeterli mukavemet ve penetrasyon direnci olduğundan emin olmak önemlidir.
  - Kesit, kriterlerine göre mümkün olduğu kadar teorik seviyede tutulmalıdır ve büyük bir açıklık gerekiyorsa, başyukarı kazı tamamlandıktan sonra kaldırılabilir ve üst erişimden aşağıya doğru çalışılarak güvenli bir şekilde desteklenebilir.
- Daha büyük kesitlerin (örneğin 3m<sup>2</sup>'ye kadar) tek bir geçişte sürüldüğü durumlarda, çift tahrik ünitesi (iki set destek payandası ile) kullanılarak daha güçlü bir platform taşınabilir ve hareketi sırasında ekip için daha fazla koruma sağlanabilir.

### 2.2.2. Kafes Başıyukarı Kuyu (Gig Raising)



Şekil 2- 8: Kafes ile başıyukarı kuyu kazısı

- Yukarıdaki Şekil 2-8 de gösterilen numaralandırmaya göre 1- Kablo deliği, 2- Kablo, 3- Tabandaki galeri, 4-Kafes, 5- Vinç, 6- Yardımcı delik, 7-Borulama, 8- Pasa Yükleyici, 9- Pasa Kamyonu, 10- Koruyucu plaka, 11- Çalışma platformudur. Bu yöntem madencilik sektöründe uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Üst kottan erişim gerektirir, ancak pilot delik gereksinimi, açık merdiven yöntemiyle yapılan kör başıyukarı kuyularda gerekli olduğu gibi alttan havalandırmanın yerine kılavuz delik aracılığıyla zorunlu havalandırmaya olanak tanır. Kazı yüzeyi, yüzeye yakın tutulan bir çelik borudan hava/su püskürtülerek ya da patlatma sonrasında pilot delikten aşağı indirilen ve başıyukarı kazı yüzeyi alanını kapsayacak şekilde tasarlanmış bir jet ile temizlenmelidir. İlerleme mesafesi her patlatmadan sonra pilot delikten aşağı doğru ölçülebilir. Kafes başıyukarı kuyu, alimak kuyu tırmanıcı yöntemine göre daha yüksek düzeyde risk içerir. Bunun bir yönü, madencinin arına doğru ilerlerken baş üstü korumasının alimak tırmanıcı tarafından sağlanandan çok daha zayıf olmasıdır. Ayrıca, özellikle büyük kesitli yükselişlerde, halata aniden uygulanabilecek "şok" veya "darbe" yükü nedeniyle kafesin (gig) yukarıdan veya yan duvarlardan düşen bir kayanın çarpması durumunda halatın kopma riski vardır. Kafes başıyukarı kazı çapı, kaya düşmesi potansiyelini azaltmak için minimum tutulmalı ve yöntem yalnızca iyi zemin koşullarında kullanılmalıdır.

- Patlatma için delinen deliklerin paralel olmasının sağlanması, sıkışması veya birincil halat deliğinin kafes kaldırma halatı üzerine çökmesi veya başka bir acil durum ortaya çıkması halinde kafese erişmek için ikinci bir vincin kullanılmasına olanak tanır.

### 2.2.3. Açık Başyukarı Kuyu Açımı Merdiven Erişimi



Şekil 2- 9:  
Merdiven erişimi

Bu çalışma yöntemi en geniş tehlike aralığını ve en yüksek düzeyde ilişkili riskleri sunar. Bilinen en eski kuyu açma yöntemidir.

-Kör olarak sürülürse, yukarıdan havalandırma için bir pilot delik kullanılamaz ve patlatmadan sonra duman tahliyesi, hava/su patlatma sistemi içeren basınçlı hava borusu ile havalandırma gerektirir.

-Başyukarı kuyuda çalışan madencinin havalandırılması için hava hattı gereklidir. Uzun delikli sondaj makinelerinin mevcut olduğu yerlerde, 5 metreden uzun tüm kör kuyular için yükselti uzunluğu boyunca kör bir pilot delik açılmalıdır. Bu, her patlatmada temiz bir çektirme elde edilmesine yardımcı olacak ve patlatmadan sonra yüzeyde gevşek kaya riskini azaltacaktır.

- Havalandırma sağlamak için özel olarak tasarlanmış ve monte edilmiş borular kullanılır. Ekipman ve kullanımdaki herhangi bir eksiklik ciddi bir risk yaratabilir ve patlatma dumanlarından ölümler meydana gelmiştir.

- Yöntemin başlıca tehlikeleri, patlatmadan sonra arına dönerken düşen kayanın çarpması ve merdivenlerden düşme riskidir. Bu çalışma yönteminde patlatmadan sonra madencinin arına yeniden girişi sırasında kaya düşmesi nedeniyle yaralanma riskine karşı tam bir güvenlik sağlamak neredeyse imkansızdır.
- Merdivenlerden yükselterek delgi yapmanın ergonomisi çok zayıftır ve yaralanmalara yol açabilir.



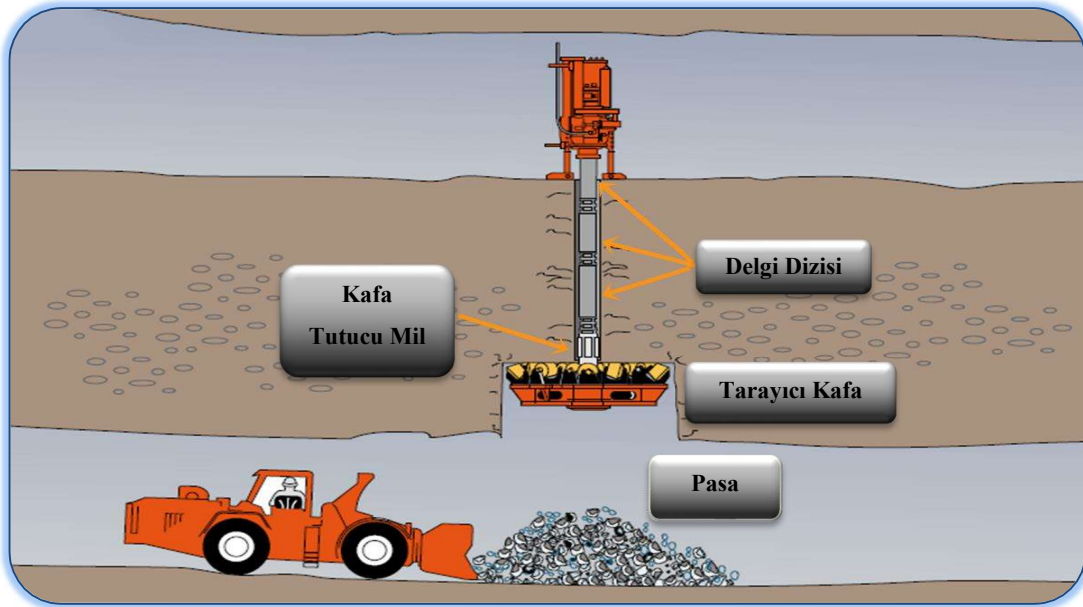
ANA ELEMAN	YÖNTEM			
	ŞAFT BATIRMA	KAFES	ALİMAK TIRMANMA	RAISE BORING
Tünel Erişimi	Sınır yok	Gerekli	Gerekli	Gerekli
Jeolojik Uygunluk	Sınır yok	İyi	Orta- İyi	Orta- İyi
Şaft Derinliği	Sınır yok	<100m	<150m	>100m
Şaft Çapı	Sınır yok	Çap=2m	Çap=2m-4m	Çap=0,6m-6,0m
Çalışma Koşulu	Makul	Zayıf	Zayıf	İyi
Maliyet	Düşük	Düşük	Yüksek	En yüksek
Yapım Süresi	Uzun	Kısa	Kısa	En kısa
Yapım Tekniği	Sınır yok	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Güvenlik	Güvenli	Zayıf	Zayıf	Güvenli

Çizelge1- 2: Yöntem karşılaştırma tablosu [5]

### 3. BKAM İLE KUYU AÇIMI VE BKAM HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Maden ve tünellerde kuyu açmak her zaman çok çaba sarf edilen işlerden biridir. Dünya’da 1950 senesinden bu yana, Başyukarı Kuyu Açma Makineleri (BKAM) kullanılmaya başlanmıştır.

Bu makinelerin kullanımı ile tercih edilen yöntemin diğer yöntemlere göre en büyük avantajları, iş ve işçi güvenliğinden ödün vermeksizin, hızlı kuyu açma imkânı sağlamasıdır. Bu makinenin sağladığı avantajlar nedeni ile Türkiye’de özellikle madencilik sektöründe metal madenlerinde yoğun olarak kullanılacağı düşünülmektedir. Sağlam kaya makinesi olarak bilinen bu makineler, madenciliğin gelişmiş olduğu ülkelerde, zemin iyileştirme çalışmaları sonrasında, kömür madenlerinde de kullanılmaktadırlar. Aşağıdaki şekilde tipik bir çalışma görünümü olan makinenin 0°-90° arası açılarda çalışabilme yeteneği olduğu için, madenlerin havalandırma ve cevher nakil kuyuları, hidroelektrik santrallerin denge bacaları, eğimli cebri boru hatları, metroların yer altı hatları arası geçiş tünelleri (yatay), katlar arası havalandırma fereleri, merdiven tünelleri (eğimli), karayolu ve demiryolu tünellerinin havalandırması gibi farklı amaçlar için kullanılmaktadırlar. Türkiye’de ise bu makineler son dönemde, güvenliği ön planda tutan ve gelişmiş tekniklere yatkın, bir kısım maden işletmelerinde, havalandırma kuyuları açmak için kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 3- 1 :Başyukarı kuyu açma çalışması [6]

Madencilik ve inşaat mühendisliği alanlarında havalandırma kuyularının ve malzeme, cevher veya insan taşımak amacıyla kurulacak sistemler için gerekli olan kuyuların açılması genellikle zorlu bir iştir.

Geçmişte yatay ya da dikey olsun bu tür kuyular ya delme- patlatma yoluyla ya da insan gücüyle açılırken, delme işlemi el burguları ya da aslında bu iş için geliştirilmemiş makinelerin kullanılmasıyla yapılmaktaydı. Bu şekilde yüze ulaşmakta, delici ekipmanın nakliyesinde, patlatılmış kayaların kuyudan alınmasında, kuyunun havalandırılmasında zorluklar yaşanıyordu. Yaşanan zorluklar, açılacak kuyu geniş ve derin olduğunda daha fazla artıyordu. Bu nedenlerle geçmişte kuyu açma çalışmaları son derece tehlikeli ve zaman alacak şekilde gerçekleştirilmekteydi.

Günümüzün gelişen ve yenilenen madencilik dünyasında ise bu iş için geliştirilmiş makine ve ekipmanlar madenlerde boy göstermeye başladı. Başyukarı (Başyukarı Delme) Sistemi madenlerde kuyu açmanın en güncel, en güvenli ve en hızlı yolu olmuştur.

### **3.1. Başyukarı Kuyu Açma Makinesi**

BKAM yöntemi dışında, kuyu duvarını örselemeden, hızlı ve güvenli kuyu açma imkânı bulunmamaktadır.

Başyukarı delme olarak da bilinen Başyukarı sondaj kavramı, iki veya daha fazla seviyenin arasında dikey ya da yatay olarak kuyu açılması, açılan kuyuda tarama yapılması ve kuyunun genişletilmesi işlemidir. Başyukarı sondajda makine yüze ya da birleştirilecek olan iki seviyeden üstte bulunan lokasyona kurulur. Daha sonra alttaki seviyeye kadar bir kılavuz delik açılır. Normalde 9 inç (229 mm) ile 15 inç (381 mm) arasında değişen üç konili (tricone) bir matkap uç kullanılır. Delici takım boru çapı ile matkap ucu arasında kesilen kaya kırıntılarının sondaj sıvısı ile dışarı atılabilmesi için 1 inç kadar çap farkı olur. Delgi sırasında delici takım dizisinin ortasındaki boşluktan kesme yüzeyine sondaj sıvısı (su ve gerekirse kimyasal katkı) pompalanır, matkap ucu ile kesilen kaya deliğin altından sondaj dizisinin etrafındaki boşluktan deliğin başına yükseltilir. Sondaj sıvısı, sondaj suyunun yeniden kullanılabilmesi için bir dizi çökeltme barajı aracılığıyla kapalı bir döngüde çökeltilir. Kılavuz delik açıldıktan sonra, alttaki seviyede kılavuz deliği açan matkaptan çok daha büyük çapa sahip bir tarama ve tarama başlığı sondaj dizisine takılır. Tarayıcı kafaların çapı 0,66 metre ile 6,1 metre arasında değişmektedir. Tarayıcı kafa BKAM tarafından döndürülür ve aynı zamanda kazısı yapılacak kaya yüzeyine doğru geri çekilir. Tarayıcı kafa üzerinde takılı olan Tungsten Karbür kesici uçlar da üstüne aldığı yüklerle dönerek kırma işleminin gerçekleşmesi için kayada oluklar açar. Oluklar arasındaki kayanın 'çentikleri' (kerf) dışarı 'fırlar' ve gerilme sırasında kaya kırılması meydana gelir. Kaya parçaları kuyu dibe düşer. Bu şekilde tarayıcı kafa üst seviyedeki makineye kadar tarama yapar ve kuyu açma işlemi gerçekleştirilir. Alt seviyeye düşen tarama ve genişletme başlığının kazdığı kaya malzemeleri ise uygun bir yöntem kullanılarak yükleyicilerle pasa taşıyıcılara yüklenerek tüm kazı malzemesi kuyu dibinden dışarı çıkarılır.

Gelişmiş ülkelerin çoğu tehlikeli ve emniyetsiz kuyu açma yöntemlerini terk ederek başyukarı sistemini kullanmaya başlamışlardır. Özellikle çevreye olan etkilerinin ve kaya titreşimlerinin çok az olması, Başyukarı sisteminin tercih edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede nükleer enerji santrallerine veya nükleer atık depolarına yakın yerler için de en uygun sistemdir. Endüstri uygulamalarından alınan geri bildirimlere göre BKAM için aşağıda özetlenmiş olan avantajlar ve dezavantajlar sayılabilir.

#### Avantajları;

- Hızlı ve sürekli ilerleme hızı sağlar.
- Delme ve patlatmadan daha güvenlidir.
- Yan kayaçlara yapısal bozukluk yoksa herhangi bir zarar vermez ve tam yuvarlak kuyu profili sayesinde daha iyi destek karakteristikleri sağlar.
- Dairesel kuyu profili düzgün olduğu için havalandırma amaçlı kullanıldığında daha az sürtünme direnci gösterir
- Kazı sırasında standart ve uygun boyutlarda kaya parçacıkları çıkarır.
- Kuyu içinde çalışan işçi olmaması nedeniyle çok daha güvenli bir kuyu açma yöntemidir.
- Kazı yaparken kuyu içinden pasa alınması için duraksama olmaz. Pasa kendi inisiyatifi ile kuyu dibine düşer ve yükleyici pasayı alırken kazının durması gerekmez.
- Kuyu içine işçi girmediği için daha küçük açıklıkta kuyular açmak mümkündür (Alimak yöntemine kıyasla)
- Süreç sürekli olup, döngüsel değildir
- Çalışma sırasında çok özel havalandırma sistemleri gerekmez
- Sağlam zeminde ve uygun makine ile çalışıldığında çok hızlı bir yöntemdir.
- Kör kuyu uygulamalarında olduğu gibi uzun teslim süreleri yoktur. Projelerin iş akışı içinde gecikmeye sebep olmadığı gibi işi hızlandırır zaman kazandırır.

#### Dezavantajları;

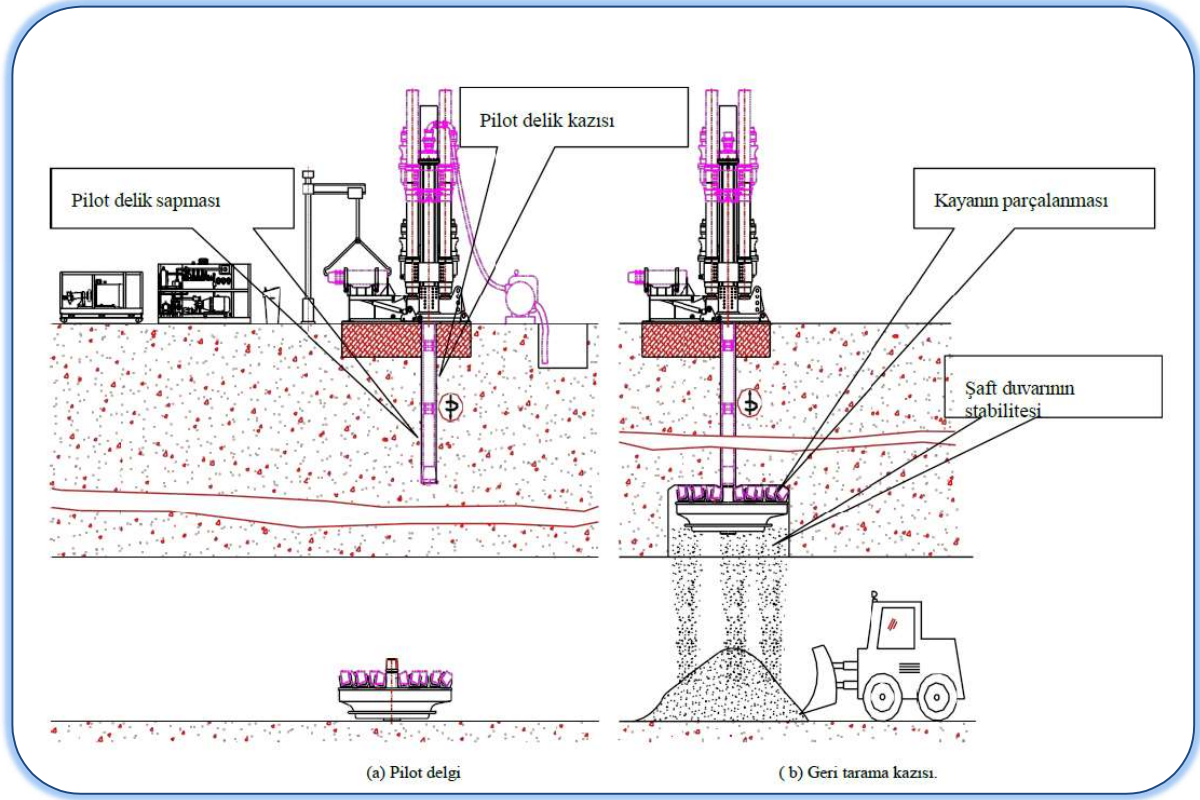
- Sadece düz-doğrusal kuyularda kullanılabilir. (Saptırılamaz)

- Kuyu delgisi sırasında tahkimat gerekirse, delici takımın kuyu içinde kalması riski göz önüne alınmadığı müddetçe, yapılamaz.
- Yüksek ilk yatırım maliyeti söz konusudur.
- Pilot delginin tamamlanması sonrası tarama işlemine başlamadan önce kuyu dibine erişim olması gereklidir.
- Kuyu güzergahı boyunca kazılan yüzeylerin yıkılmaması, herhangi bir destek yapılmaksızın sonraki aşama sırasında gerekli tahkimat yapılmaya kadar ayakta kalabilmesi gereklidir.
- Proje sahasındaki işletmenin, kuyu açılırken oluşan pasayı, yer altında yapımı devam eden madencilik aktivitelerini de engellemeyecek şekilde kuyu dibinden nakledecek bir organizasyonda sahip olması gereklidir.
- Değişken zemin koşulları için zemin kontrolünde esnekliğe sahip değildir. Bu durum, önceden daha kapsamlı bir jeoteknik fizibilite çalışması gerektirir
- Açılacak kuyunun amaca hizmet edecek sürede ayakta kalabilmesi için, göreceli olarak zayıf zeminlerde kullanılması durumunda, önceden sağlamlaştırma çalışmaları yapılması gerekir.

### **3.2. Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin Tarihsel Gelişimi**

Başyukarı kuyu açma teknolojisi, madencilik endüstrisinin taleplerini karşılamak için geliştirilmiştir. Cevher yüzeye yakın yerlerde tükendikçe, daha derine inmek zaruri olduğundan, daha ucuz dikey kuyular inşa etmek için farklı yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, artan iş güvenliği gereklilikleri, işçilerin kuyu inşaatı sırasında hayati derecede, çok tehlikeli iş sınıfında riskler taşıması bu gelişimin önünü açmıştır.

Başyukarı kuyu açma makineleri çok sert kaya oluşumlarında makinenin 0°-90° arası açılarda çalışabilme yeteneği olması nedeniyle, madenlerin havalandırma ve cevher nakil kuyuları, hidroelektrik santrallerin denge bacaları, eğimli cebri boru hatları, metroların yer altı hatları arası geçiş tünelleri (yatay), katlar arası havalandırma fereleri, merdiven tünelleri (eğimli), karayolu ve demiryolu tünellerinin havalandırması gibi farklı amaçlar için çok sayıda uygulama alanı bulmuştur.



Şekil 3- 2 :BKAM ile yapılan kuyu kazı aşamaları [7]

- Bade 1949 yılında bu alandaki ilk büyük atılımı gerçekleştirmiştir. Zor koşullardaki kuyu kazıları için yoğun işçilik gerekliliğini ortadan kaldırmaya çalışmıştır.
- Robert E. Cannon 1950'lerin sonlarında Alman maden işletmeciliğinde Bade tarafından başlatılan temel prensipleri somutlaştırmıştır, yani küçük bir pilot delik açılmış ve bu delik daha sonra geri tarama yapılarak büyütülmüştür.
- 1962 yılında Cannon, 31R başyukarı delgi makinesi, Michigan'daki Iron River Madeninde 17 cm'lik bir pilot delik açmak için kullanılmış ve bu delik daha sonra 100 cm çapında bir tarama başlığı ile geri taranarak genişletilmiştir.
- Alman Wirth Şirketi 1963 yılında, pilot deliğin alt seviyeden üst seviyeye doğru açıldığı ve deliğin daha sonra aşağıya doğru taramasını sağlayan elektro-hidrolik bir başyukarı delgi makinesi tanıtmıştır.
- Calweld- Smith Şirketi yaklaşık 1967 yılında ilk kör delikli veya kutu delikli (Box hole) başyukarı delicisini tanıtmıştır. Bu makinede, kesici kafa için dönme ve itme kuvvetleri, maden tabanında yükseltinin dibinde bulunan güç ünitesinden sondaj dizisi aracılığıyla sağlanmıştır (Stack, 1995).

- Robbins, 81R makinesini 1971-1972 yıllarında Avustralya'nın Queensland eyaletindeki Mt. Isa madenlerinde kullanılmak üzere tasarlamıştır. Bu madende 600 m'ye kadar değişen uzunluklarda 2,4 m çapında kuyulara ihtiyaç duyulmuştur.
- Ingersoll-Rand 1973 yılında büyük çaplı başyukarı delme makineleri üretmiş ve deneme amacıyla Copper Cliff North madenine kurulum yapmıştır. Daha sonra bu makine 300 m derinliğe kadar 2,10 m'lik başyukarı kuyu açma işlerinde kullanılmıştır. Başyukarı delgi sondajları Avrupa'daki kömür madenlerinde de 8 m çapa kadar kullanılmıştır (Bruemmer ve Wollers, 1976, Grieves, 1981, Muirhead 1982).
- Bruemmer (1979), Alman kömür madenciliği endüstrisinde hidrolik çamur temizleme sistemli kör kuyu sondaj makinesi ile ilgili bazı vaka çalışmalarını yayınlamıştır.
- Todd ve Facchinetti (1979) İtalya'daki San Giacomo Al Vomano Hidro4 Elektrik projesinde baş aşağı tarama – down reaming (genişletme) işlemini açıklamıştır.
- Friant ve diğerleri (1985) başyukarı kuyu inşaatı için kör veya tarayıcı kafa kombinasyonunu göstermiştir. Başyukarı delme sondajının önceden delinmiş bir pilot delikle veya kör (pilot deliksiz) olarak saatte 1,22 ila 1,83 metre arasında bir ilerleme hızıyla yapılabileceğini belirtmişlerdir. Hendricks (1985) mekanik bir kuyu kazma sisteminin geliştirilmesini incelemiştir.
- Worden (1985) tarama döngüsündeki faaliyetlerin ayrıntılı ve pragmatik bir tanımını yapmıştır.
- Pigott (1985), bir araya getirildiklerinde yumuşak ve orta mukavemetli formasyonlarda kuyuların daha hızlı ve daha ucuz bir şekilde delinmesini sağlayan çeşitli teknik ve ekipmanları belirtmiştir.
- Pugsley (1989) Sudbury Ontario'daki Falconbridge işletmesinde derin başyukarı kuyu kazısını açıklamıştır.
- Stacey ve Harte (1989), Güney Afrika'daki derin seviyeli madenlerin kazılması için başyukarı sondaj makinesi kullanılırken karşılaşılan sorunları açıklamıştır.
- Derin seviyeli madenlerde yüksek kesici aşınması, sıkışma ve başlığın salınımının meydana geldiğini belirtmişlerdir. Oosthuizen (2004), geleneksel kuyu açma tekniklerine alternatif olarak büyük çaplı dikey başyukarı delme ve kuyu açma tekniklerine katkıda bulunmuştur.
- Z.Q. Liu ve arkadaşları (2012) Pekin Çin Kömür Madeni Mühendisliği Limited Şirketi tarafından üretilen yüksek kapasiteli LM serisi başyukarı sondaj makinesinin sondaj teknolojisi ve gelişimi bu

makalede tanıtılmıştır. Başyukarı kuyu açma makinesinin yeni gelişimi ve sondaj teknolojisi araştırılmıştır. BKAM teknolojisinin ve uygulamalarının yeraltı mühendisliğindeki önemli rolü tipik vakalarla birleştirilerek açıklanmıştır.

- Werner Burger ve arkadaşları (2014) Almanya`da yerleşik özellikle TBM üretimi konusunda tanınırlığı olan Herrenknecht firmasının madencilik sektörü ile yakın ilişkiler kurarak sektörün ihtiyaçlarına yönelik kör kuyu makinesi (shaft sinking), Başyukarı kuyu açma makinesi (şu an bilinen en derin (2.000 m) ve en büyük çapla (8m) kuyu açabilen) ve borulamalı başyukarı kör kuyu makinesi gibi zor bir görev için hem daha fazla güvenlik hem de daha fazla üretimleri hakkında makale sunmuştur.
- Zhiqiang Liu ve Yiping Meng, (2015) Başyukarı sondaj makinelerini yöntemsel olarak analiz etmiş ve bu kuyu açma teknolojisinin gelişme eğilimlerini sondaj verimliliğini artırmak için kaya kırma modlarının iyileştirilmesi, akıllı bir kontrol tekniğinin geliştirilmesi ve doğrusal olmayan başyukarı kuyu için teknoloji ve ekipman geliştirilmesi olarak açıklamıştır.

Ülkemizde başyukarı sondaj makinesi ile yapılan araştırmalardan bahsedecek olursak;

- Shaterpour-Mamaghani, A., Bilgin, N. (2016) Kastamonu Küre`de Eti Bakır sahasında yapılan kazı işi ile ilgili olarak bir vaka çalışması yapmışlardır. Bu çalışma ile BKAM'nin penetrasyon hızı, kesici kafa torku ve toplam itme kuvveti gibi kazı performansı parametreleri deneysel sonuçlara dayanarak teorik olarak tahmin edilmiştir. Daha sonra, gerçekleşen ve tahmin edilen değerler gelecekteki uygulamalar için faydalı bir rehber olması amacıyla karşılaştırılmıştır. Tünel Açma Makineleri (TBM) ve BKAM'nin kayayı aynı temel kaya kesme mekaniği prensiplerini uygulayarak kestiği sonucuna varmışlardır. Her iki makine için özgül enerji değerleri, benzer kesme derinliği ve benzer kaya oluşumu için aynı sıradadır ve bu da literatürde halihazırda yayınlanmış olan TBM'lerin büyük verilerinden BKAM'nin penetrasyon oranlarını tahmin etmeyi mümkün kılmaktadır. Ayrıca, BKAM için itme kuvvetlerinin, kesicinin kesit alanı ve kaya basınç dayanımına dayalı olarak TBM için yapıldığı gibi masif kayada tahmin edilebileceği kanıtlanmıştır.
- Shaterpour-Mamaghani, ve arkadaşları (2018) yazdıkları makaleyle, basit (doğrusal ve doğrusal olmayan) ve çoklu (doğrusal ve doğrusal olmayan) regresyon yöntemlerini kullanarak tarama işleminde BKAM'lerin performans ve operasyonel parametrelerinin tahmini için yeni görgül modeller önermeyi amaçlamıştır. Bu amaçla Sargın İnşaat`ın Esan Eczacıbaşı`na ait Balya kurşun-çinko yer altı madeni havalandırma bacası yapımı için kullandığı BKAM verileri takip edilmiştir.

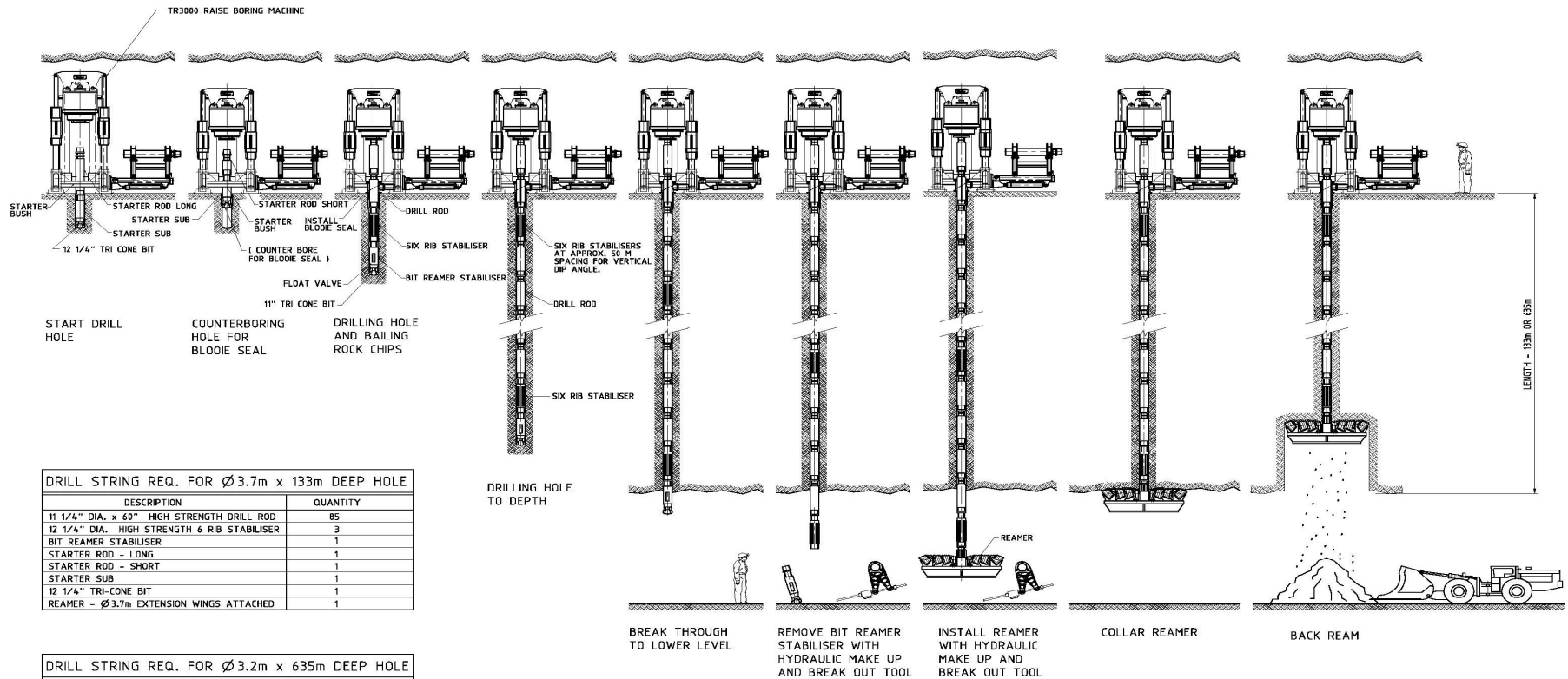


Havalandırma bacasına yakın lokasyondan alınan karot numuneleri, bazı temel fiziksel-mekanik özelliklerin tanımlanması için test edilmiştir. Ayrıca, saha çalışmaları sırasında BKAM'nin operasyonel ve performans parametreleri kaydedilmiş/hesaplanmıştır. Saha ve laboratuvar çalışmalarının sonuçları, BKAM'nin performans ve operasyonel parametrelerinin tahmini için yeni görgül modeller geliştirmek üzere istatistiksel bir analizde kullanılmıştır. Sonuçlar, tek eksenli basınç dayanımının dönme hızı ve kafa çalışırken harcanacak olan torkun tahmini için kullanılabilceğini göstermiştir.

- Shaterpour-Mamaghani, A., Copur, H. (2021) kaya özelliklerini ve sınıflandırılmış başyukarı kuyu eğimleri [dikey (90°) ve eğimli (70°)] için pilot delik delme operasyon parametrelerini kullanarak başyukarı sondaj operasyonları için kılavuz delik delme ve tarama performanslarını tahmin etmeye yönelik görgül modeller geliştirmeyi amaçlamışlardır. Dikey ve eğimli tarama ve pilot delik delme veri grupları için çok değişkenli regresyon analizleri yapılarak geliştirilen deneysel modeller, statik elastisite modülü, dinamik elastisite modülü, tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı ve kaya kalitesi tanımlamalarının en önemli bozulmamış değerler olduğunu göstermiştir. Dikey ve eğimli tarama ve pilot delik delme veri grupları için çok değişkenli regresyon analizleri yapılarak geliştirilen görgül modeller, statik elastisite modülü, dinamik elastisite modülü, tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı ve kaya kalitesi tanımlamasının, dikey ve eğimli tarama ve pilot delik delme performanslarını etkileyen en önemli kriterin sağlam kaya ve kaya kütlesi özellikleri olduğunu göstermiştir.
- Hanifi Copur, Aydın Shaterpour-Mamaghani, Arif Gumus, Deniz Tumac, Cemal Balci, Ayhan Kocbay, Tayfun Erdoğan and Emre Avunduk (2021), EUROCK 2021 En İyi Bildiri Ödülü almış çalışma ile başyukarı sondaj makinesinde çift spiral (kaydırma) kesme modelini deneysel olarak araştırılması amaçlamıştır. Tam ölçekli doğrusal kesme testleri düğme (kerf) kesici takım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testler, Yusufeli Barajı ve HES proje sahasından elde edilen iki sert kayaç (diyabaz ve granodiyorit) kullanılarak 25 mm hat aralığında ve devir başına değişen kesme derinliklerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma, diyabaz ve granodiyorit numuneleri için optimum çizgi aralığının devir başına kesme derinliğine oranının sırasıyla 8,3 ve 4,2 olarak elde edildiğini göstermiştir.
- Shaterpour-Mamaghani, ve arkadaşları (2022). Bu çalışma ile, tam ölçekli doğrusal kaya kesme testlerinin (yer değiştirme kontrollü) ve deterministik yaklaşımların, başyukarı kuyu açma makinelerinin performansını tahmin etmek için uygulanabilirliğini araştırmaya yönelik bir

araştırma yapılmıştır. Deneysel alışmalar, bir BKAM'nin kesme eyleminin tam ölçekli doğrusal kesme testi ile güvenilir bir şekilde simüle edilebileceğini gösterilmiştir.

- Shaterpour-Mamaghani, ve arkadaşları (2023). Bu alışma, kaya örnekleri üzerinde gerçekleştirilen fiziksel-mekanik özellik testlerinin yanı sıra uç batırma ve tam ölçekli doğrusal kesme testlerine dayalı olarak BKAM'lerin performans tahmini için yeni modeller önermeyi amaçlamıştır. Farklı jeolojik kökenlere sahip sahalarda BKAM'lerin ve kaya örneklerinin operasyonel ve performans verileri farklı sondaj projelerinden toplanmış ve ardından, analiz edilen BKAM'lerde kullanılan kesici uçların gerçek hayattaki tungsten karbür uçları kullanılarak farklı karot numuneleri üzerinde uç batırma testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma, S dalgası hızının ve Cerchar aşındırıcılık indeksinin, uç batırma testlerinden elde edilen kayaların kırılgenlik indeksini tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, BKAM'lerin performans tahmini için uç batırma kuvveti ve penetrasyon değerleri arasındaki ilişki olarak g fonksiyonunun kullanılmasının fizibilitesini göstermektedir. Uç batırma testlerinin sonuçlarının BKAM performansının hem görgül hem de deterministik tahminlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir.



DRILL STRING REQ. FOR Ø3.7m x 133m DEEP HOLE	
DESCRIPTION	QUANTITY
11 1/4" DIA. x 60" HIGH STRENGTH DRILL ROD	85
12 1/4" DIA. HIGH STRENGTH 6 RIB STABILISER	3
BIT REAMER STABILISER	1
STARTER ROD - LONG	1
STARTER ROD - SHORT	1
STARTER SUB	1
12 1/4" TRI-CONE BIT	1
REAMER - Ø3.7m EXTENSION WINGS ATTACHED	1

DRILL STRING REQ. FOR Ø3.2m x 635m DEEP HOLE	
DESCRIPTION	QUANTITY
11 1/4" DIA. x 60" HIGH STRENGTH DRILL ROD	404
12 1/4" DIA. HIGH STRENGTH 6 RIB STABILISER	14
BIT REAMER STABILISER	1
STARTER ROD - LONG	1
STARTER ROD - SHORT	1
STARTER SUB	1
12 1/4" TRI-CONE BIT	1
REAMER - Ø3.2m	1

Şekil 3- 3 :BKAM ile uygulama aşamaları [18]

THIS DRAWING CONTAINS INFORMATION THAT IS PROPRIETARY TO TERRATEC AUSTRALIA. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, THE INFORMATION IS THE PROPERTY OF TERRATEC AUSTRALIA AND SHALL BE RETURNED UPON REQUEST. IT IS FORWARDED SUBJECT TO OBTAIN UPON DEMAND. THE DRAWING MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED, OR USED IN ANY MANNER WITHOUT TERRATEC AUSTRALIA'S WRITTEN PERMISSION. FAILURE TO COMPLY WITH THIS NOTICE MAY BE A LEGAL ACTION.

NO	REVISED	DATE	BY	REASON
1				

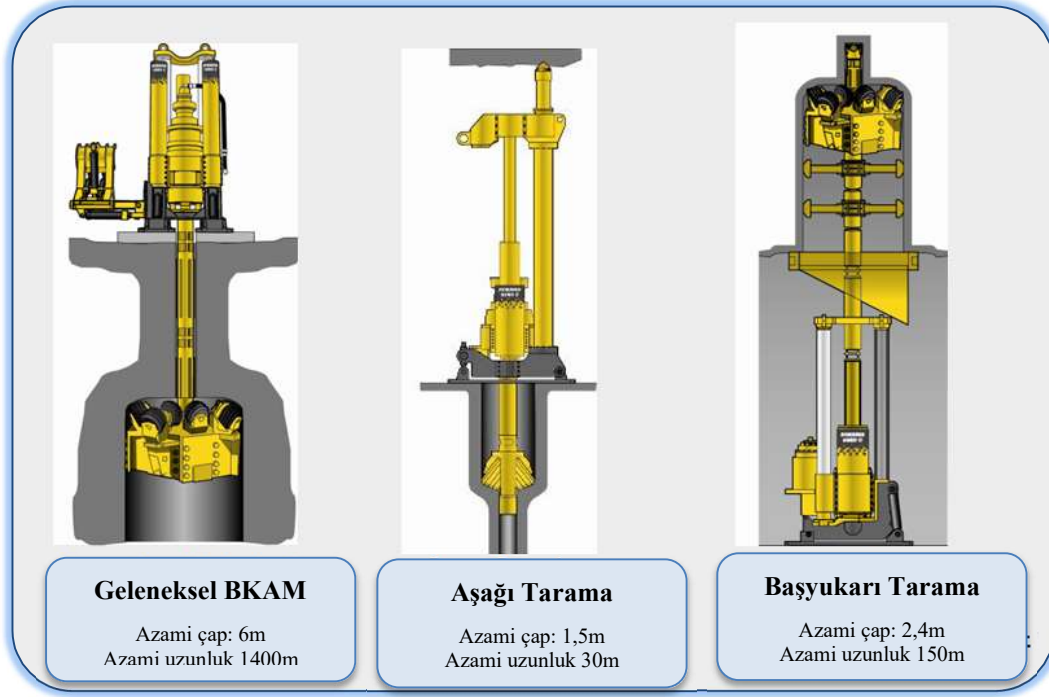
TR3000 DRILLING PROCEDURES  
PILOT HOLE AND RAISE BORING

DATE: 12/31/11  
A.T. 12361-1

TERRATEC AUSTRALIA  
TASMANIA  
Ph: +61 3 62232822  
Fax: +61 3 62232828  
tunnel@terratec.com.au

### 3.3. Başyukarı Sisteminin Kullanım Yöntemleri

Başyukarı sondaj makineleri, geri tarama işlemine göre yukarı doğru tarama tipi ve aşağı doğru tarama tipi olmak üzere iki tipte sınıflandırılabilir. Aşağıdaki Şekilde BKAM'lerinin çalışma prensiplerini verilmektedir.



Şekil 3- 4: Başyukarı kuyu açma makine tipleri [8]

Bu iki tip başyukarı delme makinesinin özellikleri kısaca listelenecek olursa;

Aşağı doğru tarama yönteminde, kesilen parçalar sondaj borusu ile delik duvarı arasındaki boş halkadan aşağıdaki seviyeye düşer. Tarama kafası üzerinde farklı konumlarda bulunan kesiciler tarafından parçalanmış parçalar kafanın merkezinde birleşir ve diğer kesiciler tarafından tekrar tekrar kırılır.

Ancak yukarı doğru tarama yönteminde, kesilen parçalar genellikle yerçekimiyle aşağı düşer ve nadiren tekrar tekrar kırılır, bu nedenle verimliliği aşağı doğru tarama yönteminden daha yüksektir.

Aşağı doğru tarama yönteminde pilot delik, sondaj takımının ve kesilen kazı malzemesinin geçişine imkân sağlar, bu nedenle kesilen parçaların aşağı düşmesi sondaj takımına zarar verebilir. Ancak yukarı doğru tarama yönteminde pilot delik, yalnızca küçük çaplı kılavuza ihtiyaç duyan matkap dizisinin geçmesi için işlev görür, bu nedenle pilot deliğin delme hızı daha fazladır. Yukarı doğru tarama ile pilot delik açmak ve delik sapmasını kontrol etmek, aşağı doğru tarama yapmaktan daha kolaydır. Aşağı doğru tarama

yönteminde, sondaj dizisi pilot delme sırasında sıkışma altında olduğundan ve kolaylıkla büküldüğünden, deliğin kalitesini kontrol etmek zordur ve delme derinliği sınırlıdır.

Yukarı doğru tarama yönteminde, operatör ve işçiler, sondaj makinesini üst seviyede çalıştırdığından, çalışma koşulu aşağı doğru tarama yöntemine göre daha güvenlidir. Aşağı doğru tarama yönteminde ise pasa temizleme ve delme işlemleri alt seviyede yapıldığından, çalışma koşulları diğer yöntemlere göre iyi değildir.

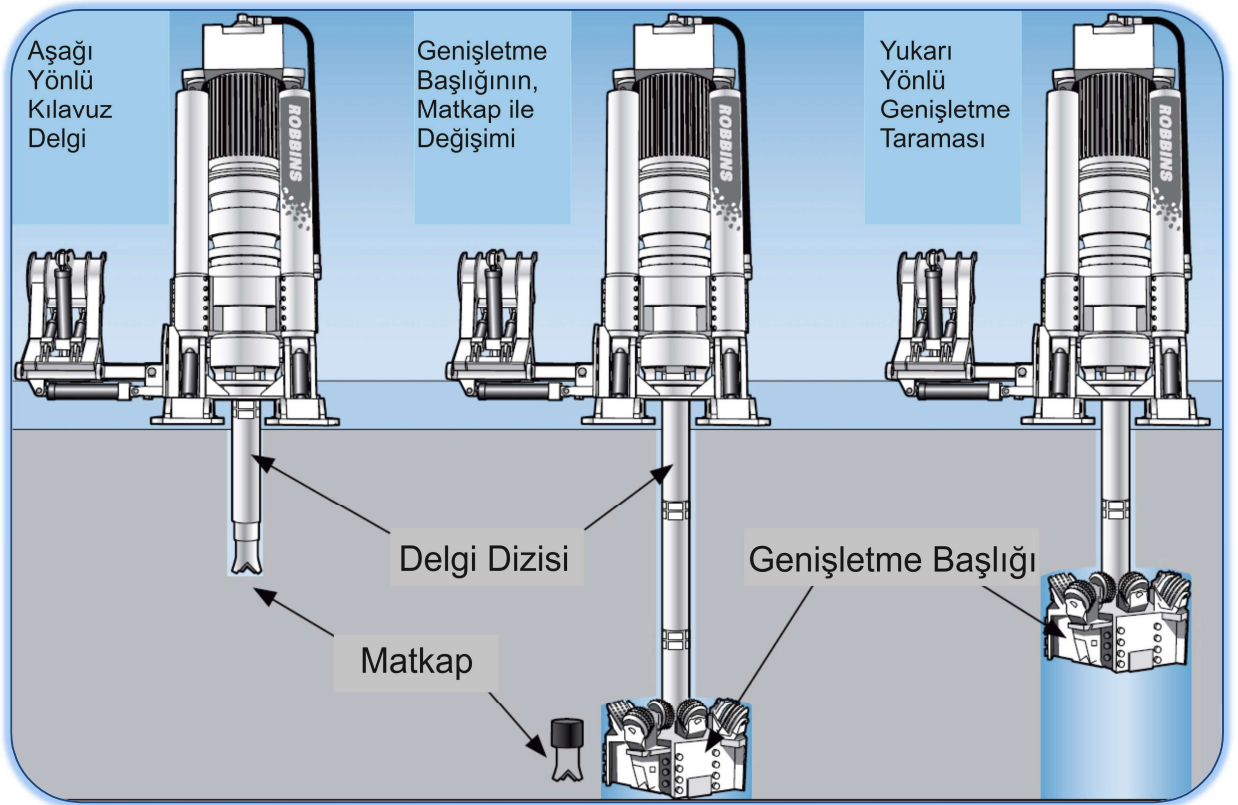
Aşağıdaki Çizelge 3- 1`de yöntemlerin karşılaştırmasını özet halinde verilmektedir.

Başyukarı sondaj makinesi	Makinenin kurulduğu pozisyon	Pilot delgi yönü	Tarayıcı kafanın değişme konumu	Tarama yönü	Tarama modu	Delgi uzunluğu	Delgi çapı	Kazılan kayanın alınması	Uygulanma koşulu	Avantaj	Dezavantaj
<b>Aşağı doğru tarama</b>	Aşağı seviye	Aşağıdan yukarıya	Üst seviye	Üstten aşağıya	Çok aşamalı tarama	<200m	1,2 m	Kazı sonrası oluşan pasa alt seviyeye düşer ve yükleyiciler tarafından nakledilir.	Hem üst kotta hem alt kotta erişim yolu olmalıdır	Sondaj dizisinin ağırlığı kaya kırma yardımcı olur, böylece enerji tasarrufu sağlanır. Yaptığı işe göre düşük güce, nispeten küçük boyuta ve ağırlığa sahiptir.	Kazılan kaya parçalarının çıkarılması ve delme işlemi birbirini etkileyebilir. Tarama sırasında kayalar tekrar tekrar kırılır. Delme verimliliği düşüktür. Tarama birçok kez yapıldığından ve hız düşüktür. Sondaj deliğinin doğruluğunu sağlamak zordur.
<b>Yukarı doğru tarama</b>	Yukarı seviye	Yukarıdan aşağıya	Alt seviye	Aşağıdan yukarıya	Tek aşamalı tarama	1000 m	7 m		Hem üst kotta hem alt kotta erişim yolu olmalıdır	Delme işlemi ve kesme kaldırma işlemi iki farklı seviyede ayrı ayrı gerçekleştirilir. Çalışma koşulları iyidir. Jeolojik koşulların etkisi azdır. Sondaj kuyusunun sapma hatasını kontrol etmek kolaydır	Pilot delgi yapmak zordur ve pek çok yardımcı ekipmana ihtiyaç duyulur
	Aşağı seviye	Aşağıdan yukarıya	Alt seviye		Tek aşamalı tarama	<100m	1 m		Sadece alt kotta erişim yolu olmalıdır	Üst kotta erişim olmadığına kullanılabilir	Kuyu açma Makinesinin gücü yüksektir. Tarama kazısı ve delgi işlemi birbirini etkileyebilir
	Yukarı seviye	Pilot delgi yok	Alt seviye		Tek aşamalı tarama	<100m	1 m				

Çizelge 3- 1: Tarama yönüne göre kuyu açma makinelerinin karşılaştırılması [7]

### 3.4. Başyukarı Kuyu Açma Makineleri Hakkında Bilgiler:

Pilot delik aşağı seviyeye ulaştığında tricone bit, genişletici başlık ile değiştirilir. Genişletici başlık dönerek ve yukarı çekilerek delik büyütme işlemi sağlanır. Kırılan malzeme aşağı seviyeye dökülür ve bir yükleyici ile dışarı taşınır. Yukarı çekme işleminde delik çapı 6 metreye ve delme derinliği 1000 metreye kadar çıkabilir. Bu sistem en çok havalandırma kuyularının, cevher geçişi ve personel taşınması amacıyla açılan kuyuların yapımında kullanılır.



Şekil 3- 5 : BKAM ile kuyu açma aşamaları [1]

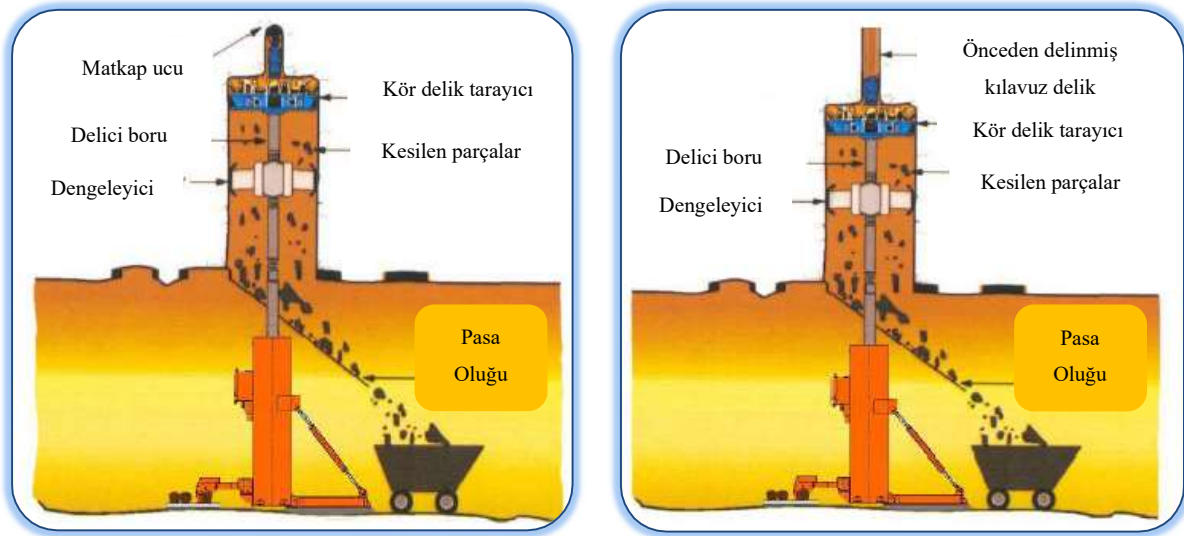
Başyukarı kuyu açmaya ek olarak farklı amaçlarla diğer dikey mekanik kuyu kazma yöntemleri de geliştirilmiştir. Bu yöntemlere kısaca değinmek gerekirse;

- Kutu deliği sondajı (Box hole);
- Kör kuyu sondajı (Blind Hole);
- Aşağı tarama (Down reaming);
- Aşağı yönde pilot delgi, Aşağı tarama (Pilot down, Ream down);
- Yatay delme (Horizontal Hole)

### 3.4.1. Borulamalı Başyukarı Kör Kuyu (Box Hole)

Kutu deliği sondajı, yer altında bir seviyeden üstte bulunan bir seviyeye erişimin sınırlı olduğu veya hiç olmadığı yerlerde kuyu kazmak için kullanılır. Burada makine alt seviyede kurulur ve tam çaplı Başyukarı kuyu açılarak yukarı doğru delinir.

Yukarı doğru sondaj yapılırken, sondaj takımının salınım ve bükülme gerilimlerini azaltmak ve sapmayı en az seviyede tutmak için delici sondaj dizisine belirli aralıklarla dengeleyici amaçlı olarak stabilizatörler eklenir. Delme esnasında kesilen parçalar yerçekimi ile delikten aşağı düşer ve makine üzerinde bulunan oluk vasıtasıyla pası döküm alanına yönlendirilerek makinenin çalıştığı alt seviyede kazı malzemesi toplanır. Kutu deliği sondajı, şekilde gösterildiği gibi önceden delinmiş bir pilot delik ile veya pilot delik olmadan tamamlanabilir.

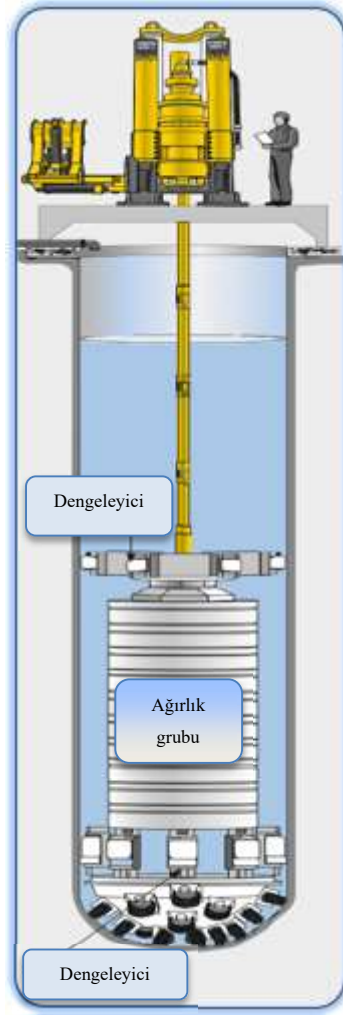


Şekil 3- 6 :Solda, eş zamanlı kılavuz delgi ve tarama kazısı, sağda kılavuz delgi sonrası tarama kazısı [9]

### 3.4.2. Kör Kuyu Delme (Blind Hole)

Kör kuyu sondajı, öngörülen yükseltinin üst seviyesine erişimin olduğu, ancak alt seviyeye erişimin sınırlı olduğu veya hiç olmadığı durumlarda kullanılır. Kör kuyu delme işlemi, özel bir başlık gerektirmektedir. Bu sistem ile pilot delik ve tarama aynı anda yapılır. Tarayıcı başlık yukarı doğru döndürülerek ittirilir ve kırılan malzeme aşağı düşer. Şekilde gösterildiği gibi tarayıcı ile stabilizer arasında ağırlıklar eklenir. Kazı sırasında kesilen parçaları kuyudan çıkarmak için tipik sondaj tekniği kullanılarak ters sirkülasyon sistemi veya bir vakum sistemi kullanılır. Bu delme işleminin uygulanabilir çapı 0,6 metreden 1,8 metreye kadar değişiklik gösterebilir.



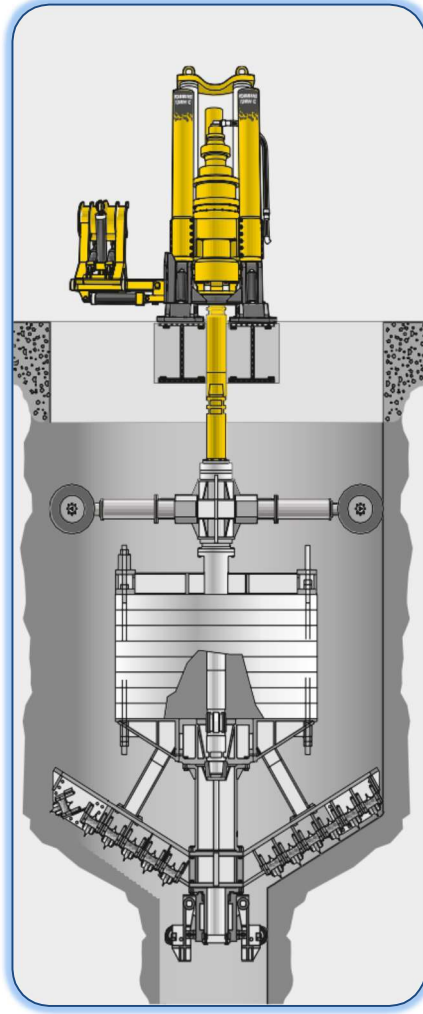


Şekil 3- 7 : Kör kuyu kazısı [8]

### 3.4.3. Aşağı Tarama

Aşağı Tarama, geleneksel bir pilot deliğin delinmesiyle başlar ve ardından şekilde gösterildiği gibi üst seviyeden alt seviyeye doğru tarama yapılarak nihai tarama çapına ulaşılır. Pilot delik çapından daha büyük çaplara tarama yapılarak bu şekilde erişilebilir. Daha büyük çaplar, geleneksel olarak kılavuz bir pilot delginin taranması ve ardından aşağı tarama yaparak genişletilmesi ile elde edilebilir.

Tarama sırasında, kazılarak kesilen parçalar pilot delikten veya tarama yapılmış delikten aşağıya doğru çekilir ve alt seviyeden çıkarılır. Yeterli aşağı tarama itme kuvveti ve torku sağlamak için aşağı yönde tarama, dönmeyen bir tutucu ve itme sistemi ve sondaj hattı tarafından tahrik edilen bir tork arttıran dişli kutusu ile donatılmıştır. Üst ve alt stabilizatörler düzgün hatta çentik yaparak kesimi sağlar ve delici sondaj takımının salınımlarını azaltır.

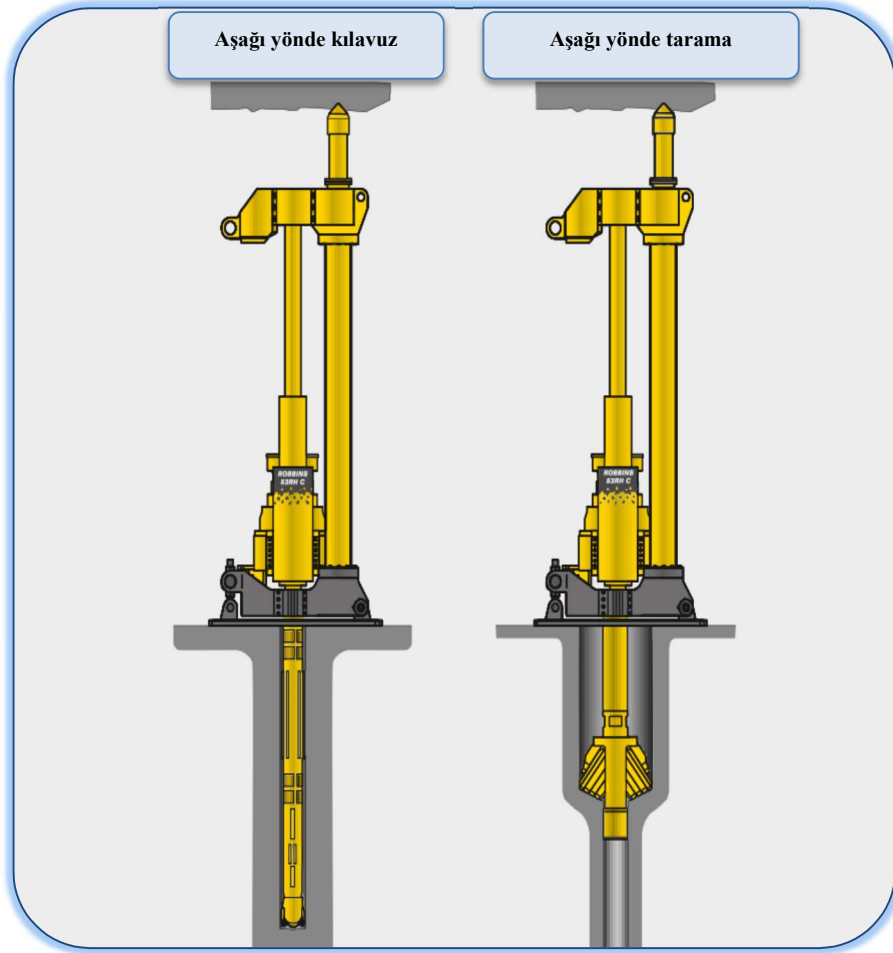


Şekil 3- 8 :Aşağı tarama (Down reaming) [8]

#### 3.4.4. Aşağı Pilot -Tarama

Delik açma olarak da bilinen bu yöntem, mevcut bir pilot deliği küçük çaplı bir tarayıcı ile büyütmek için kullanılır. İşlem pilot delik delmeye benzer, tek fark pilot uç yerine küçük bir tarayıcı kafa kullanılmasıdır. Küçük çaplı tarayıcı kafa, delme işlemine kılavuzluk etmek için mevcut pilot deliği kullanacak şekilde tasarlanmıştır.

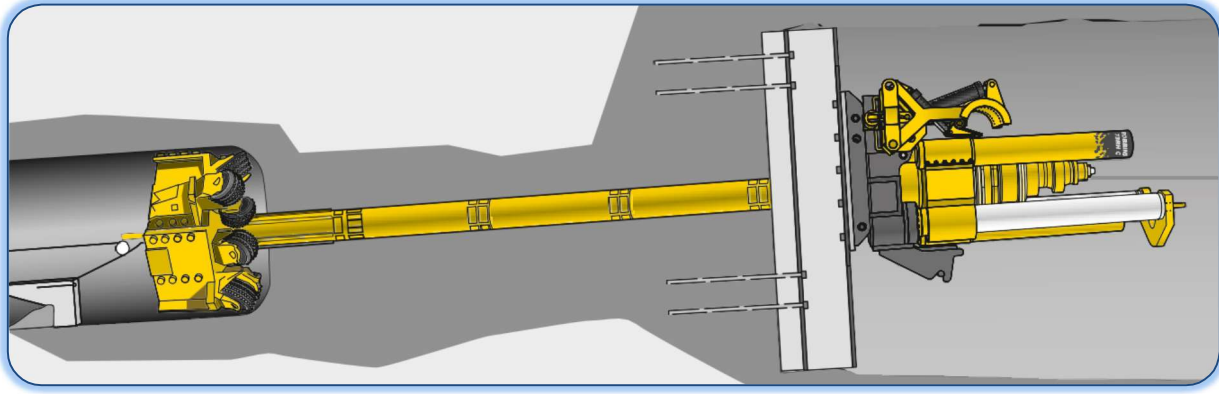
Bükülmeyi önlemek için tarayıcı kafanın arkasındaki sondaj dizisinde dengeleyici stabilizerler kullanılır. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi pilot aşağı, Tarama aşağı delik açma sadece standart tarama sisteminin pratik olmadığı veya imkânsız olduğu durumlarda göreceli olarak küçük çaplarda kullanılır.



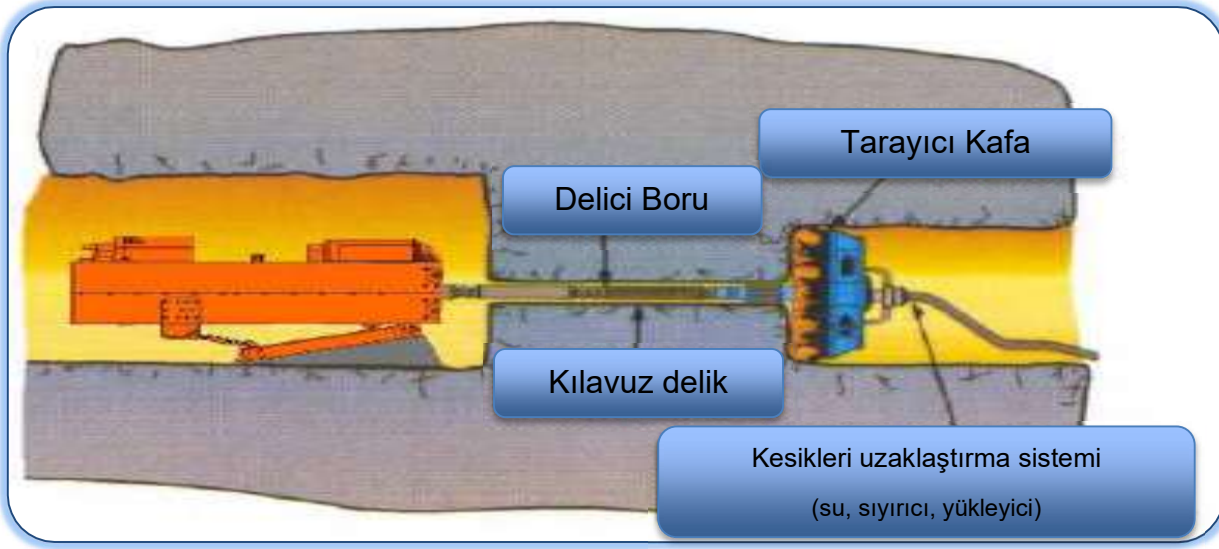
Şekil 3- 9 : Aşağı pilot-Tarama (Pilot- Reaming Down) [8]

### 3.4.5. Yatay Delme

Bu delme sistemi özellikle delme – patlatmanın yasak olduğu ve TBM'lerin büyük ve hantal kaldığı kentsel inşaat projelerinde etkili bir şekilde uygulanabilir. Öncelikle yatay bir pilot delme işlemi yapılır. Pilot kuyu hedefe ulaştığında, diğer delme işlemlerinde de olduğu gibi pilot başlık, genişletici başlık ile değiştirilir. Delme işlemi yatay olarak yapıldığından bu sistemde, kırılan malzemeyi dışarı atabilmek için özel bir genişletici başlık kullanılır. Yatay delme işleminde tipik çap aralığı 0,6 metre ile 4,5 metre arasındadır. Bu tip delme işlemi genel olarak kablo geçiş kanallarının, kaçış tünellerinin ve kanalizasyonların yapımlarında, çevreye zarar vermeden başarılı bir şekilde uygulanabilir. Bu tip delme işleminde kaya duraylılığının yüksek olması gereklidir.



Şekil 3- 10 : Yatay Kuyu (Horizontal Shaft) [8]



Şekil 3- 11 : Yatay delme kurulumu [9]

### 3.4.6. Lastik Tekerlekli Mobil Başyukarı Makinesi:



Şekil 3- 12 :Rhino 100 başyukarı delgi çalışması ve kurulum aşaması [10]

Konvansiyonel Başyukarı makinelerine göre kısa sürede mobilize olabilen ve çabuk kurulum yapılabilen yeni nesil başyukarı kuyu açma makineleri 2010`lu yıllardan itibaren denemeleri yapılmış ve artık seri üretime geçirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle slot deliklerin delinmesi için tercih edilmekte ve üretimi klasik simba/longhole/boxhole gibi makinelerle yapılan delgi performansı ile kıyaslayınca 1`e 3 oranda arttırdığı gözlenmiştir.

Rhino 100 (Sandvik) yeni nesil BKAM modelleri bu uygulamanın öncüsü olarak maden üretim verimliliklerini arttıran bir etki göstermektedir.

- BKAM`in tüm donanımları bu makine ile teçhizat üzerindedir.
- Yalnızca bir operatör makineyi kullanabilir.
- Değiştirilebilir sondaj modülleri vardır.
- Ø 660/750 mm çapında yukarı yönde ve 100m kuyu açabilir
- Ø 1060/1420 mm çapında aşağı yönde 300m kuyu açabilir
- 15 dakikalık kurulum ve demobilizasyon yapabilir
- Çalıştırma için yalnızca elektrik ve yıkama suya ihtiyaç duyar.
- Lastik tekerleklerin üzerine oturur – beton yastığa, ankraja gerek yoktur
- Entegre çamur işleme ve toz bastırma ile rahat bir çalışma konforu vardır.
- Döner ve tesviye kabini bulunmaktadır.
- Yalnızca 100kw kurulu gücü vardır.

<b>Slot delgi operasyonu</b>	<b>Geleneksel BKAM</b>	<b>Uzun Delgi Makineleri (Simba/Longhole/Boxhole)</b>	<b>Mobil BKAM Rhino 100</b>
<b>Aylık üretim</b>	140 metreye kadar	155 metre	336 metre
<b>Slot delgi sayısı Slot/ay</b>	5 adet	6-7 adet	14-15 adet

Çizelge 3- 2 :Rhino 100 ile muadil makinelerin üretim kıyaslaması [10]

#### **4. GELENEKSEL BKAM HAKKINDA BİLGİLER VE ÜRETİCİLERİN KULLANIMA SUNDUĞU MAKİNELERİN ÖZELLİKLERİ**

Başyukarı kuyu açma makinesi (BKAM) ile Başyukarı kuyu açma yöntemi oldukça hızlı ve emniyetlidir. Makine dikey, yatay ve eğimli kuyuların inşası için geliştirilmiştir. Madencilik ve inşaat projelerinde 0,6m ila 6,0 m çapında ve 1.000 metreye kadar uzunluktaki deliklerin açılmasında kullanılır. Madencilikte ağırlıklı olarak malzeme ve insan nakliyesi kuyularının ve özellikle havalandırma kuyularının açılması gibi işlerde kullanılmaktadır. Hem madencilik hem de inşaat alanında ihtiyaç duyulan kuyuların açılmasında dünyanın dört bir yanında BKAM kullanımını yaygınlaştırmıştır.

BKAM'nin tüm temel bileşenleri birbirine civata yardımı ile birleştirildiğinden kurulumu, montajı ve bakımı hızlı ve basittir. Rotasyon ünitesine bağlı olan millerin de civatalar ile tutturulmuş olması, kılavuz deliğinin genişliğinin kolaylıkla ayarlanabilmesini sağlamaktadır. Sistemde kullanılan malzemeler standart bileşenlerden oluşur. Bu özellik, sisteme yüksek esneklik sağlar ve bileşenlerin kolay bulunabilme avantajını beraberinde getirir. Başyukarı delme başlığı, kesicilerin değiştirilmesi ile birlikte değişik kayaç çeşitlerine göre ayarlanabilme imkânına da sahiptir. BKAM'nin delme sisteminde kullanılan karbür butonlar uzun ömürlüdür (Kayaç özelliklerine bağlı olarak ortalama 250m) ve mümkün olan en yüksek delme hızını sağlar.

Büyük çaplı BKAM tarama (Reamer) başlıklarının özellikleri, boyut veya ağırlık kısıtlamalarının olduğu projeler için uygundur. Tarama başlıkları için ihtiyaca göre çeşitli genişliklerde seçenekler mevcuttur.

#### 4.1. BKAM Sisteminin Temel Faydaları

- **Güvenlik:**

Çalışılacak alan önceden hazırlanabilir. Kırılan malzemenin döküldüğü alanda kimsenin bulunması gerekmez. Çalışma alanındaki çevresel etkiler yok denecek kadar azdır. Patlama tozu, egzoz gazı, yağ buharı yoktur. Gürültüsü, patlatma yöntemi ile kıyaslandığında çok düşük seviyelerde kalır.

- **Hız:**

Mümkün olan en hızlı ve etkili yöntemdir. Geleneksel yöntemlere göre 3 kata kadar daha hızlıdır. Pilot delgi için hedeften sapma olması istenmez ise RVDS kullanılması gerekli olacaktır. Bu durumda 10-15 m/gün kullanılmaz ise 15-20 m/gün ilerlemek mümkündür. Tarama aşamasında ise genellikle pilot delgi ilerlemesinin yarısı kadar bir hızla kazı yapılması beklenir. Modern Başyukarı modellerinin bir yardımcı işçi ile desteklenmesi halinde sadece tek bir operatör tarafından kullanılması mümkündür.

- **Kalite:**

Açılan kuyunun kesiti yuvarlak, duvarları ise pürüzsüzdür. Bu şekilde mümkün olan en iyi kesitte ve sürtünme kaybı en az olacak havalandırma kuyuları açılabilir. Cevher ve yük asansörleri, tüp ve merdiven geçişleri için en ideal kuyuların açılmasına imkân sağlar.

- **Delinecek Kayacın Durumu:**

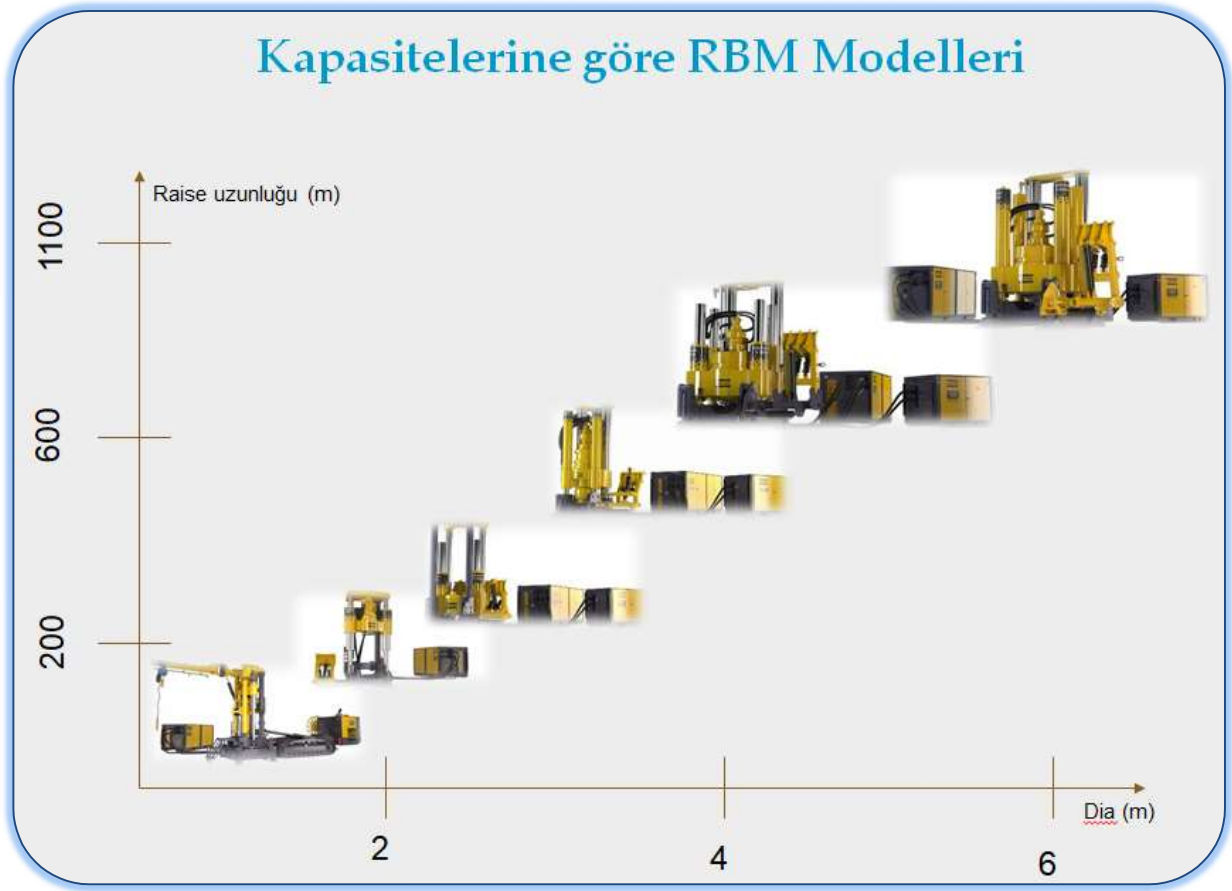
Sert kayalarda geleneksel yöntemler ile kuyu açılması çok zordur. BKAM, en sağlam kayaç formasyonlarında bile başarılı olur. Delme esnasında aşırı sökülmelere neden olmaz. Herhangi bir darbe ya da patlatma olmadığından titreşim yaratmaz.

- **Çalışması:**

Fiziksel olarak zorlu bir iş değildir. Sistemin taşınması, kurulması ve çalıştırılması oldukça kolaydır.



## 4.2. Kapasitelerine göre BKAM Modelleri



Şekil 4- 1 :Kuyu çapı-derinliğine göre BKAM modelleri [1]

### 4.2.1. Kuyu Çapı 1,5-1,8 m Arasında Olan Makineler

Küçük çaplı ve boyutlu grup makinelerdir. Bu makineler boyutları küçük ve tasarımları alçak olacak şekilde tasarlanmışlardır. Taşınmaları kolaydır ve çalışma alanında büyük hazırlıklar gerektirmezler. 1,5-1,8 metre (60''- 72'') çap aralığında kuyular açabilmektedir. [11]

Yeni geliştirilmiş modellerde hassas parçalar makine gövdesinin içine yerleştirildiğinden korunaklıdır. Bu makineler rotasyon için tipik olarak hidrolik motorlarla donatılmıştır. Küçük çaplı BKAM Makineleri, cıvatarla düzleştirilebilen bir taban plakası üzerine monte edilebilir. Kurulum için beton temele gerek duyulmaz. Paletli ya da raylı sistem üzerinde taşınabilir, bir kızakla çekilebilir, LHD yükleyici ile taşınabilir. Açılabilir olarak 0-90 derece aralığında her yönde başyukarı kuyu açma kapasitesine sahiptirler. Bunun yanı sıra bulunduğu pozisyondan çift yönlü kuyular açabilen modelleri de mevcuttur.

#### **4.2.2. Kuyu Çapı 2,4 – 3,0 m Olan Makineler**

Dünyadaki başyukarı kuyu açma makinelerinin büyük bir çoğunluğu bu aralıktadır. Uygulamaların gereklerine bağlı olarak daha güçlü ara modelleri de geliştirilmiştir. Bu seride tahrik sistemi tipik olarak DC'dir yani makineler rotasyon gücü için DC motorlar kullanmaktadır. Diğer taraftan hidrolik tahrikli makineler de mevcuttur. DC motor, kumandalara ve otomatik fonksiyonlara en iyi ve en hassas tepkiyi verir. Bunların hepsi 2,4 – 3 metre (96"-140") kuyular açılırken son derece önemlidir. Başyukarı kuyu açma makineleri sağlam şasi yapısına sahiptir. Bu sayede bu makineler, elverişli formasyonlarda 3 metrenin (120") üzerindeki çaplara sahip kuyuları yüksek performansla açabilirler.

#### **4.2.3. Kuyu Çapı 3 Metrenin Üzerinde Olan Makineler**

Bu makineler geniş başyukarı kuyular açmak için tasarlanmıştır.

Günümüzde bu makinelerin en tipik çapları 3,1 metre (10ft) ve 3,6 metredir (12 ft). Bu kapasitedeki eski nesil makinelerin boyutları çok büyüktür ve yer altı operasyonları için uygun değildirler. Yeni model tasarımlar hem güçlü hem de kompakttır. Bu sayede hem yer üstü hem de yer altında başarıyla kullanılabilmektedirler. Bu makinelerde, hidrolik veya DC tahrik sisteminin uygulamaya göre avantajları son derece önemlidir. DC motorlar, kumandalara ve otomatik fonksiyonlara en iyi ve en hassas tepkiyi vermektedirler.

#### **4.3. Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin Kazı Yapma Prensipleri**

Başyukarı Makinesinin ana amacı kaya kazısı yapmaktır.

BKAM'ni, diğer ekipmanlardan ayıran ana fark, kayayı mekanik olarak kırmasıdır.

Başyukarı, dönme ve kırma gücünü aynı anda kullanan bir delme metodudur. Genişletme başlığı dönerken, kayaya çok yüksek bir baskı kuvveti ile bastırılır. Bunun sonucunda genişletme başlığının her bir dönüşünde 0,3 – 2 mm arasında bir penetrasyon (ilerleme) sağlanır. [1]

Başyukarı kuyu açma işlemi sırasında iki ana prensipten yararlanır;

- Krater Oluşturma
- Keserek Kırma

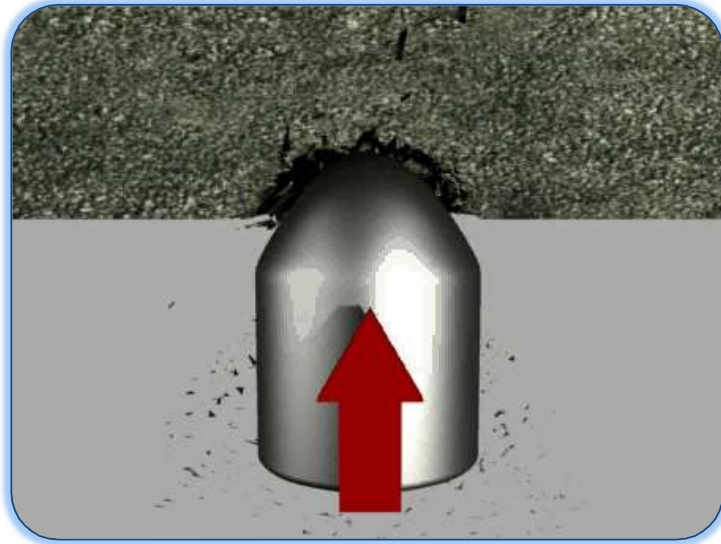


Şekil 4- 2 :Tarayıcı kafa ve kesme mekanizması [1]

#### 4.3.1. Krater Oluşturma

Krater oluşturma, kaya üzerinde delici ucun kontak alanının hemen altında yer alan bölgede yarattığı kırma olayı için kullanılan bir terimdir.

Eğer kayacın tek eksenli basınç dayanımını yenecek miktarda bir baskı uygulanırsa, tungsten karbür uçların temas ettiği bölgenin hemen altında, kaya istenilen şekilde ufalanır ve bir krater oluşur.

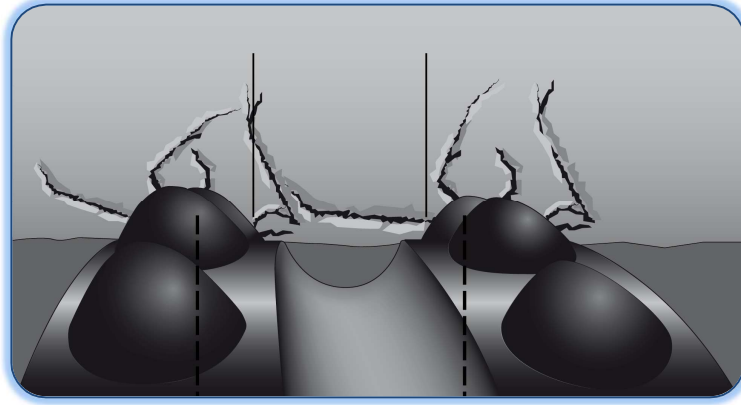


Şekil 4- 3 :Krater oluşturarak kesme

#### 4.3.2. Keserek (Kerf) Kırma

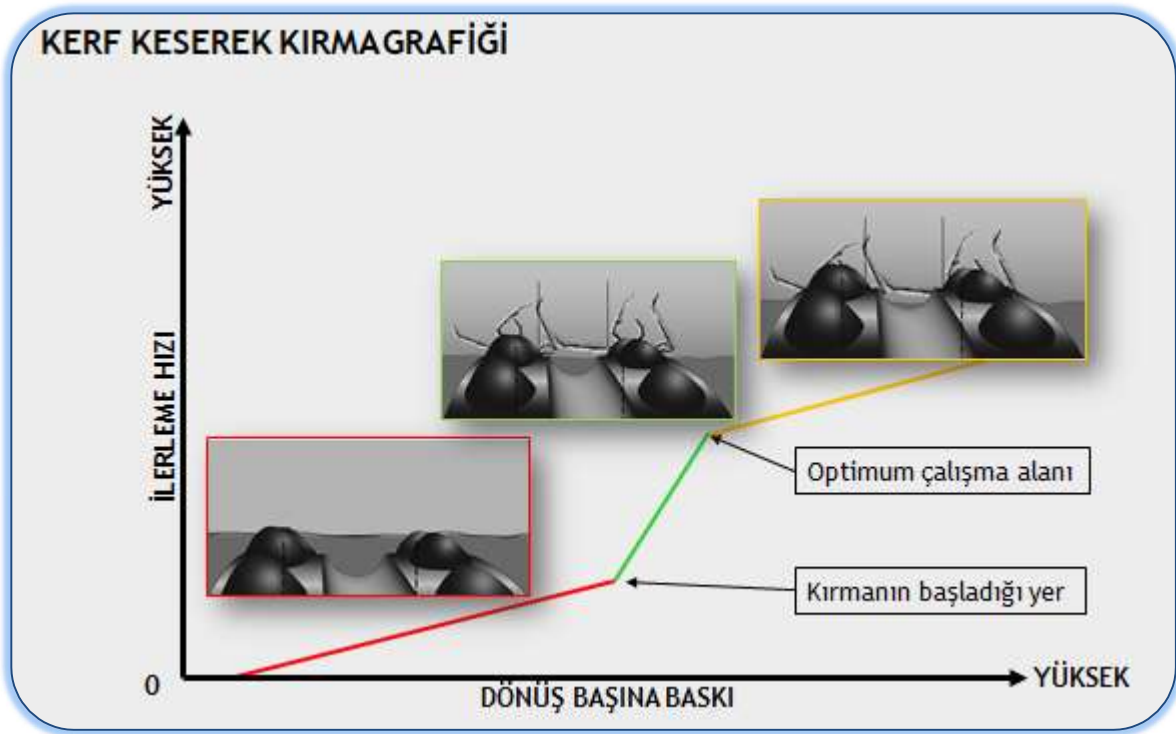
Yeterli baskı kullanıldığı zaman, yan yana yerleştirilmiş olan tungsten karbür butonlu sıralı kesici uçların oluşturduğu yanıl çatlaklar, alt tarafta birleşerek kayac yüzeyinden daha çok parça koparılmasını sağlar.

- Yan çatlaklar veya keserek kırma, Başyukarı uygulamasındaki en temel kaya kırma etkisidir.



Şekil 4- 4 :Keserek kırma mekanizması

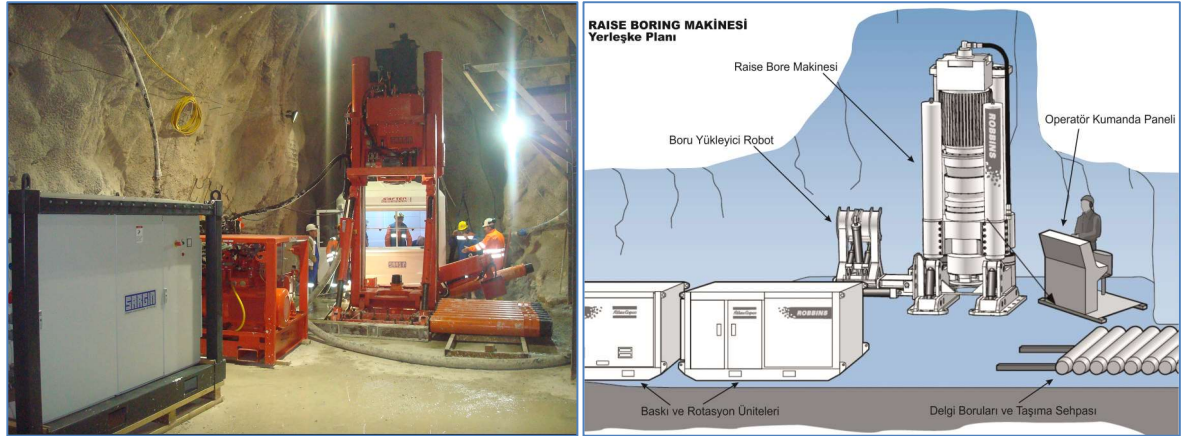
Delme performansının optimize edilmesindeki ana amaç, en iyi kesici uç ömrü ve ilerleme hızı kombinasyonunu sağlamaktır.



Şekil 4- 5 : Keserek kırma grafiği

#### 4.4. Başıyukarı Kuyu Açma Makinesi ve Aksesuarları

Başıyukarı kuyu açma makinesi ile uygulanan yöntem açılan pilot deliği geri doğru genişleterek kuyu kazmak üzerine kuruludur. Döner tip sondaj makinelerinde, dönme torku ve eksenel kuvvet, dairesel bir delik oluşturmak için sondaj borusu boyunca matkap ucuna (Başıyukarı kuyu açma makineleri için pilot delici uç, matkap ucu olarak adlandırılır) uygulanır. Genel olarak, kesilen parçalar basınçlı su yardımıyla delikten çıkarılarak geri dönüş havuzunda biriktirilir. Başıyukarı kuyu açma makineleri ile pilot deliğin yapım süreci, başyukarı kuyu açma yöntemine eklenen geri tarama işlemi dışında geleneksel sondaj makineleri ile aynıdır. Pilot delik alt seviyeye erişerek kayacın içinden dışarı çıktığında matkap ucu çıkarılır ve yerine geniş çaplı bir tarama başlığı takılır. Tarayıcı kafa döndürülür ve delici ünitesine doğru geri çekilir ve bu şekilde büyük çaplı bir kuyu oluşturulur. Komple bir başyukarı kuyu açma makinesi seti, aşağıda 4.4.1 ve 4.4.12 bölümleri arasında detaylıca sunulduğu üzere sondaj makinesi, sondaj dizisi ve yardımcı sistemi içerir.



Şekil 4- 6 :Yeraltı BKAM yerleşim planı görünümü

##### 4.4.1. Kılavuz Matkap Ucu (Pilot Bit)

Pilot sondaj sırasında kayaları parçalamaya yarayan önemli bir delici aksesuardır. Belirli zemin koşullarına bağlı olarak çeşitli tipte uçlar mevcuttur. 311 mm çapında tricone bit ağırlığı 100 kg'dır.





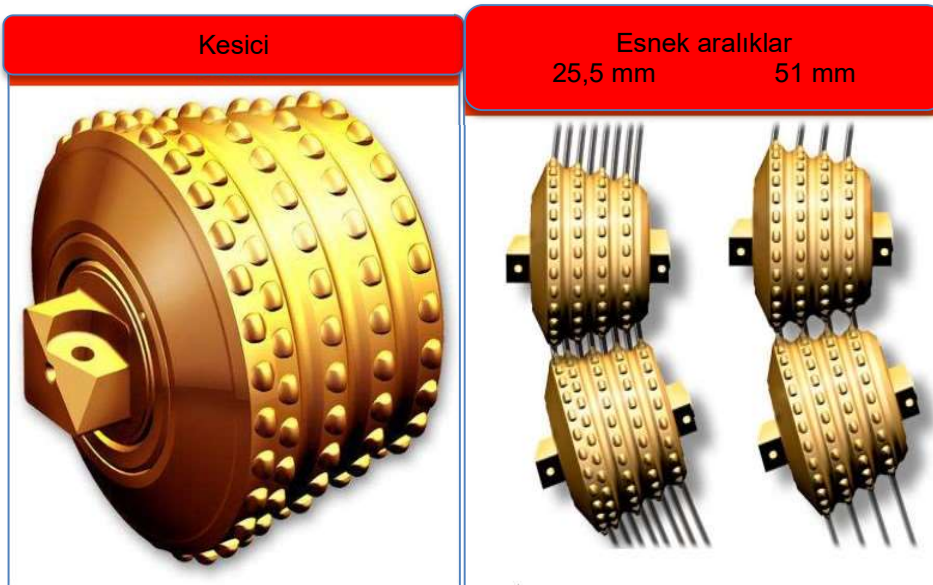
Şekil 4- 7 :Tricone kılavuz matkap ucu (311 mm)

- Önerilen maksimum çalışma uç yükü: 3 ton (6 600 Lbs) x inç cinsinden uç çapı  
: 36,75 kN

#### 4.4.2. Kesici (Cutter)

Kayaları doğrudan parçalamak için tarayıcı kafasına semerler üzerinde monte edilir. Tungsten karbür butonlu sıralı kesiciler yataklanma şekillerine göre isim alırlar. Masuralı rulman, Konik Makaralı Rulman, Çubuklu ve Bilyalı Kilit Rulman gibi farklı dayanımda kaya tiplerine göre kesici tipleri vardır. Sağlam kayalarda kesiciler üzerindeki sıra dizisi sayısı fazla olan kesiciler kullanılır. Bir standart CMR 41 kesici 126kg ağırlığındadır.

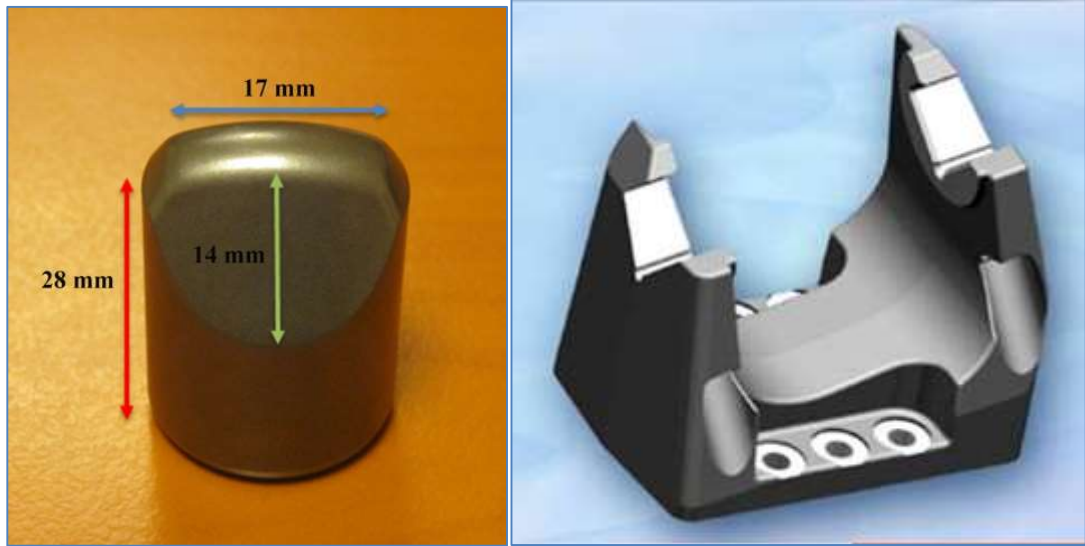
- Önerilen maksimum çalışma kesici yükü .....27 ton (60 000 Lbs- 265 kN)



Şekil 4- 8 :Kesici tipleri ; dört ve beş sıralı kesiciler [6]



Şekil 4- 9 :Dişli tip-Rulmanlı tip-Dizme bilyalı tip kesiciler [12]



Şekil 4- 10 : Kesici karbür boyutları [13] ve kesicilerin oturduğu semer [6]

#### 4.4.3. Standart Boru (Rod)

Hem pilot delgi hem de tarama sırasında delik içinde kullanılan standart boruların kalitesi delginin başarılı olması için önemlidir. Kaya kırma aşamasında itme, gerilme, tork vb. iletimi işlevini görür. Boru içinden tricone bite iletilen basınçlı su ile pilot delgi sırasında öğütülen malzeme dışarı atılır.

Yüksek mukavemete sahip olmalı, akma dayanımı ve çekme mukavemeti değerlerinin sondaj dizisi içinde tarama yükünü karşılayacak seviyede ve eş değer olması gereklidir.

Örnek olarak; 10 inch çapında standart bir boru, 1524 mm uzunluklu 254 mm çapında standart silindirik, işlenmiş bir çelik boru ağırlığı 416 kg gelmektedir. (Yüksek mukavemetli alaşım çelik- 30CrNiMo8) Kuyu derinlik ve çaplarına bağlı olarak farklı kapasitedeki BKAM'larda kullanılmak üzere değişik çaplarda mukavemet ve alaşım özellikleri için farklı ölçülerde borular kullanılmaktadır.



Şekil 4- 11 : BKAM standard delgi borusu (rod) [8]

#### 4.4.4. Dengeleyici (Stabilizer)

Dengeleyici-Sabitleyici boru işlevi gören, Sondaj dizisini destekleyici borudur. Örnek olarak; 311 mm çapında 1524 mm uzunluğunda stabilizer 670 kg ağırlığındadır. Stabilizatörler, kesme bileşenlerine bitişik olarak sondaj dizisine bağlanır. Pilot delik sapmasını azaltırlar, pilot deliğin tam ölçü çapını korurlar ve başyukarı tarama sırasında sondaj dizisindeki bükülme gerilimlerini azaltırlar.

Başyukarı delmede iki stabilizatör tipi kullanılır

- Tarayıcı stabilizer
- Aşınma tabakalı kanallı (düz-spiral) stabilizer



Şekil 4- 12 : BKAM dengeleyici boru tipleri (Stabilizer) [8]

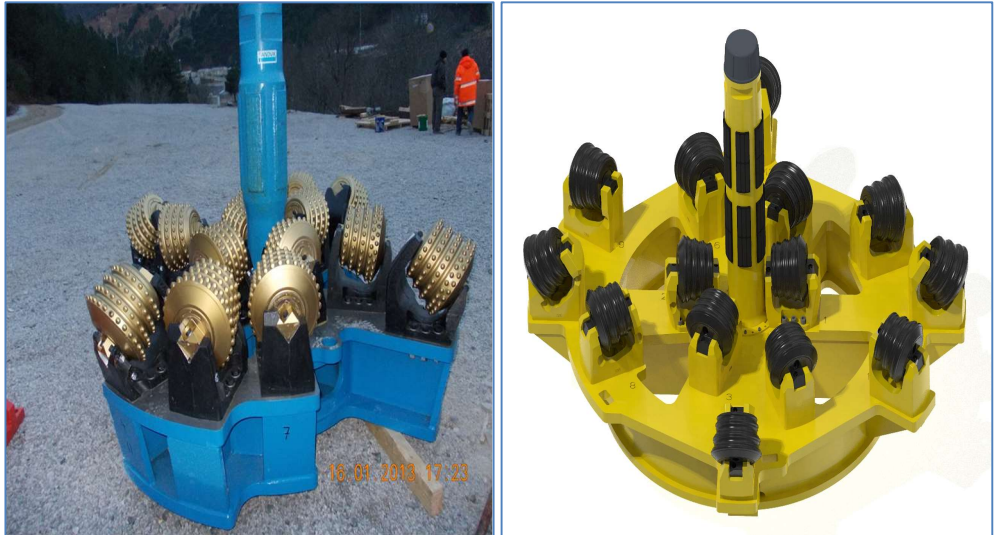




Şekil 4- 13 :Boru tutucu ile dengeleyici borunun sondaj dizisine eklenmesi

#### 4.4.5. Tarayıcı (Reamer ve Stem)

Tarayıcı kafa, pilot delgi tamamlandıktan sonra pilot bit çıkarılarak delici takıma takılır ve kuyu hattı boyunca zemini taramak için kullanılır. Belirtilen zemin koşullarına ve projenin ihtiyaçlarına bağlı olarak çeşitli çaplarda çeşitli tasarım tiplerinde tarayıcı kafalar mevcuttur. Nakliye kriterleri de dikkate alınarak 3 m'den büyük çaplar ana gövdeye eklenebilir ve genişletilebilir şekilde tasarlanırlar. 2440 mm çapında bir tarayıcı kafa 6,850 kg ağırlığındadır. Üzerinde 14 kesici ve kesicileri tarayıcı kafaya bağlayan semerler yerleştirilir.



Şekil 4- 14 :Tarayıcı kafa-kesiciler ve stem

Reamer delici takım dizisine stem vasıtası ile bağlanır, başyukarı tarama işleminin kritik parçalardan biridir. 311 mm çapında bir stem 1086 kg ağırlığındadır. Bunlar yüksek mukavemetli çelikten yapılır ve sondaj dizisini kafaya bağlayarak, itme ve dönüş gücünü Başyukarı delme makinesinden kafaya büyük bir stres altında aktarır. Stem, sondaj borusuna döner omuzlu dişli bir cihaz bağlantısıyla bağlanır. Stem

tasarımları yıllar içinde değişmiştir ve sektörde halen bir dizi farklı tip kullanılmaktadır. Bunlar kaynak, Taperlok, Bikon ve flanşlı stem olarak bilinir. Stemlerin çoğu tarayıcı kafadan çıkarılabilir, böylece nakliye boyutları azalır ve farklı pilot delik boyutları ve Başyukarı delik açma makineleri için tek bir tarayıcı kafa yeterli olur. Stemün üst kısmı tarama sırasında pilot delik içinde kalır ve bir dengeleyici görevi görecektir şekilde tasarlanmıştır. Pilot delikteki kayaya sürtünmeden kaynaklanan aşınmayı azaltmak için aşınma pedleri kullanılır.

Stem imalatında son derece sert metal alaşımdan çoklu kaynak geçişleri veya tungsten karbür uçlarla gömülü nervürler kullanılır sert yüzlüdür.

Tarayıcı Kafa Tipi	Kafa Çapı mm	Kesici Sayısı adet	*Ağırlık kg
CRH 2	660	2	1.050
CRH 3	950	4	1.450
CRH 3	1.060	4	2.700
CRH 3	1.084	4	2.700
CRH 4	1.420	6	3.400
CRH 5	1.524	8	4.250
CRH 6 / 6S	1.829	10	5.100
CRH 7 / 7S	2.134	12	5.900
CRH 8 / 8S / 8L	2.440	14	6.850
CRH 8D	2.447	14	7.100
CRH 9L	2.749	14	8.150
CRH 10D / 10SD	3.094	16	10.550
CRH 10E	3.131	16	11.500
CRH 10E	3.500	18	14.000
CRH 10E	3.824	20	15.250
CRH 10ED	3.500	18	14.000
CRH 10ED	3.687	20	15.050
CRH 10ED	3.824	20	15.250
CRH 10ED	4.042	22	16.850
CRH 10SE	3.047	16	11.925
CRH 10SE	3.372	18	14.075
CRH 10SE	3.696	20	15.325
CRH 12E	3.534	18	22.510
CRH 12E	3.840	20	25.150
CRH 12E	4.146	22	26.670
CRH 12E	4.500	24	28.000
CRH 12E	5.000	26	30.550
CRH 12E	5.100	26	30.550
CRH 12E	5.520	32	36.600
CRH 12E	5.876	36	38.450

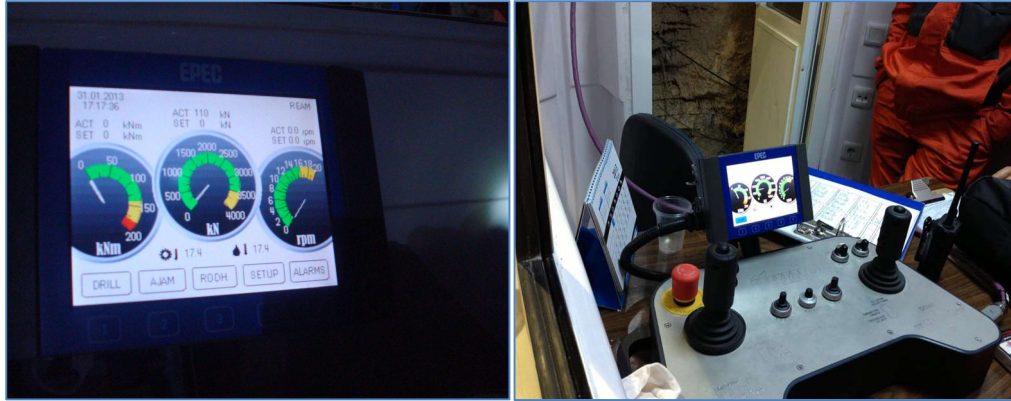
\*:Tarayıcı kafa, taşıyıcı mili, kesiciler ve semerleri dahil ağırlıklar- Sandvik

Çizelge 4- 1 :Standart olarak üretilen tarayıcı kafa ölçüleri-Sandvik [9]



Şekil 4- 15 :Tarayıcı kafa ve stem bağlantısı

#### 4.4.6. Kumanda Paneli (Control Console)



Şekil 4- 16 : Operatör kabininde bulunan kumanda paneli

Tüm çalışma kontrolleri, en iyi sondaj konumuna yerleştirilebilecek şekilde tasarlanmış olan operatör konsolunda toplanmıştır. [8]

- Kumanda konsolu üzerindeki düğme anahtar ve joystickler ile operatör makineyi zemine göre yönetir. Makinenin pilot ve tarama modunu dönüş hızını (rpm), uygulanacak kuvveti (kN) ve torku (kNm) kumanda konsolu ile ayarlamak mümkündür. Pilot delgi ve tarama için konsol üzerinde önceden belirlenmiş aralıklar içinde hareket edilebilir. Karşılaşılan zemin koşullarına göre operatör ayarları değiştirebilir. Homojen bir formasyonda çalışma olmuyor ve karmaşık bir zeminde delgi ve tarama yapıyorsanız kumanda konsolu ve üzerindeki göstergeleri takip ederek doğru komutlarla makine yönetilebilir.
- Buna ilave olarak su pompasını, rod tutucu (rod handler) ile rod eklerken haznede dizili borusu alarak makinenin çene tutucuna getirme hareketini, tersi şekilde sökülen borusu yerine koyma

hareketini, makinenin aşağı yukarı hareketini, çene açma kapama hareketlerini, kızak açma kapama hareketlerini kumanda konsolu ile operatör yapabilir.

- Delme parametreleri konsola kaydedilir, böylece operatör daha önce kullanılan parametrelerle karşılaştırma yapabilir. Pilot delme parametrelerinin çıktısı, tarama işleminde yol gösterici olarak operatörün işini kolaylaştırır.
- Modern sondaj makinesi kontrol sistemi (RCS), Bus kablosuna bağlı tüm modüller arasında dijital iletişim için bir Kontrol Alanı Ağı (CAN) içerir. Makine ve ekipmanları üzerinde bulunan sensörler vasıtasıyla ekrana arıza/sorun giderme ve/veya dikkat çekici ikaz mesajları gelir. Operatör bu mesajlara göre ilgili ekipman ile sorun giderici aksiyon için teknik personele haber verir.
- Modern Smart olarak adlandırılan yeni nesil başyukarı kuyu açma makinelerinde kumanda panelleri operatörlere kullanım kolaylıkları da sağlamaktadır.
- Kuyunun proje yönetimini ve kullanılan sondaj araçları yönetimini uygulama programları ile yapmak mümkündür.
- Sondaj sırasında otomatik ölçüm ve sondaj sürecindeki geçmiş olayların kolayca aranması mümkündür.
- Operatörün farklı kaya koşullarında verimli bir şekilde sondaj yapmasına yardımcı olmak için gelişmiş özellikler ile donatılmıştır.
- Ayrıca, zorlu çalışma sahası koşullarında daha güvenli ve kolay kullanım için entegre kamera kontrolü vardır.
- Çeşitli göstergelerden gelen net ve kapsamlı bilgilerle süreç görselleştirmesi için farklı alternatifler ve grafikler aracılığıyla sondajın kontrol edilmesi yoluyla elde edilir:
- Grafikler sondaj sürecini ve rotasyonel sondajın döngüsel yapısını görselleştirir.
- Gerçek zamanlı göstergelerle az önce ne olduğunu tahmin etmek yerine grafiklerden görerek öğrenmeyi sağlar.

#### **4.4.7. Su Pompası**

Başyukarı kuyu açma işlemi sırasında geleneksel sondaj tekniği gereği basınçlı su kullanılır. İlk kullanıma sunulan suyun pH: değerinin 8 ve berrak temiz olmasına dikkat edilmelidir. Suyu bir tanka yerleştirilmiş besleyici su pompası vasıtasıyla haznedan alıp makineye, makineden borular vasıtası ile pilot delici tricone bite aktarılır. Pilot delgi sondajı yapılırken, basınçla gelen su hem delici dizisini soğuturken hem de öğütülen kayanın kırıntılarını boru ile zemin arasındaki boşluktan yukarı hızla çıkmasına imkân sağlar. Makine kapasitesine göre değişmekle birlikte orta segment bir makine için pilot delgi sırasında kuyu içinde en az 6 bar basınçla 1200 lt/dk suya ihtiyaç duyar. Tarama aşamasında



ise 250 lt/dk su hem toz bastırma hem de delgi dizisi ile kesicileri soğutmak için yeterli olur. Bunun için kuyu derinliğine ve çıkan malzemenin yoğunluğuna da bağlı olmak kaydıyla 350m derinlikli bir kuyu açma işi için 18 kW kapasiteli bir su pompası yeterli olur. Kuyu içinde çatlaklardan kaçan su miktarı kadar su tanka beslenir. Geri dönen su, içindeki kırıntıların çökeleceği bir havuzdan alınarak yeniden kullanılır. Bunun için 5,6 kW `lık bir pompa yeterli olur.

Açılan kuyunun zemin özelliklerine göre farklı amaçlarla; kuyu stabilitesini sağlamak, kaçaqları azaltmak, boşlukları doldurmak, kuyunun olması gerekenden daha fazla açılmasını engellemek, öğütülmüş malzemenin kuyudan daha hızlı çıkışını sağlamak ve delici takımının sıkışmasını engellemek için kimyasallar kullanılabilir.



Şekil 4- 17 : Su pompaları (kuyu içine basılan ve devir eden su için) -Flyght

#### 4.4.8. Elektrik Güç Ünitesi



Şekil 4- 18 : Elektrik güç ünitesi-Siemens

DC, hidrolik veya VF (Değişken frekanslı) motor sistemleri kullanılabilir. [8]

- **Doğru akım (DC):** tahrik motor sistemi değişken hızlı şönt sargılı DC motor kullanır. Bu tip motorlar açık damlamaya karşı korumalı olup, maden işlerinde kullanılır. İki vitesli bir dişli kutusu ile kullanılır. DC tahrik sistemi her türlü zemin koşulunda ve çapı 6 m'yi aşan yükseltilerde kullanılmıştır. Basit bir tasarıma, düşük maliyete ve değişken hızlı ana tahrik sistemlerinin yüksek güvenilirliğine sahiptir. DC tahrik, düşük devir/dakikaya yüksek torkun eşlik etmesi gereken daha büyük Başyukarı kuyu açma işlerinde ve tekrarlanan tarama duruşlarının meydana geldiği kırık zemin alanlarında performansını kanıtlamıştır. Değişken devir/dakika ve iyi tork sınırlama kontrolü nedeniyle DC tahrik, karışık zemin koşullarında daha büyük Başyukarı kuyu çapları için en uygundur. Başyukarı kuyu açma makinesi için kullanılan özel tasarım motorlar için uzun üretim süresi ve yüksek maliyet bu seçeneğin alametifarikasıdır. Küçük kontrol üniteleri, yüksek verimlilik ve düşük ısı üretimi, yeterli kaynaklara ve teknik bilgiye sahip müşteriler için en iyi seçeneklerdir.
- **Hidrolik tahrik motor sistemi:** Çok hızlı bir dişli kutusu ile birleştirilmiş bir veya daha fazla hidrolik motordan oluşur. Hidrolik güç, hidrolik motorlara bir veya daha fazla yüksek basınçlı hidrolik pompa tarafından sağlanır.

Hidrolik tahrik motor sistemleri, sonsuz delme hızı kontrolü için değişken hacimli pompalarla donatılmıştır. Her bir hidrolik tahrik motoru sisteminin tam konfigürasyonu, belirli bir Başyukarı delme makinesine bağlıdır. Yüksek verimli motorların en son tasarımı, orantılı deplasman sistemlerinin kullanımıyla birlikte, başyukarı delme makineleri için tercih edilen seçenektir. Değişken hız ve iyi tork sınırlama kontrolü ile hidrolik tahrik tüm zemin koşullarında kullanılabilir ve normal hidrolik önleyici bakım sistemleri mevcut olduğunda yüksek güvenilirliğe sahiptir. Ayrıca, ısı üretimi ve alan birimleri kritik değildir. Hidrolik tahrik motor sistemi, tüm tahrikler

arasında en düşük ataletle sahiptir ve sondaj hattını, elektrikli tahriklerde sıklıkla görülen yüksek durma torklarına maruz bırakmaz.

- **Değişken frekanslı VF tahrik motoru sistemi:** AC tahrik motoru sisteminin bazı basitliklerini tam motor hızı, torku ve konumlandırma kontrolü ile birleştirir. VF tahrik sistemi Robbins tarafından geliştirilmiştir. VF sistemi devresi, gelen AC maden işletmesinden aldığı enerji gücünü önce DC'ye dönüştürerek ve ardından tekrar AC sinyaline dönüştürerek AC motorunun tam hızını, torkunu ve konumunu kontrol eder. AC motora giden AC sinyalinin frekansı ve voltajı ayarlanabilir, böylece hassas hız, tork ve konumlandırma kontrolü sağlanır.

#### 4.4.9. Hidrolik Güç Ünitesi

Başyukarı kuyu açma makineleri en iyi performansı hidrolik veya DC tahrik ile gösterir. Ayarlamalar çok hassas ve çok yönlüdür. DC sürücüler, yüksek güvenilirlik ve gereken minimum bakım hizmeti nedeniyle genellikle daha büyük çaplı makinelerde kullanılır.

Hidrolik güç ünitesi başyukarı kuyu açma makine tertibatına ve yardımcı bileşenlere hidrolik güç sağlar. Bir yağ karteri, hidrolik yağ deposu ve şerit ısıtıcılarla donatılmış 3 fazlı bir elektrik motoru içeren kızığa monte edilmiş bir çerçeveden oluşur. Biri hızlı travers devresi ve diğeri besleme sistemi için olmak üzere iki değişken deplasmanlı pistonlu pompayı çalıştırır. Ayrıca yardımcı ve soğutma devreleri için bir dişli pompayı da çalıştırır.

Güç paketi ile birlikte dönüş hattı filtresi, ısı eşanjörü, havalandırma ve manifold tertibatı monte edilmiştir. Manifold, hidrolik sistemde kullanılan yön kontrol valfleri, tahliye valfleri ve hızlı bağlantı kesme kuplörlerinin montajı için hükümlere sahiptir. Rezervuar üzerine kombine bir seviye göstergesi ve termometre monte edilmiştir. Kızığa monteli çerçevenin kaldırma kulakları vardır. Tamamen kapalı veya kanatlı kapılarla donatılmış olabilir veya temel bir açık düzende (yani kapalı olmayan) mevcut olabilir. Hidrolik ünite ayrıca dahili bir yangın söndürme sistemi ile donatılabilir.

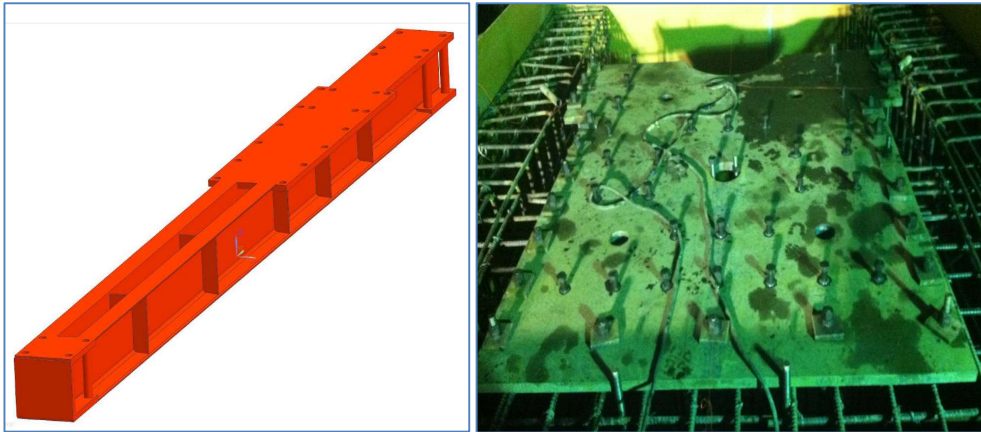


Şekil 4- 19 : Hidrolik güç ünitesi-Bosch

#### 4.4.10. Taban Betonu ve Kiriş Platform



Şekil 4- 20 : BKAM taban platformu ve yükseltici kiriş üzerine monte edilmiş kiriş platformu



Şekil 4- 21 : Yükseltme kirişi ve zayıf formasyonda BKAM'ı sabitlemek için betonarme yapısı

Başyukarı kazı için delme işlemi başlamadan önce bir başyukarı kuyu açma makinesinin sahada konumlandırılması ve ekipman yerleşimi planlanmalıdır. Benzer gereklilikler olsa da yer altında yapılacak bir başyukarı kuyu açma işi için galeri / maden stabilitesi de göz önüne alınarak olabildiğince kompakt bir alanda çalışma alanı oluşturulur.



Yer üstünde ise kısıtlayıcı bir durum yoksa daha rahat bir yerleşim imkânı olabilir. Makinenin çalışacağı zeminin gevşek malzemedan arındırılmış olması ve üzerine kuyu şartlarına ve proje gerekliliklerine göre hazırlık yapılır. En yaygın kullanılan iki montaj sistemi beton ped ve çelik kiriştir. Başyukarı kuyu açma makinesinin montaj sisteminin türüne karar verirken, sahanın yerleşimi ve inşaat malzemelerinin mevcudiyeti göz önünde bulundurulması gereken faktörlerdir. Montaj sistemine karar verildikten sonra, saha düzenine ve başyukarı sondaj makinesine özgü ayrıntılı bir tasarımın bir araya getirilmesi gerekir. Bu, montaj sisteminin makine sistemi tarafından iletilen maksimum itme ve dönme kuvvetlerini güvenli bir şekilde karşılayacak kadar güçlü olduğundan emin olması gereken kalifiye bir mühendis tarafından onaylanmalıdır. [8]

- Montaj sisteminin boyutları ve konumu ile pilot deliğın noktasının ve taban plakalarının tam konumu saha yerleşim çiziminde belirtilmelidir. Bu montaj sistemi, BKAM taban plakalarının veya alt tabanlarının monte edildiğı kuyu sahasında beton bir ped dökülerek inşa edilir. Bu sistemler, yataydan 45 dereceden daha az eğim açılarında kuyu yaparken kullanılır.
- Beton altlık sistemleri tipik olarak, pilot deliğın yakalanmasına, tarama tahliyesinin drenajına ve gerektiğinde tahliye sisteminin kurulumuna izin vermek için taban plakaları arasında uzanan bir gömme kanal ile tasarlanır.

Beton ped sisteminin kullanılmasının avantajları şunlardır:

- BKAM montaj sistemleri arasında en ucuz olanıdır; tasarımı ve inşası nispeten basittir, taban plakalarının montajı için düzgün bir yatay yüzey sağlar; betonun çelik takviyesi zemin koşulları çok anormal değilse ve proje gerekliliğı yoksa genellikle gereksizdir.

Beton ped montaj sistemleri için tasarım hususları şunları içerir:

- Beton altlığın yüzey alanı hem BKAM hem de beton altlığın tamamlandıktan sonra deliğın içine çökmesini önlemek için tarama nihai çapından daha büyük olmalıdır.
- Mümkün olan en iyi temeli sağlamak için beton altlığın sağlam ana kayaya dökülmesi son derece önemlidir.
- Kalitesi ve kalınlığı, Başyukarı delme işlemi sırasında BKAM'dan altlığa aktarılan maksimum yükü karşılayacak şekilde olmalıdır.
- Gömme kanalın eğimi pilot delgiden çıkan kırıntıların delik ağzından geri dönüş ve çökme havuzuna doğru olmalıdır.
- Gömülü kanalın her iki tarafındaki üst beton ped yüzeyleri pürüzsüz, yatay ve aynı seviyede olmalıdır. Beton döküm tesviye hassasiyeti  $\pm 3$  mm/m olmalıdır. Bu sapmanın kurulum aşamasından kaynaklanmasını önlemek açısından önemlidir.

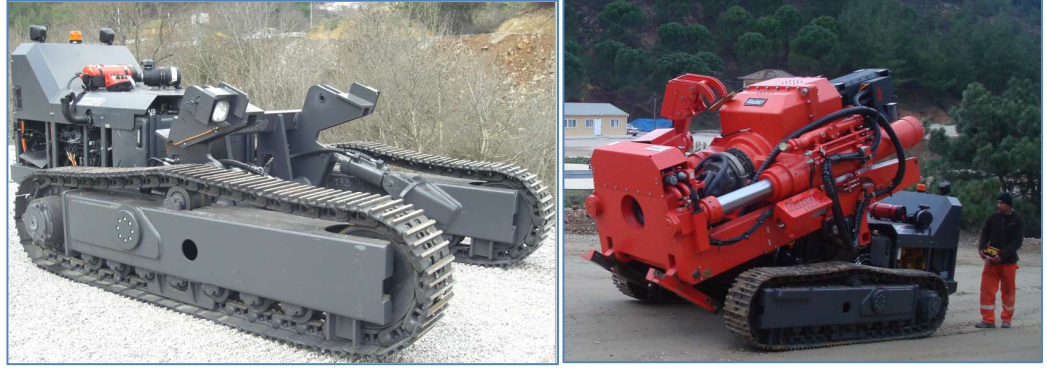
- Beton altlığın yatay taban plakası montaj yüzeyleri, taban plakalarının boyutlarına, aralıklarına ve delik düzenlerine uygun olarak tasarlanmalıdır.

BKAM, çelik kiriş montaj sistemi ile taban plakaları, beton bir tablaya veya doğrudan gömülü kayaya ya da gömülü bir kuyunun iki ucundaki betonarme tablalara civatalanabilen çelik bir yapıya sabitlenir

Avantajları şunlardır:

- Gelecekteki kuyu açma işlerinde de aynı makine kullanılacaksa tekrar kullanılabilirler.
- BKAM'ın çıkarılması ve kuyunun üst kısmının kazılması sırasında tarayıcı kafa için destek sağlarlar. BKAM'ı saha zemininden kot olarak yükselterek pilot deliğın daha kolay kazılmasını sağlarken öğütölmüş kırıntıların deşarj drenajını ve tahliye sisteminin kurulumunu kolaylaştırırılar.
- BKAM'in kirişler üzerinde yükseklik kazanması ile kuyunun son metresinin kazısı sırasında tarayıcı kafa ve kesicilerin yüzeye çıkması mümkün olur. Aksi halde yere gömölü bir seviyede kuyu açılmaya başlanırsa son metrenin kazısı tamamlanamaz ve kuyunun son kısmını kazmak için delme ve patlatma yapmak ya da kırıcı kullanmak gerekir. Bu da tarayıcı kafa ve kesicilerin hasar görmesine sebep olur.
- Kaya civataları tarama alanı dışına yerleştirilebilir.

#### 4.4.11. Taşıyıcılar



Şekil 4- 22 : Taşıyıcı-Caterpillar ve taşıyıcı üzerinde BKAM



Şekil 4- 23 : Taşıyıcı kumanda paneli ve taşıyıcı kızak

Taşıyıcılar BKAM'i kuyu sahasına götürüp getirmek için kullanılır. Ayrıca taşıyıcılar, sistem kurulumu sırasında BKAM montajı ve kuyu tamamlandıktan sonra BKAM sökümü için hidrolik silindirlerle donatılmıştır. Farklı ihtiyaçlara uygun farklı tipte taşıyıcılar vardır.

Tahrik sistemlerine bağlı olarak dizel ve havalı paletli ve kızak tipi taşıyıcılar vardır.

Nihai tahrik üniteleri arka palet tahrik dişlilerinin içine monte edilmiştir.

Taşıyıcı kullanırken, telsiz uzaktan kumandalı veya göbek kordonu bağlantı üzerinden hareketlerinin kontrolü yapılır. Oransal hidrolik silindirlerle birlikte yüksek ve düşük hız, paletli aracın kontrol edilmesini kolaylaştırır ve güçlü motor yeterli manevra kabiliyeti sağlar.

Kızak en basit taşıyıcı şeklidir. Kızağın uygun bir yükleyici ya da araca bağlanması vasıtasıyla taşınmasını ve konumlandırılması sağlanır. Kızağın hidrolik montaj silindirleri, BKAM'in montajı ve BKAM'in indirilmesi için makinenin hidrolik sistemine bağlanmalıdır. Ya da elektrikle çalışan benzer bir sistem de kullanılabilir.

#### 4.4.12. Rod Tutucu



Şekil 4- 24: Boru tutucu-Sandvik



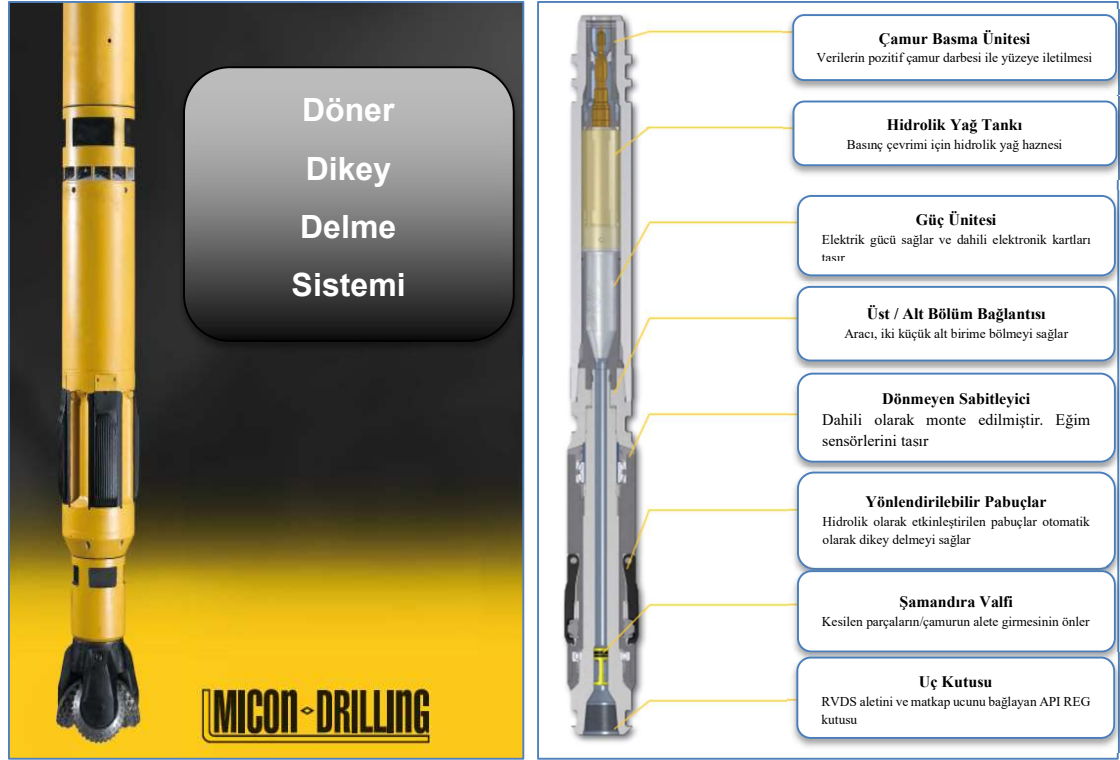
Şekil 4- 25: Boru tutucu-Epiroc

Kumanda paneli kullanan operatör, ikinci bir kişiye ihtiyaç duymadan rod tutucu robot kol vasıtasıyla rod ve stabilizer değiştirme işlemini gerçekleştirebilir.

Pilot deliğin delinmesi sırasında operatör, işlemi operatör kontrol panelinden kontrol eder ve aynı zamanda kullanılacak her yeni uzatma borusunu hazırlar, dişli bağlantıları gresler ve bir sonraki boruyu makinenin hidrolik güçle çalışan rod tutucu kolu tarafından kolayca yerine kaldırılacak şekilde konumlandırır.

Delgi işlemi sırasında BKAM'in delgi dizisi bileşenlerini pilot delgi sırasında kuyu içine yeni boru ekleme veya tarama aşamasında kuyudan boru çıkarma işleri için tasarlanmıştır. Rod tutucu robot kol BKAM'in sağ veya sol tarafına bağlanabilir.

#### 4.5. Rotary Vertical Drilling System (RVDS) Döner Dikey Delme Sistemi



Şekil 4- 24 : Döner Dikey Delme Sistemi ve kavramsal olarak çalışma sistemi [14]

Yıllar boyunca çeşitli pilot delik yönlendirme yöntemleri denenmiştir. Günümüzde en etkili ve yaygın olarak kullanılan yöntem patenti Alman MICON firmasına ait olan ve dünyada bu konuda tek olan Döner Dikey Sondaj Sistemidir (RVDS). Bu sistem ilk olarak 1990'ların başında Avrupa'da kıtasal derin sondaj projesi için geliştirilmiştir. MICON ve Murray and Roberts RUC firmaları, RVDS'yi büyük çaplı Başyukarı pilot delikleri için sistemi geliştirmek üzere birlikte çalışmıştır. [14]

MICON Döner Dikey Sondaj Sistemi RVDS 7.3/4", 10", 12.7/8" (BKAM boru çap aralıkları), dikey deliklerin delinmesi için önceden programlanmış kendinden yönlendirmeli bir sondaj cihazıdır.

RVDS, Delici dizisinin en alt kısmında matkap ucu ile ilk stabilizatör arasına entegre edilmiş iki modülden oluşur. Basınç transdüserinden oluşan bir okuma ünitesi, bir arayüz ünitesi ve delici kabinindeki bir bilgisayar bu sistemi tamamlar.

Sondaj suyu akışı, pozitif çamur darbesi olarak adlandırılan teknoloji ile RVDS'den gönderilen veriler bilgisayarda gerçek zamanlı olarak görüntülenir.

- RVDS iki modülden oluşmaktadır. Matkap ucunun hemen arkasındaki alt modül, dönmeyen bir manşon üzerinde hidrolik olarak etkinleştirilen yönlendirme pabuçlarını ve sondaj kuyusunun dikey eksenine karşı gerçek sapmayı ölçen ve işleyen elektronikleri taşır. Dikey eksene karşı gerçek sapma, 2 eksenli eğim ölçerler ve dahili olarak işlenen RVDS ile sondaj sırasında gerçek zamanlı

olarak ölçülür. Meydana gelen sapmalar, yönlendirme pabuçlarının sondaj deliği duvarına bastırması ve RVDS'yi sondaj sırasında gerçek zamanlı olarak dikey konuma geri getirmesi ile düzeltilir. Alt modül dönmemektedir.

- RVDS'nin üst modülü, hidrolik olarak etkinleştirilen yönlendirme pabuçları için bir rezervuar olarak hidrolik tankı, debriyajlarla bir elektrik jeneratörüne ve hidrolik pompalara bağlı bir türbini ve verileri yüzeye ileten darbe ünitesini taşır. Türbin, üst modülden belirli bir su veya çamur akışı ile etkinleştirilir. Türbinden çok az su veya çamur geçerse ya da hiç geçmezse RVDS etkinleştirilmez. Ölçüm ve veri işleme için elektrik gücü ve yönlendirme pabuçları için hidrolik basınç üretilmez. Çok yüksek akışlar RVDS'yi kapatır veya ona zarar verir. Türbin yalnızca su veya çamur sistemden bir yönde akıtıldığında dönmektedir; bir şamandıra valfi ters yönlü akışa karşı kapatır.
- Standart konfigürasyonda üretilen voltaj 25-75 volt aralığındadır; elektrik akımı 2A'ya kadardır, RVDS dahili hidrolik basıncı 100 bar ile sınırlıdır.
- Standart konfigürasyonda RVDS yalnızca türbinden sıkıştırılamaz bir akışkan akıtıldığında etkinleştirilir; akış olmadığında RVDS devre dışı bırakılır ve hiçbir güç sağlanmaz veya üretilmez, RVDS pil veya akümülatör taşımaz.
- Ölçülen ve işlenen veriler RVDS'den yüzeye (sondaj kuyusunun dışına) pozitif çamur darbesi teknolojisi ile iletilir. Konik bir piston RVDS'den geçen akışı kısmen kapatmakta ve bu sayede RVDS üzerindeki basınç düşüşünde bir artış yaratmaktadır. Basınçtaki değişim, pompa ile sondaj makinesi arasındaki basınç hattına monte edilen basınç transdüseri tarafından ölçülür. Basınçtaki tanımlanmış bir dizi değişiklik, basınç transdüseri tarafından ölçülen, basınç transdüseri ile bilgisayar arasında bulunan arayüz birimi tarafından kodu çözülen ve sinyal bilgisayarda bir okuma olarak görüntülenen bir sinyal oluşturur.
- İki eksenli eğim ölçerler tarafından ölçülen dikey eksene karşı gerçek sapma ve RVDS'nin işlevsel durumu RVDS tarafından gerçek zamanlı olarak gönderilir ve bilgisayarda gerçek zamanlı olarak görüntülenir. Gerçek okumaların tam bir dizisi her 2 dakikada bir gösterilir ancak sürekli olarak ölçülür.
- RVDS önceden programlanmıştır ve kendi kendini yönlendirir; sadece uygun fonksiyonun ve yönlendirmenin kontrolü mümkündür. Yönlendirme, sondaj parametrelerinin değiştirilmesiyle iyileştirilebilir ancak doğrudan ve aktif bir yönlendirme mümkün değildir. Metan gazı içeren sahalarda sondaj yapmak için de uygunluk sertifikası (ATEX) vardır.

Özetle RVDS, delici rod dizisine pilot bitin bağlandığı rod üzerinde bulunan çeşitli ölçüm sensörleri ve mekanizma ile donatılmış bir sistemdir ve dikey yönde ayarlamalarını otomatik olarak kendi

kendine yaparak çalışır. RVDS enerji, yönlendirme ve iletişim olmak üzere üç ana bileşen kullanır. Sistemin enerjisi, pilot delgide kullanılan suyun akışıyla çalışan alet içindeki küçük bir elektrik türbininden gelir. Türbin, yönlendirme için hidrolik güç üretir ve sensör ile veri depolama birimlerine güç sağlar. Eğim ölçerler, dikey sondaj kuyusu eksenindeki sapmayı sürekli olarak ölçer. Otomatik düzeltmeler, doğrultudan sapma eğilimlerine karşı düzeltme yapmak için hidrolik olarak etkinleştirilen, pilot bitin bağlı olduğu en öndeki rod üzerinde bulunan dört adet uzatılabilir yönlendirme pabuçları tarafından gerçekleştirilir. Ünite, yüksek basınçlı sondaj suyu aracılığıyla, sonik darbeler yoluyla BKAM operatörünün gerçek zamanlı olarak izleyebileceği ve sapmaları kontrol edebileceği kuyu başına veri gönderir.

RVDS sistemi kullanılmaya başlandığı ve kayıt altında tutulduğu 1993 yılından 2023-Mart ayına kadar dünya ölçeğinde toplam 538 projede tecrübe edilmiştir. BKAM makinelerinin kullandığı değişik çaplarda toplam 197.401 m`lik uygulama sonrasında %0,06 gibi çok düşük bir sapma ile kuyuların pilot delgileri RVDS ile sorunsuz bir şekilde tamamlanmıştır.

694 m derinlikli bir kuyu projesi üzerinde iş planlaması aşağıdaki kabullere göre yapılmaktadır. [15]

- Kaya dayanımı: Yaklaşık 120-140 MPa
- Pilot- Delme mesafesi: 694 m
- Hedef talep: Gerçek RVDS delme mesafesinde sapma <%0,3
- Beklenen penetrasyon hızı (ROP): 1,3 m/sa
- ROP: jeolojiye ve lokasyondaki performansa bağlı olarak değişebilir.
- 1,3 m/sa ROP için net sondaj süresi: 530 saat
- 1,3 m/sa ROP için brüt delme süresi: 1060 saat
- Gerekli revizyonlar arasında RVDS sistemi başına ortalama 220-280 saatlik bir kullanım ömrü kabul edilmektedir.
- Sahada 3 RVDS ile planlama yapılması önerilmektedir.
- Bir RVDS çalışırken diğer iki RVDS de proje gecikmelerini veya nakliyeden kaynaklı gecikmeleri önlemek için sahada yedek olarak bulundurulmalıdır.

#### **4.6. Başyukarı Kuyu Açma İşİ İçin Yapılan Kurulum Hazırlıkları**

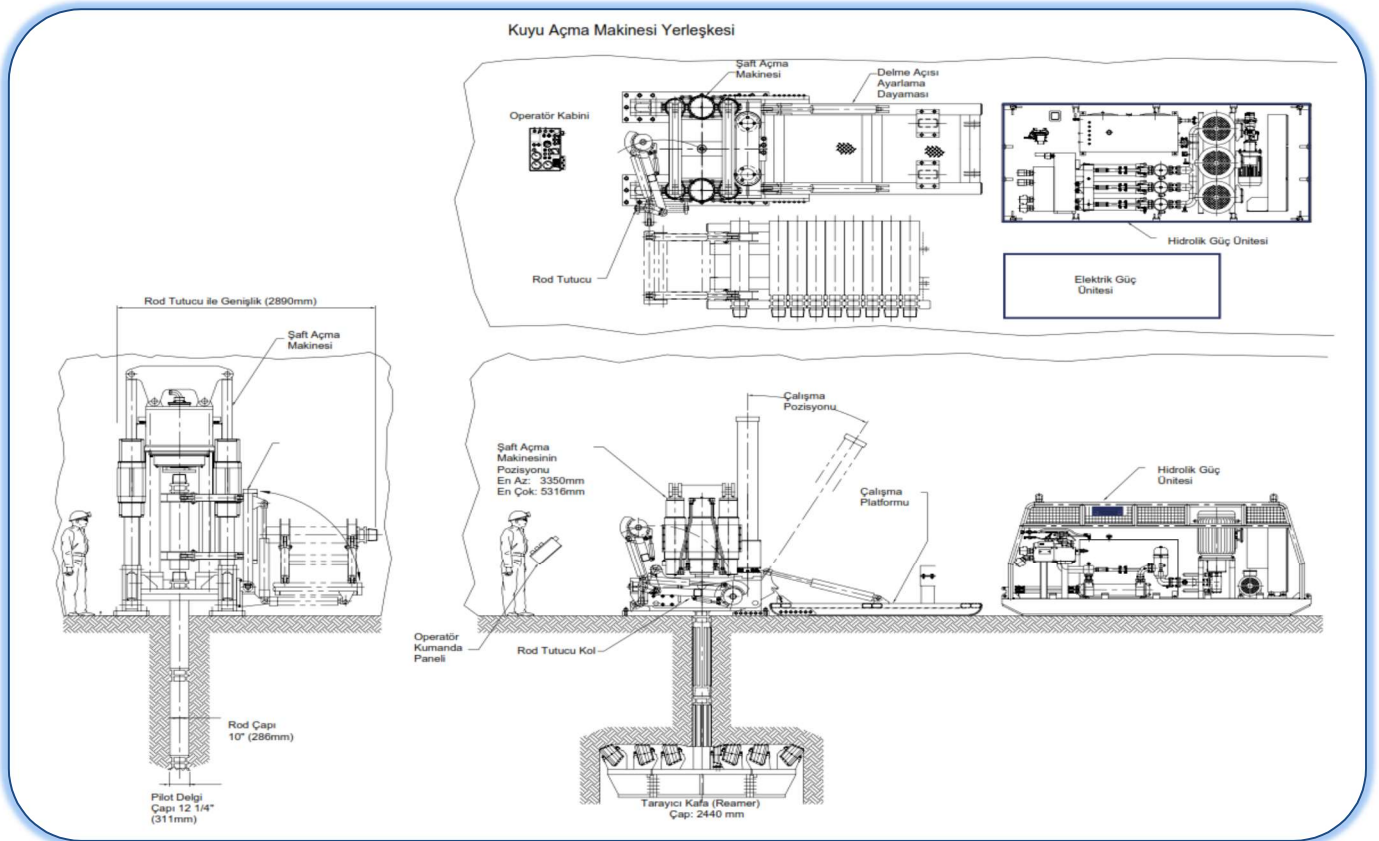
Kuyu açılacak sahanın hazırlığı kapsamlı bir planla başlar, bunun için saha planlayıcısının planlanan proje tarihinden önce aşağıdaki bilgilere vakıf alması gerekir:



Kuyunun başlangıç noktası, bitiş noktası ve eksenini gösteren etüt çizimleri ile kuyunun gerçek uzunluğu belirlenmelidir. Delik eksenini boyunca konumu ve kısa bir jeolojik tanımı içeren bir jeolojik kesit temin edilmelidir. Bu bilgiler ışığında saha yerleşim planı oluşturulur.

Saha planlama detayları içinde aşağıdaki hususlar bulunmalıdır:

- Başyukarı kuyu açma makinesi zemine nasıl monte edilecektir? (Beton/kiriş)
- İhtiyaç olacak sondaj suyu kimyasalları belirlenmelidir.
- Geri dönüş havuzu ve sediment malzemenin boşaltılması
- İhtiyaç duyulacak delici takım ve kimyasal yağların (gres/hidrolik) tedarigi ve depolanması
- Galeri ebatlarının makinenin yükselme alçalma hareketlerine uygunluğu
- Zemin alanı ve ekipman konumlandırması
- Basınçlı hava, su, elektrik gücü, aydınlatma, haberleşme, havalandırma



Şekil 4- 25 :Yeraltı- BKAM kurulumu- Terratec [16]

Kuyu çama makinesi ya zemine kendi platformu üzerine monte edilir ya da ankrajlarla zemine sabitlenen çelik kirişler üzerine monte edilebilir. Aşağıda bu iki durum içinde görseller bulunmaktadır.

Kazı yüzeyinde hiçbir gevşek malzeme kalmayacak şekilde temizlenir.

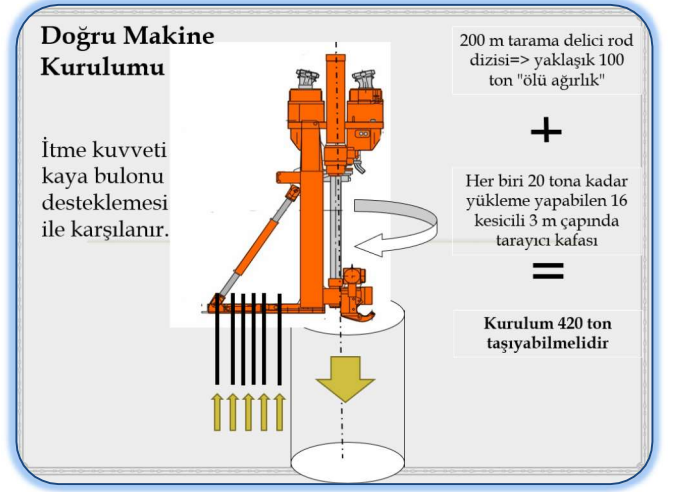


Hem drenaj için hem de platform çevresi için kalıp kurularak yerleşkeye uygun  $\pm 3$  mm/m hassasiyette B30 Beton ile beton platform oluşturulur.

Beton platform üzerine Başyukarı kuyu açma makinesinin oturacağı kiriş yapısı için ankraj lokasyonları topograf tarafından işaretlenerek ve yüzey delici tarafından min. 64 mm çapında ve en az 3m olacak şekilde delinir. Delgi sonrasında ankrajlar çimento enjeksiyonu ile sabitlenir.



Şekil 4- 26: Kiriş ve platform montajı

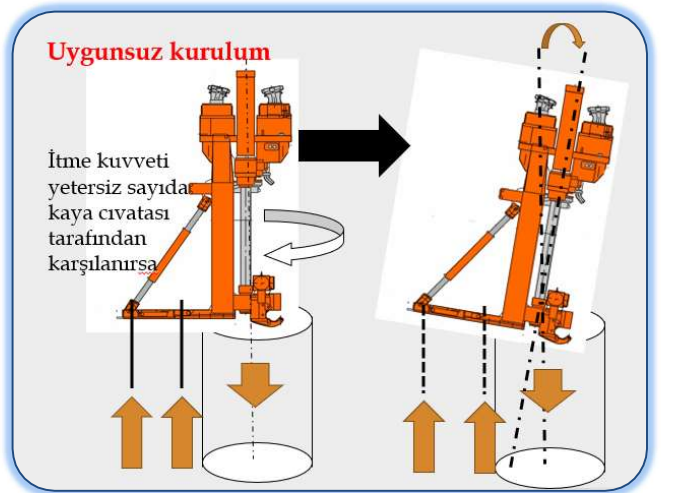


Şekil 4- 27: Doğru kurulum ile BKAM'ın dönmesi engellenir [6]

Hatalı bir kurulum olması durumunda yüksek torklarla çalışan başyukarı kuyu açma makinesi bağlantıları koparak savrulabilir. Kurulum için yapılan inşaat işlerinin standartlara göre tasarlanmamış veya inşa edilmemiş olması telafisi zor olan bir risktir.

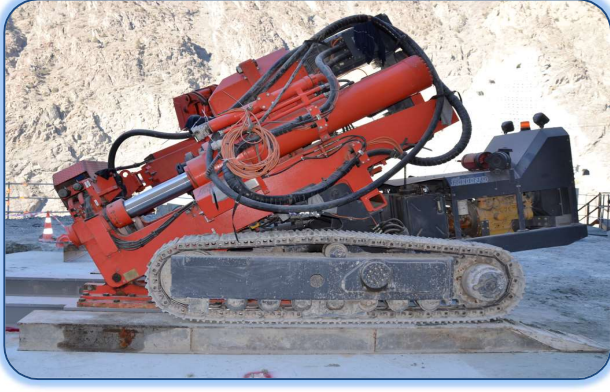


Şekil 4- 28: Taşıyıcı ile platform üzerine çıkış



Şekil 4- 29: Doğru kurulum olmaz ise makine dönebilir [6]

Bağlantılar tamamlandıktan sonra makinenin konumlandırılması için topoğraf yardımı alınmalı ve milimetrik hassasiyetle kurulum yapılmalıdır. Hatalı kurulum daha baştan sapmanın ivmelenerek artmasına neden olur.



Şekil 4- 30: Platform üzerinde konumlandırma



Şekil 4- 31: Kurulum sonrası koordinat kontrolü

Su hattı mobil su tankına kadar ve elektrik hattı ise elektrik ünitesine kadar çekilir ve bağlantıları yapılır. Aynı şekilde hidrolik ünite de makinenin konumuna göre saha içinde uygun bir yere yerleştirildikten sonra hidrolik bağlantılar tamamlanır.



Şekil 4- 26: Elektrik ve hidrolik güç üniteleri bağlantısı



Kurulum tamamlandıktan sonra makinenin pozisyonu tekrar topoğraf tarafından kontrol edilerek delgiye başlanır.





Şekil 4- 27: Kurulum sonrası görünüm



Şekil 4- 28: Kılavuz delgi aşaması



Şekil 4- 29: Kılavuz delginin tamamlanması

Kurulumun tamamlanmasını takiben delgi işine başlanır ve etkileşim içinde hareket edilir.

Kılavuz delik delme işlemine başladıktan ve 1-2 rod ilerleme sağladıktan sonra da hareket olma ihtimaline karşılık, deliğin eğim açısı ve yatağı yetkili bir topoğraf tarafından kontrol edilmelidir

Kılavuz delginin tamamlanması önemli bir aşama olmakla birlikte sapma olması riski nedeniyle son metrelerde kuyu altında bulunmak yaralanmalara sebebiyet verebilir. Bu nedenle kuyu dibine bir bariyer çekilerek içeri girişlerin engellenmesi gerekir.



Şekil 4- 30:Kılavuz matkap ucu ve tarayıcı kafa değişimi

Pilot bitin sökülmesi ve tarayıcı kafanın montajı için haberleşme önemlidir. Pilot 20 kN`a torklanan kılavuz matkap ucu hidrolik bir anahtar sistemi ile sklr. Sonrasında tarayıcı kafa yükleyici vasıtası ile kuyu altına getirilerek bağlantısı yapılır. 150 kN `a torklanan delici boru dizisi tarama aşamasında sıkışma ve geri dönüşlerde çözülmemesi için 180 kN `a torklanır ve en aşağıdan en yukarıya kadar tüm borular tek bir halka gibi hareket ederler.



Şekil 4- 31:Tarama aşamasından görünüm

Toz oluşumunu önlemek için toz bastırıcı sulama sistemi kurulmalı ve havalandırmanın yeterli seviyede olması gereklidir.





Şekil 4- 32: Kazı sırasında zaman zaman yapılan pasa alma işlemi

Kazı sırasında oluşan pasa ile teorik pasa miktarı sürekli kontrol edilmelidir. Yüksek miktarda pasa ve/veya su gelişi varsa ilgili kişiler haberdar edilmelidir.



Şekil 4- 33: Tarayıcı kafanın yüzeye çıkarak kazıyı tamamlama anı

Kuyunun tamamlanması öncesi potansiyel tehlikeleri belirlenmeli, ekipman veya malzemenin kuyudan aşağı düşme riskini en aza indirecek önlemler alınmalıdır.

Tarayıcı kafanın kuyu başından alınma durumunda, başyukarı kuyu açma işi sırasında, tarayıcı kafanın kuyu içine düşürülmesi yaşanmış risklerdendir. Tamamlanmış kuyunun üzerinde, tarayıcı kafayı kuyudan çıkarma aşamasında doğru bağlantı yapılmaz ise bağlantıdan kurtularak kuyudan aşağıya düşebilir. Öte yandan kuyunun son bölümünün taranması sırasında kuyu ağzı duraylılığı kaybedebileceği için dikkatli olunmalıdır.

Tarayıcı kafanın kuyu dibinden alınması durumunda, kuyunun dibindeki bir tarayıcı kafayı çıkarırken, uzaktan kumandalı yükleyici ekipmanı kullanılmalıdır.



Şekil 4- 34: Tarayıcı kafanın kuyu içinden çıkarılması

Tarayıcının yüzeye çıkması sırasında meydana gelen ani hava akışı madenin tüm havalandırmasını riske edebilir. O nedenle kuyu açıldığında fan montajı yapılmaya kadar olacak havalandırma akışı simüle edilmeli ona göre önlemler alınmalıdır.

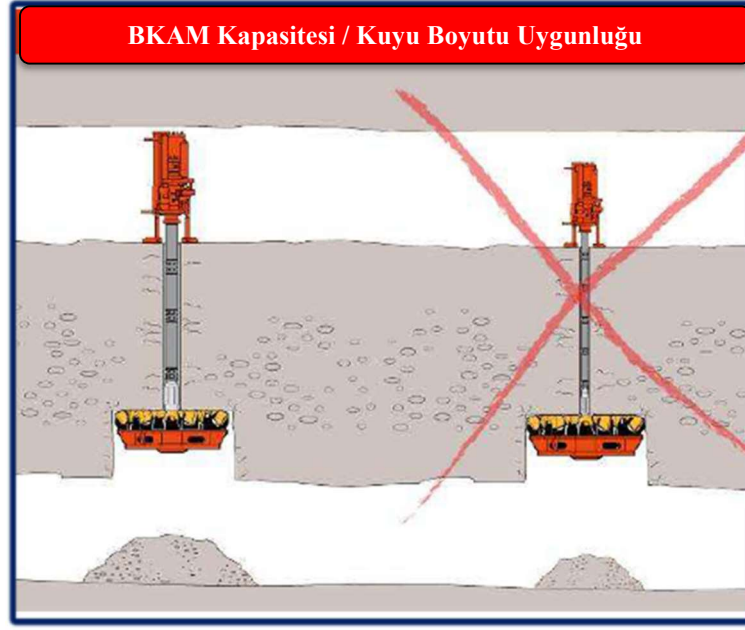
#### 4.7. Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Standart Özellikleri Hakkında Bilgiler

Dünyada belli başlı başyukarı kuyu açma makinesi üreticileri bulunmakta ve satış yaptıkları ülkelere de teknik servis hizmeti vermektedirler. Global ölçekte olmayan ancak kendi ülkelerinde iç pazara satış yapan üreticiler de bulunmaktadır.

Bilinen birkaç marka başyukarı kuyu açma makinesi üreticilerine ait makine tip ve özellikleri aşağıdaki tablolarda listelenmiştir.

Şu anda büyük çaplı makinelere yönelik bir eğilim olsa da bu makine çok büyük, ağır ve maliyetli oldukları gibi genellikle tek seferlik projeler için kullanılmaktadırlar. Kaynakların mantıklı kullanımı açısından bakılırsa daha efektif, daha akıllı, daha hızlı mobilize olabilecek, operatör hatalarını en aza indirecek, tam otomasyona sahip, tüm verileri kayıt altına alarak kuyu değerlendirmesini yapan yeni nesil kuyu açma makinelerine yönelim olması ilerleyen dönemlerde beklenmektedir.

Makine seçimlerinde kuyu çapı, derinlik, boru çapı korelasyonu doğru kurulmalıdır. Kapasite uygunluğuna bakmaksızın eldeki mevcut bir makine ile yapabileceği kategori dışında bir işi yapmaya çalışmak ya ekipman kaybına sebebiyet verir (örnek: dayanımı düşük ve et kalınlığı yetersiz boru dizisi kullanarak boru kopmaları yaşamak) ya da çok düşük verimle çalışmak durumunda kalınır. Düşük verimle çalışmak özellikle kesici sarflarını dolayısıyla kuyu maliyet artışı sonucunu doğurur. Ayrıca tamamlanmamış kazı esnasında kesici değişikliği kaza risklerini beraberinde getirir.



Şekil 4- 35: Büyük çaplı kuyu için büyük çaplı boru ve yeterli kaldırma kuvvetine sahip BKAM kullanılmalıdır [6]

Başyukarı kuyu açma makineleri kapasiteleri ölçüsünde bir menzile sahiptirler. Genel kayıplar dışında makinenin işte kalma süresini yüksek verimlilikle kullanmaktan uzaklaşırsa kuyu maliyetleri ve riskler artar. Kapasitesi ölçüsünde BKAM ile en az %60-70 oranında verimlilik çalışması idealdir. BKAM temel olarak kılavuz delgi yaparken tüm delici takım dizisinin yükünü (borular + şanzıman + dengeleyiciler) üstüne alırken matkap ucuna (tricone bit) delgi için ihtiyacı olan taşıma kapasitesine kadar yük uygular. Tarayıcı modunda ise bu defa tüm delici takım dizisinin yükünü taşımak zorunda olduğu gibi ilave olarak tarayıcı kafa ve kesicilerin ölü ağırlıklarını da taşır. Bunun dışında BKAM işlevi gereği ideal hızda kuyu kazısı (1-1,5 m/saat) yapabilmesi için tarayıcı kafanın üzerindeki tüm kesicilerin kesici taşıma kapasitesine göre (Tungsten karbürlü kesiciler için %100 verimlilikte 250-300kN) ihtiyacı olan itme kuvvetini de verebilmesi gerekir. Kapasite sabit olduğu için yapılacak işin operasyonel boyutları ile jeolojik/jeoteknik parametreleri birlikte düşünüldüğünde nihayetinde kesicilerin ideal verimlilikte çalışabilir olması arzu edilir. Makine seçimi yapılırken, makinenin kabul edilebilir verimlilikte çalışabileceği kapasiteyi (kurulu güç ve menzile) belirleyerek, öngörülmemen jeolojik koşullarında olabileceğini düşünerek, biraz da güvenli tarafta kalınacak güçte bir makine ve delici takım dizisine karar verilmelidir. Kesicilerin yükünü azaltıldığı her zaman operasyon verimi de düşer. Penetrasyon hızı düşer ve kesici ömrü çok kısalmıştır. Bu nedenle, BKAM ile kapasitenin üzerinde bir çapla veya uzunlukta kazı yapmaya çalışılırsa, makinenin değiştirilemeyen limitleri gereği daha az itme kuvveti ile kesicilere yüklenmek gerekecektir. Bu da performansın büyük ölçüde düşeceği anlamına gelecektir. Bu durumda metre başına maliyet çok daha yüksek olacaktır. Öte yandan tarayıcı kafanın kazı sırasında kazılan yüzeyde kopmalar olması ya da homojen bir kazı aynası yerine değişken

bir formasyonda çalışmak durumunda kalınması durumunda limitlerinin sınırında çalıştırılan BKAM'ın tarayıcı kafayı düşürme riski artacaktır.

#### 4.7.1. Epiroc (Robbins) Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri

Marka	Çap		Derinlik		Devir		İtme	Tork	Kurulu Güç
	Nominal	Menzil	Nominal	Azami	Pilot	Tarama			Tahrik +İtme
Model	(m)		(m)		(rpm)		(kN)	(kNm)	(kW)
34RH-QRS	1.2	0,6-1.5	340	610	0-49	0-19	1150	64 96	165- 190
34RH	1.2	0.6-1.5	340	610	0-65	0-19	1150	64 96	165- 190
44 RH	1.5	1-1.8	340	610	0-60	0-16	2000	75 96	165- 190
53 RH	1.8	1.2-2.4	490	650	0-35	0-9	3350	156 190	260- 298
73 R	2,4	1,5-3,1	550	700	0-40	0-11	4159	250 350	250- 290
92 R	5	3.1-6.0	900	1100	0-54	0-7	8923	540 700	500- 560

Çizelge 4- 2:Epiroc (Robbins) Başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [17]



#### 4.7.2. Tumi Başıyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri

Marka	Çap		Derinlik		Devir		İtme	Tork	Kurulu Güç
	Nominal	Menzil	Nominal	Azami	Pilot	Tarama			Tahrik +İtme
Model	(m)		(m)		(rpm)		(kN)	(kNm)	(kW)
SBM 300	1.2	1.5	182	243			850	50	112
SBM 400	1.2	2.1	579	365	0-60	0-14	1700	81	150
SBM 400SR	1.5	2.1	100	250			1700	81	150
SBM 700	2.4	3.6	670	450			3390	214	224
SBM 700 SR	3.0	3.6	330	450			3390	214	224
SBM 800 XP	3.0	7.2	1600	520			6700	470	300

Çizelge 4- 3:Tumi başıyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [18]

#### 4.7.3. Terratec Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri

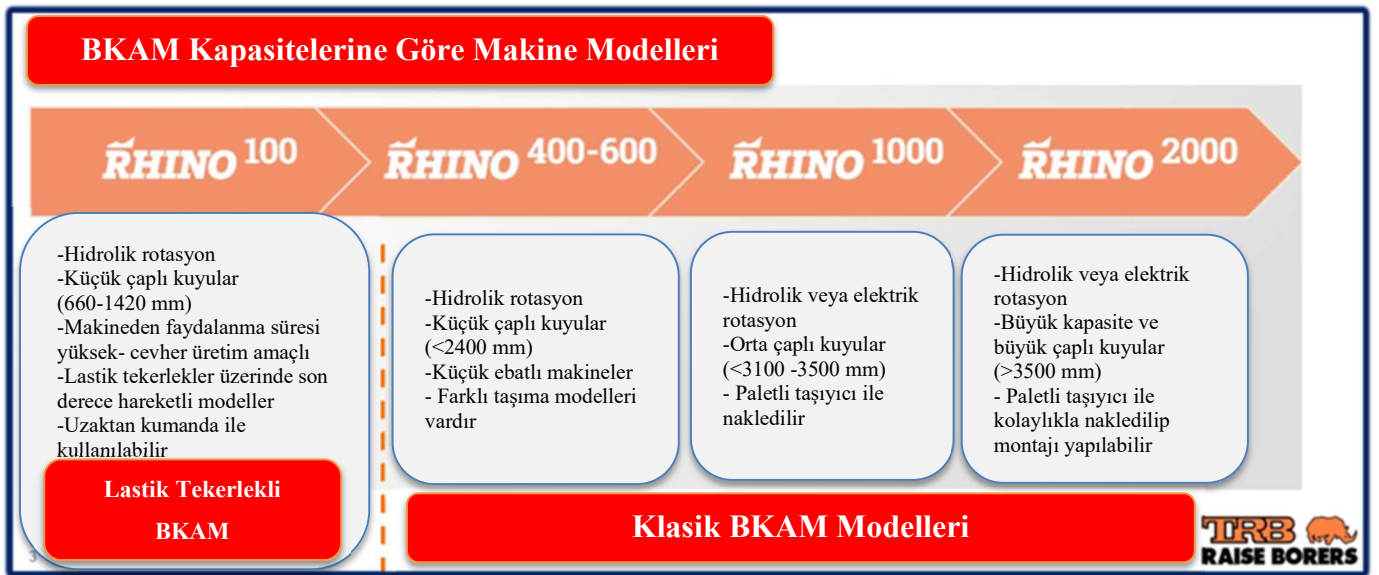
Marka	Çap		Derinlik		Devir		İtme	Tork	Kurulu Güç
	Nominal	Menzil	Nominal	Azami	Pilot	Tarama			Tahrik +İtme
Model	(m)		(m)		(rpm)		(kN)	(kNm)	(kW)
UB-1000	1.060	1.5		200	0-80	0-16	1100	610	121
TDR600	0.72	1.5		200	0-120	0-23	985	525	97.5
TDR 1000	1.15	1.5		200	0-120	0-23	1400	525	121
TDR 2000	1.8	2.4		250	0-60	0-14	3100	2030	242
TR 2000		2.0		250	0-60	0-14	3100	2030	242
TDR 3000		3.0		400	0-42	0-10	4500	2750	352
TDR 4000		4.0		500	0-42	0-10	6700	4750	450
TDR 6000		6.0		600	0-42	0-8	13300	8100	704

Çizelge 4- 4:Terratec başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri tablosu [16]

#### 4.7.4. Sandvik (TRB-Rhino) Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri

Marka	Çap		Derinlik		Devir			Kuru Güç	
	Nominal	Menzil	Nominal	Azami	Pilot	Tarama	İtme		
Model	(m)		(m)		(rpm)		(kN)	(kNm)	(kW)
Rhino 400	1,52	1,82	200	250	0-48	0-17	2000	90	110
Rhino 600	1,52	1,82	250	300	0-48	0-17	2540	120	132
Rhino 1000	1.5	2.4	700	600	0-60	0-12-20	3940	300	300
Rhino 1200	2.4	3.0	800	700	0-60	0-12-20	3940	400	400
Rhino 2000	3.0	5.5	800	700	0-55	0-7-11	6800	700	400

Çizelge 4- 5:Sandvik (TRB-Rhino) başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [10]

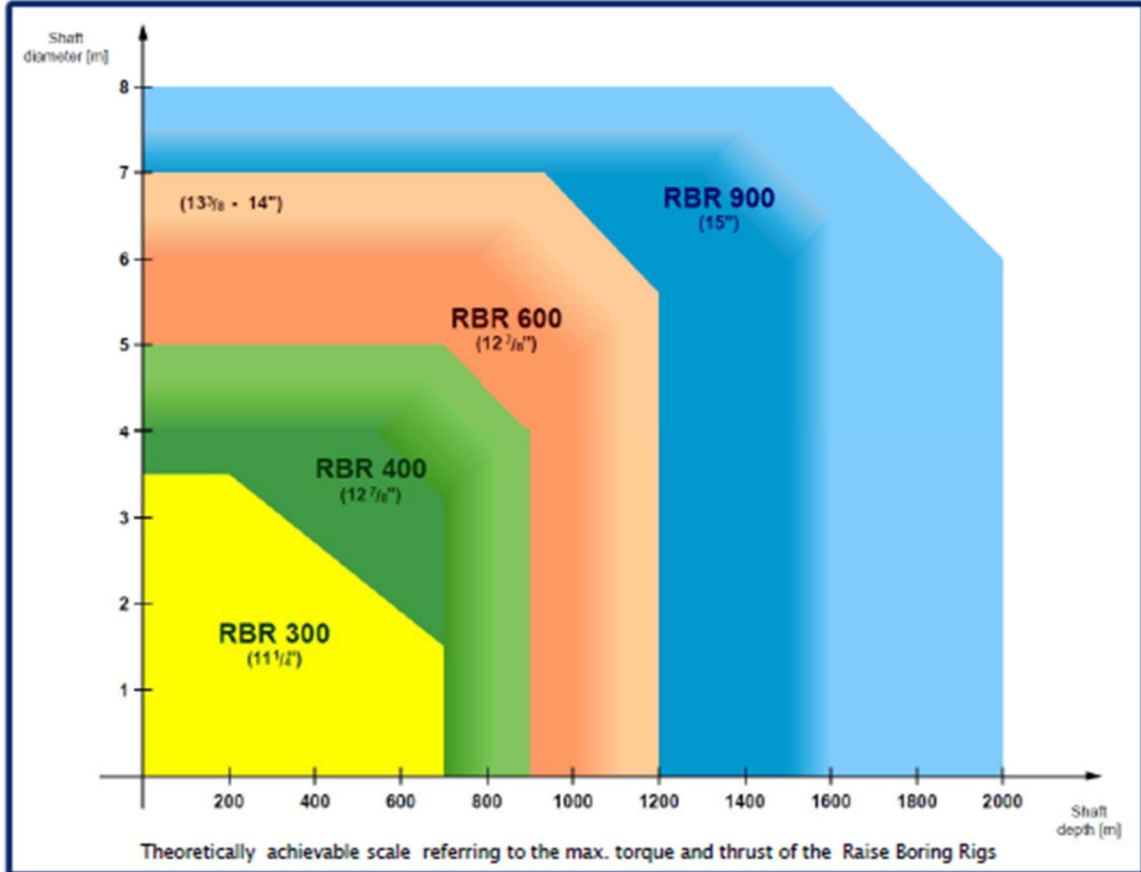


Şekil 4- 36:Sandvik (Trb-Rhino) başyukarı kuyu açma makineleri kapasite aralıkları [10]

#### 4.7.5. Herrenknecht Başyukarı Kuyu Açma Makineleri ve Kapasiteleri

Marka	Çap		Derinlik		Devir		İtme	Tork	Kurulu Güç
	Nominal	Menzil	Nominal	Azami	Pilot	Tarama			
Herrenknecht	Nominal	Menzil	Nominal	Azami	Pilot	Tarama	İtme	Tork	Tahrik +İtme
Model	(m)		(m)		(Rpm)		(kN)	(kNm)	(kW)
RBR300VF		3,5		700	0-10	0-50	4.500	350	300
RBR400VF		5,0		900	0-10	0-50	9.200	550	400
RBR600VF		7,0		1200	0-10	0-50	10.000	750	600
RBR900VF		8,0		2000	0-10	0-50	22.000	1125	800

Çizelge 4- 6:Herrenknecht başyukarı kuyu açma makineleri ve kapasiteleri [19]



Çizelge 4- 7:Herrenknecht makineleri için makine ve boru seçim tablosu [19]

#### 4.7.6. Dünya Ölçeğinde Benzer Kapasitelerde Başyukarı Kuyu Açma Makinelerinin Kıyaslaması

MAKİNE	HKBR600F	RHINO 2007	ROBBINS 91RH	TR3000 Terratec	TUMI	REDBORE 70
Ana motor	Elektrik (VF)	Elektrik (DC)	Hidrolik	Hidrolik	Hidrolik	Elektrik (AC)
Kurulu güç	600kW	640kW	500kW	352 kW	300kW	294kW
Tarama Torku	550 kNm	450kNm	450 kN	287 kN	270 kN	350 kN
Azami Tork	750 kNm	650kNm	700 kNm	275 kNm	270 kNm	350 kNm
Tarama kuvveti	10000 kN	6800kN	6.700 kN	4.500 kN	5.000 kN	4.527 kN
Yükseklik En yüksek	6,65 m	6,3m	5,1m	4,49m	4,58m	5,03m
Yükseklik En düşük	4,86m	4,53m	4,05m	3,96m	3,66m	3,41m
Genişlik	2,30m	2,2m	2,2m	2,3m	2,24m	2,20m
Derinlik	2,39m	2,6m	2,5m	2,3m	2,14m	2,21m
Ağırlık	48 ton	29 ton	30,5 ton	17,2 ton	21,8 ton	24,9 ton
Delgi dizisi	13 3/8"	12 7/8"	12 7/8"	111/4"	12 7/8" 111/4"	12 7/8"

Çizelge 4- 8: Benzer kapasitede kuyu açma makinelerinin kıyaslama tablosu

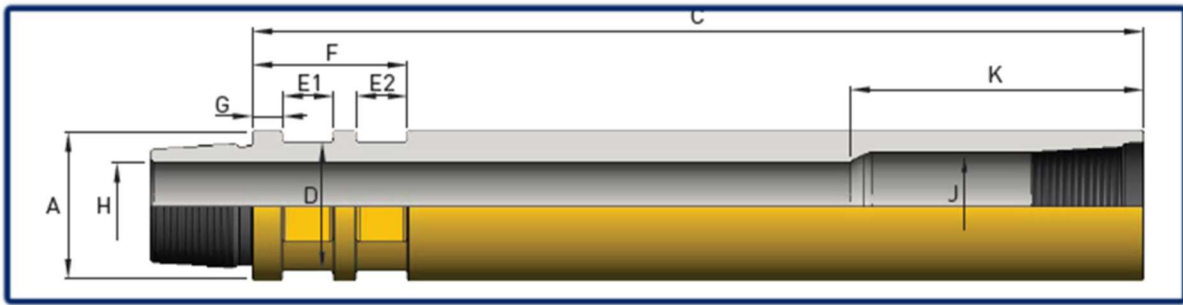
#### 4.8. Delici Boru Tipleri Hakkında Bilgiler

Kullanılacak makine tip ve özelliklerine uygun hem pilot delgi hem de tarama sırasında delik içinde kullanılan standart boruların kalitesi delginin başarılı olması için önemlidir. Kaya kırma aşamasında itme, gerilme, tork vb. iletimi işlevini görür. Boru içinden tricone bite iletilen basınçlı su ile pilot delgi sırasında boru ile kuyu cidarı arasından öğütülen malzeme dışarı atılır.

Delici takım dizisi içinde kullanılan borular yüksek mukavemete sahip olmalı, akma dayanımı ve çekme mukavemeti değerlerinin takım dizisi içinde tarama yükünü karşılayacak seviyede ve eş değer olması gereklidir. En zayıf halkanın başyukarı kuyu açma sırasında yaşanan risklerin belirleyicisi olduğu düşünülürse delici takımı oluşturan boruların seçimi, bakımı ve kullanımı büyük önem taşımaktadır. 1524 mm uzunluklu 254 mm çapında standart silindirik, işlenmiş bir çelik boru ağırlığı 416 kg gelmektedir. (Yüksek mukavemetli alaşımlı çelik- 30CrNiMo8)

#### 4.9. Tork-Gerilim Çizelgeleri

Tork-Gerilim çizelgeleri, başyukarı kuyu açma projesinde uygun çalışma parametrelerini belirlemek için gereklidir. Aşağıdaki tablolardaki, çelik kalitelerinin verilen malzeme parametreleri için geçerlidir. Boru üreticileri bir başyukarı kuyu açma makinesi ile açılacak kuyu projeleri için özel ve son derece ayrıntılı hesaplamalar yaparak en uygun kalitede malzemedan üretilmiş çelik boruları önerirler. Aşağıda farklı çaplar (8"-10"-11 1/4"-12 7/8") ve farklı mukavemetlere sahip boru tip ve kaliteleri gösteren çizelgeleri bulunmaktadır.



Şekil 4- 37:Standart boru boyutlarının ölçüm gösterimi [14]

Standart Boyutlar										
Dış Çap mm	Diş inch	Uzunluk mm	Sıkma mm			Uzunluk mm		İç Çap mm		Uzunluk mm
A	-	C	D	E1	E2	F	G	H	J	K
254,0	8 ¼"	1219,2	203,2							482,6
	DI-22	1524,0	209,5	69,8	69,8	209,5	38,1	120,5	181,0	914,2
285,7	9 ¼"	1219,2	228,6	75,0	75,0	224,8				482,6
	DI-22	1524,0	234,9	88,9	88,9	254,0	38,1	120,5	203,2	914,2
327,0	10 ½"	1524,0	254,0	88,9	88,9	292,1				482,6
	DI-22		266,7	101,6	101,6	317,5	63,5	228,6	228,6	914,2

Çizelge 4- 9: BKAM boruları ve ölçüleri (metrik) [14]

Malzeme: Alaşımli Çelik, ref. AISI 4330			
Orta Mukavemet			
Özellikler	Sembol	Boyut	Hammadde Çapı 200 mm ila 350 mm
Akma Dayanımı	Rp0.2	N/mm <sup>2</sup>	≥ 930(135ksi)
Çekme Dayanımı	Rm	N/mm <sup>2</sup>	≥1030(149ksi)
Kırılma Sonrası Uzama (Lo O 4x do)	A4	%	≥15
Kesit daralması	Z	%	≥45
Çentik Darbe Dayanımı Charpy V-Notch	A	J	≥65
Belirli Çapta Sertlik	-	HB	320-370
Çevresel Yüzeyde Sertlik	-	HB	≥340

Çizelge 4- 10: Orta mukavemette boru tipi teknik özellikleri [14]

Malzeme: Alaşımli Çelik, ref. AISI 4330			
Yüksek Mukavemet			
Özellikler	Sembol	Boyut	Hammadde Çapı 200 mm ila 350 mm
Akma Dayanımı	Rp0.2	N/mm <sup>2</sup>	≥ 965(140ksi)
Çekme Dayanımı	Rm	N/mm <sup>2</sup>	≥1035(150ksi)
Kırılma Sonrası Uzama (Lo O 4x do)	A4	%	≥15
Kesit daralması	Z	%	≥45
Çentik Darbe Dayanımı Charpy V-Notch	A	J	≥65
Belirli Çapta Sertlik	-	HB	320-380
Çevresel Yüzeyde Sertlik	-	HB	≥340

Çizelge 4- 11:Yüksek mukavemette boru tipi teknik özellikleri [14]

Malzeme: Alaşımli Çelik, ref. AISI 4330			
Çok Yüksek Mukavemet			
Özellikler	Sembol	Boyut	Hammadde Çapı 200 mm ila 350 mm
Akma Dayanımı	Rp0.2	N/mm <sup>2</sup>	≥ 1030(149ksi)
Çekme Dayanımı	Rm	N/mm <sup>2</sup>	≥1110(161ksi)
Kırılma Sonrası Uzama (Lo O 4x do)	A4	%	≥14
Kesit daralması	Z	%	≥45
Çentik Darbe Dayanımı Charpy V-Notch	A	J	≥65
Belirli Çapta Sertlik	-	HB	330-390
Çevresel Yüzeyde Sertlik	-	HB	≥340

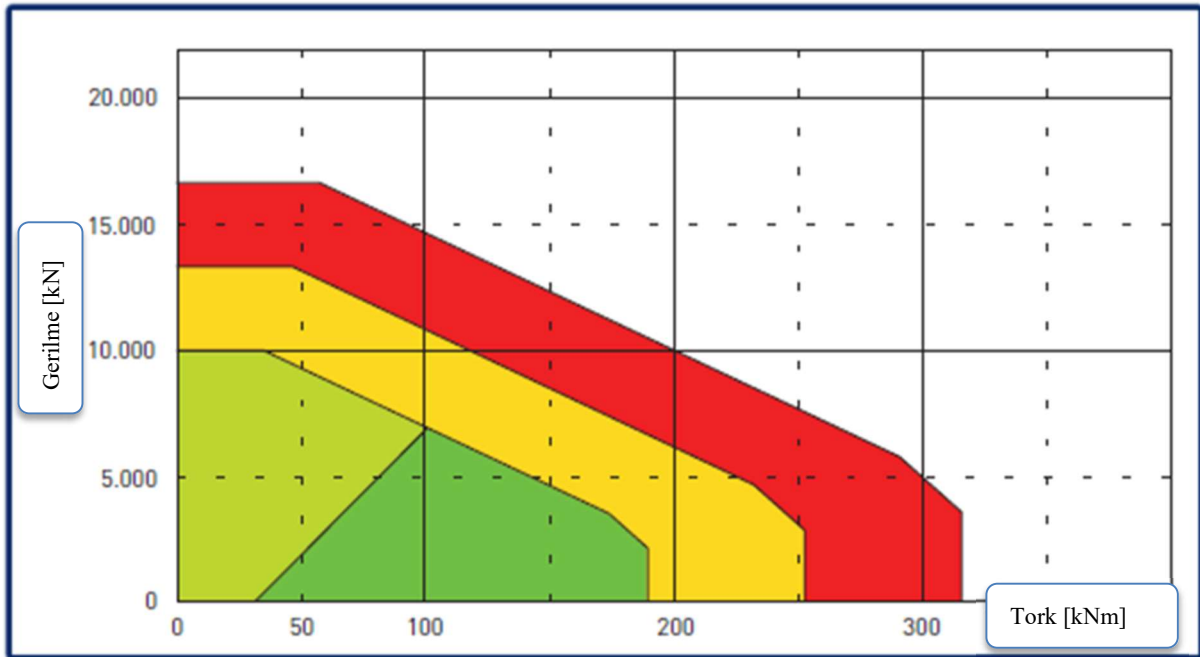
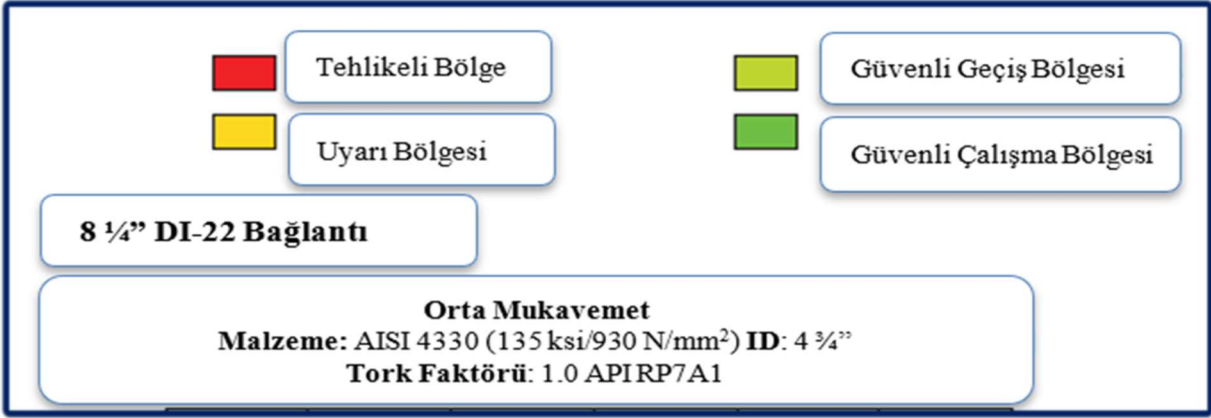
Çizelge 4- 12:Çok yüksek mukavemette boru tipi teknik özellikleri [14]



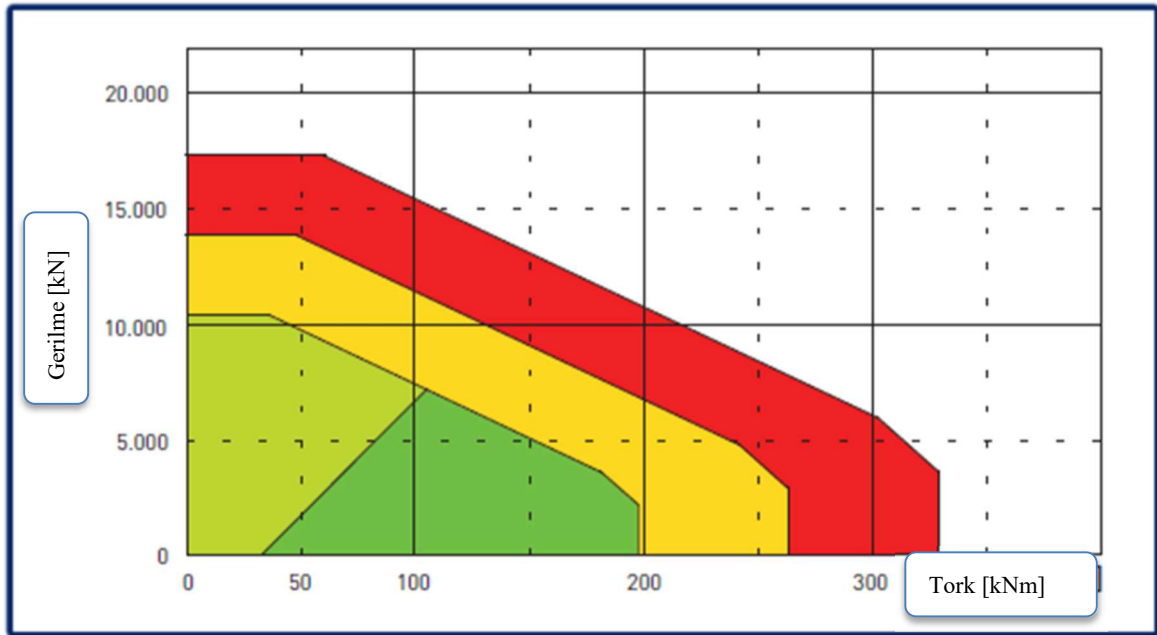
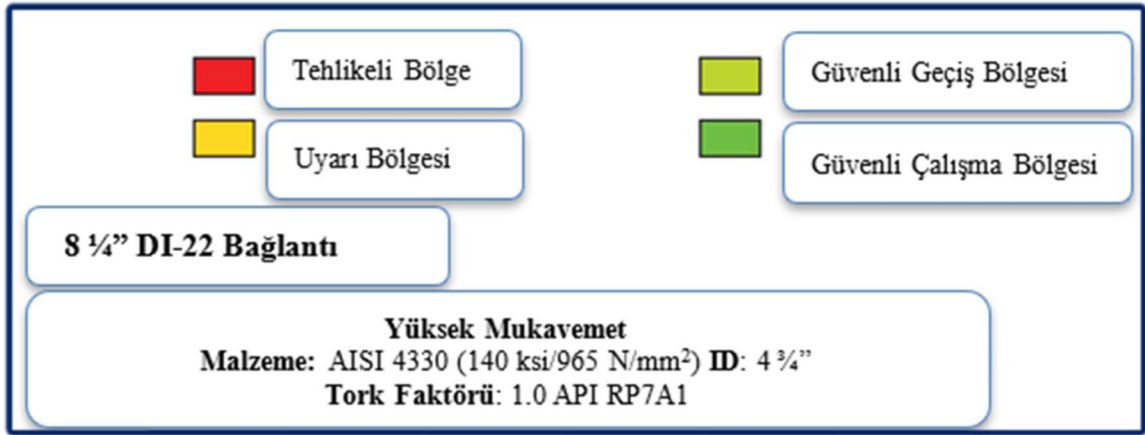
Kuyu apı tarayıcı kafanın boyutunu tanımlar. Tarayıcı kafanın boyutuna göre kafadaki kesicilerin sayısı belirlenir. Verimli bir kuyu açma işi için kesici tipine göre ve her bir kesici başına belirli bir yük ve tork olması beklenen performans için gereklidir. Kesici başına yük ve torkun kesici sayısıyla çarpımı size toplam torku ve toplam itme kuvvetini verir. Bu da size başyukarı kuyu açmak için kullandığınız boruların dişleri üzerine binecek yükü verir.

Yapılacak kuyu işi için seçilecek BKAM'a karar verilirken, makine teknik özellikleri tüm jeolojik/jeoteknik ve operasyonel parametrelerin değerlendirilmesi işığında belirlenirken, kullanılacak boru dişleri üzerine binecek yükü karşılayacak olan borunun çapı ve teknik özellikleri de bu yüke mukavemet gösterebilecek niteliğe sahip olmalıdır. Delici takımın boru çapı, et kalınlığı, yükü karşılayacak kapasiteye göre boru seçimi için de aşağıda bulunan tork gerilim diyagramları kullanıcılar için yol göstericidir.

BKAM ile kuyu açılırken makine yatırımı dışında delici takım olarak adlandırılan boruların seçimi en az makine seçimi kadar önemlidir. Pahalı bir yatırım olan delici takım boruları seçilirken, makinenin kapasitesi lsnde en büyük çap ve en uzun derinlik ile belirli bir kaya dayanımda kuyuları açabilecek nitelikte olmasına dikkat edilmelidir. Her farklı kapasitede makine ile en büyük çapta ve uzun derinlikte kuyu aılamadığı gibi borular için de taşıyacağı yükü dikkate almak gereklidir. Gereklili bakım, onarım ve testlerin yapılması durumunda bu kalitede borularla toplamda 100 km'den fazla delgi yapılabilir. En zayıf halkanın sistemi zafiyete uğratabileceği düşünülerek kuyu açılması sırasında boru kopması gibi istenmeyen bir durumun yaşanmaması için doğru çap ve mukavemette boru seçimi ve teknik gerekliliklere uygun bakım ve testlerinin yapılması gözetilmesi bir zaruriyettir.



Çizelge 4- 13:Orta mukavemette borunun tork-gerilim diyagramı [14]



Çizelge 4- 14: Yüksek mukavemette borunun tork-gerilim diyagramı [14]

## **5. BAŞYUKARI KUYU AÇMA MAKİNESİ SEÇİM KRİTERLERİ VE KUYU TASARIMINA ETKİ EDEN PARAMETRELER**

Projelerde makineye uygun iş değil de işin gerekliliklerine uygun makine seçimi her zaman önemi olmuştur. Yapılacak işin detayları ile makinenin yetenekleri örtüşmelidir. Nasıl ki başyukarı kuyu açma makinesi ile her türlü zemin şartlarında, her eğimde, kuyu açmak mümkün değilse, makinenin kapasitesi ve yetenekleri ile örtüşmeyen bir işi olması istenen performansta yapması da beklenemez. Başyukarı kuyu açma makinesinin doğru seçimi, yapılacak olan madencilik ve inşaat projelerinde kuyu açma verimliliğini artırmak ve maliyetleri düşürmenin en önemli faktörlerden biridir.

Kaya kütlesi özellikleri ve jeolojik koşullar başyukarı kuyu açma makinelerinin seçimindeki diğer önemli parametrelerdir. Bu bölümde, başyukarı kuyu açma makinelerinin doğru seçimi ve performanslarının tahmin edilmesi için gerekli bilgiler özetlenmeye çalışılmıştır.

Bir başyukarı sondaj makinesinin seçimini, tasarımını ve performansının tahmin edilmesini etkileyen kriterler üç genel kategoride sınıflandırılabilir: Mekanik (makine ile ilgili) kriterler, jeolojik/jeoteknik faktörler ve operasyonel etkenler. Kuyu kazısı sırasında karşılaşılabilecek jeolojik koşullar için uygun bir BKAM seçilmeli/tasarlanmalıdır. Her bir parametrenin ayrıntılı tanımı aşağıda özetlenmiştir.

### **5.1. Kılavuz Delgi ve Tarama Aşamasında Makinenin Çalışma Prensipleri ve Mekanik Kriterler**

Başyukarı kuyu açma makinesi, istenilen derinliğe kadar bir pilot delik açmak için büyüklüklerine göre değişmekle birlikte 230-350 mm civarında küçük çaplı bir delici boru kullanır. Kılavuz delik istenen derinliğe kadar delindikten sonra matkap ucu çıkarılır ve yerine büyük çaplı bir tarayıcı kafa takılır. Tarama kafası daha sonra delik çapını genişleterek üst seviyeye geri çekilir. Kılavuz delgi aşamasında, kesilen parçalar basınçlı yıkama suyu yardımıyla delik ağzından uzaklaştırılır. Ancak tarama aşamasında, kazılan malzeme yerçekimi etkisi ile kuyunun dibine düşer ve buradan sürekli olarak çıkarılır. Bu makineler yaklaşık 23.000 kN kuvveti ve yaklaşık 1.050 kNm tork uygulayabilir.

Başyukarı kuyu açma makineleri esasen terzi işi denilebilen işe özel, çeşitli amaçlara göre üretilmiş ve zaman içinde belirli kategorilerde yoğunlaşma göstermiştir. Asıl amaç olan istenilen çapta tarama yapması beklenen başyukarı kuyu açma makineleri, bu kapasitelerini kullanırken delici aksesuarlarından da en iyi şartlarda verim almak için kurgulanmışlardır.

BKAM kılavuz delgi aşamasında delici takım dizisinin en ucunda bulunan tricone matkap ucunun taşıma kapasitesi 311 mm çapında bir bit için önerilen maksimum çalışma uç yükü: 3 ton (6 600 Lbs) x inç cinsinden uç çapı: 36,75 kN iken, 200 metrelik bir kuyuda sadece boruların ağırlığının 200 ton

olacağı düşünülürse, matkap ucuna tüm yükün bindirilmesi durumunda zarar verileceği açıktır. Başyukarı kuyu açma makinesi kullanılırken, matkap ucuna tüm yükü bindirmemek için kendi içinde hidrolik güç ayarlaması yaparak sistemin ölü ağırlığını üzerine alır. Operatörler kumanda panelindeki göstergeler vasıtası ile bu yükü takip eder derinlik arttıkça artan yükü matkap ucundan alarak BKAM üzerine yükler.

Herhangi bir hidrolik silindir üzerindeki kuvvetlerin nasıl hesaplandığını ve ikinci olarak, başyukarı kuyu açma işleminde net delme kuvvetini belirleyebilmek için nelerin ele alınması gerektiğini açıklamak gerekirse; [10]

- Herhangi bir hidrolik silindir üzerindeki kuvvetler

$F$  = Silindirin kuvveti, genellikle uzatma için pozitif ve geri çekme için negatif

$F+$  = Silindir kuvveti (uzatma)->  $A1 \times p1$

$A1$  = Silindirin piston alanı

$P1$  = Piston tarafındaki basınç

$F-$  = Silindir kuvveti (geri çekme)->  $(A1-A2) \times p2$

$A1$  = Piston alanı

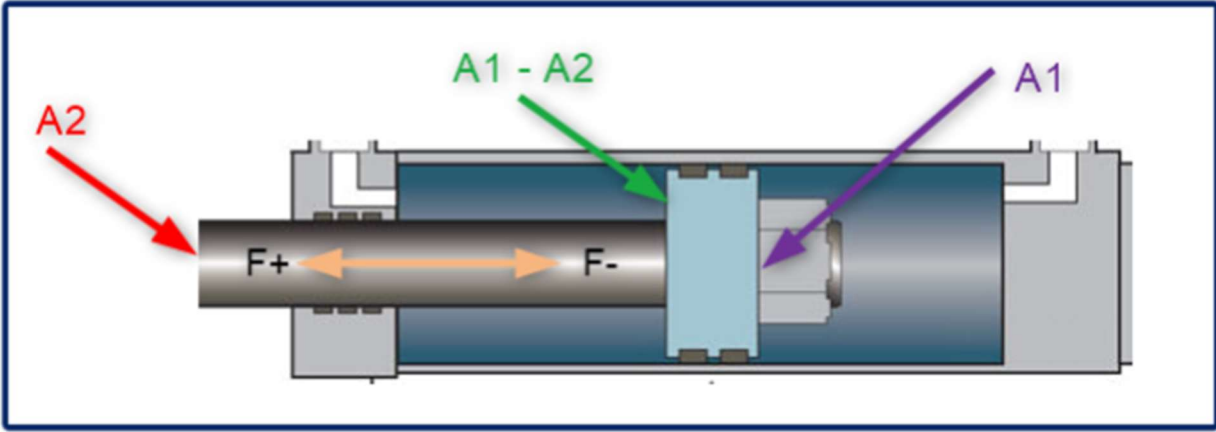
$A2$  = Boru alanı

$(A1-A2)$  = Boru yan alanı (halka alanı)

$P2$  = Boru tarafındaki basınç

Hem  $P1$  hem de  $P2$  sıfır değilken, bir silindirin toplam kuvveti;

$$F = (A1 \times p1) - (A1-A2) \times p2 \dots\dots\dots (5.1)$$



Şekil 5- 1: Hidrolik silindir üzerindeki kuvvetler (TRB-Sandvik) [10]

- Başyukarı makinesi üzerindeki kuvvetler ve net kuvvet hesaplaması

Başyukarı silindirin her iki odasından (yani piston basıncı ve boru basıncı) basınç ölçen besleme silindirlerine sahiptir. Besleme silindirlerinin kuvveti, ölçülen bu basınçlara göre kontrol edilir.

Delme işlemi için net delme kuvvetini veya WOB'yi (kılavuz matkap uç üzerindeki ağırlık) hesaplamamız gerekir.

WOB = Delici uç (kılavuz matkap ucu veya tarayıcı kafa) ile kaya arasındaki net kuvvet.

Bu net kuvveti kontrol edebilmek için besleme silindirlerini etkileyen diğer yükleri belirlememiz gerekir. Bu nedenle, başyukarı delgi başladığında, BKAM aleti (kılavuz matkap ucu veya tarayıcı kafa) kayaya temas etmeden önce, silindir basınçlarından “ölü ağırlık” W ölçülür.

W = Boru dizisinin ve BKAM'ın hareketli parçalarının ağırlığı (~ dişli kutusunun ağırlığı)

Net kuvvet kontrolü için, bu “asılı yükü” tüm silindirlerin toplam kuvvetinden çıkarmamız gerekir. Pozitif kuvvet tarama yönü olarak tanımlandığında ve

F = besleme silindirlerinin kuvveti.

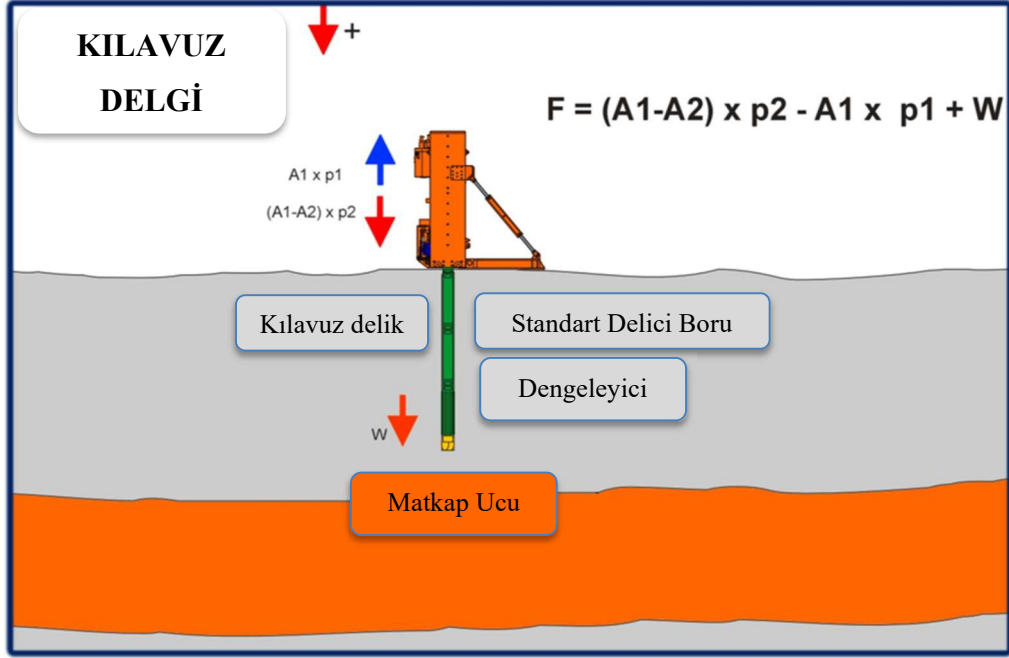
$$WOB = F - W \dots\dots\dots(5.2)$$

Operatör daha sonra istenen delme kuvvetine (ayarlanan kuvvet değeri) karar verir ve kontrol sistemi istenen WOB'yi (gerçek kuvvet değeri) elde etmek için silindir basınçlarını dengeler.

WOB < 0 (negatif kuvvet), sondaj dizisi itilir (kılavuz delgi)

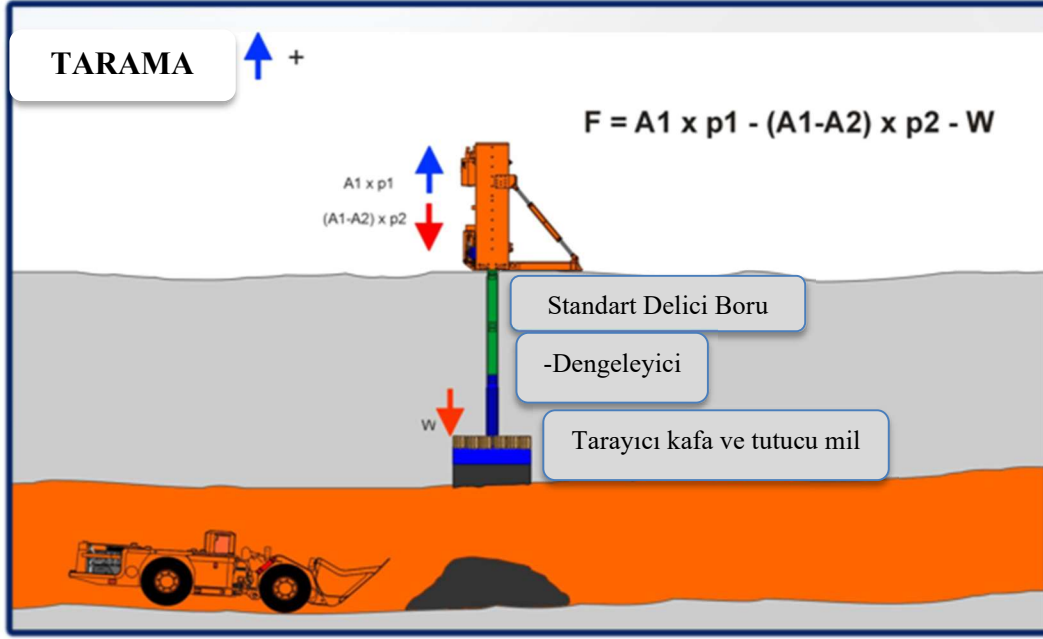
WOB > 0 (pozitif kuvvet), sondaj ipi çekilir (tarama)

Mutlak değer |WOB|, kontrol panelinde gösterildiği gibi delici uç ile delinen kaya yüzeyi arasındaki kuvvettir [kN]. Bu, kesme derinliğini ve dolayısıyla devir başına penetrasyonu [mm/dev] etkileyen “delme kuvveti” olarak adlandırdığımız şeydir.



Şekil 5- 2:Kılavuz delgi sırasında uygulanan kuvvet [6]

Aynı durum tarama aşamasında da söz konusudur. Bu defa Başyukarı kuyu açma makinesi tüm sistemin ölü ağırlığını taşıyabilmeli ve seçilen çapa göre kuyu kazısını kabul edilebilir bir performans ile verimli olarak kazabilmelidir. 3 m`lik bir tarayıcı kafada tasarıma göre değişmekle birlikte 18 adet kesici bulunur. Her bir kesicinin %100 performansta 30 ton yük taşıması beklendiği düşünülürse başyukarı kuyu açma makinesi ölü ağırlığa ilaveten 540 ton daha yükü üzerine alabilmesi beklenir. Bu durumda toplam yük yukarıda kılavuz delikte ifade edilen 100 ton ile birlikte 640 tonu (6276 kN) bulabilmektedir. Kesicilerin performansından feragat eder kazı hızını ve işin tamamlanma süresini uzatmayı göze alarak %75 olarak kabul etseniz 405 tonluk bir yük ile toplam 505 ton (4952 kN) kapasiteli bir makineye sahip olmanız gerekir.



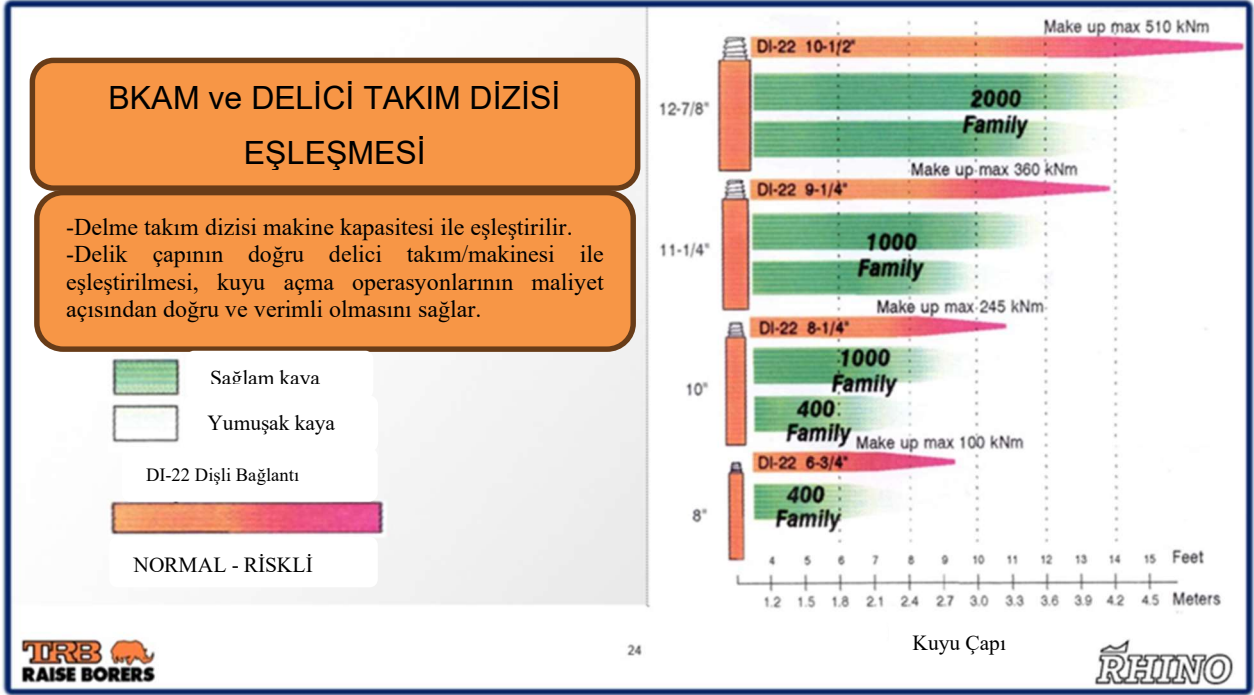
Şekil 5- 3:Tarama kazısı sırasında uygulanan kuvvet [6]

Bunun dışında açılacak kuyu çapının artması ve kuyu derinliğinin uzaması durumlarında daha büyük yüklerin söz konusu olacağı muhakkaktır. Artan yükler makine kapasitesinin daha üst kategoride olmasını gerektirmektedir. Öte yandan çapın ve derinliğin artması delici takım dizisindeki boru çaplarının büyümesine neden olmakta buna bağlı olarak artan boru çapı ile sistem üzerine binen yüklerin de artması sonucunu getirmektedir. Aşağıdaki şekilde kayanın dayanımı ve kuyu çapına göre BKAM kapasiteleri ile ilişkilendirilmiş boru tercihi aşağıda bu durum görülebilmektedir.

Makine ile ilgili parametreler mekanik parametreler aşağıdaki başlıklar halinde sıralanabilir;

- Makinenin boyutu
- Makinenin ağırlığı
- Güç talebi
- Tricone uç ve tarayıcı kafa tipi /çapı
- Koparma ve tarama torku
- İtme kapasitesi
- Dönme hızı





Şekil 5- 4: BKAM kapasiteleri ile boru çapı eşleşmesi-TRB Sandvik [6]

Belirli bir kaya formasyonu için en yüksek dönüş hızının ve doğru matkap ucu yükünün seçilmesi, ideal delme hızına ulaşmayı ve matkap ucu kullanım ömrünün uzun olmasını sağlar. Ayrıca şunu da belirtmek gerekir ki;

Geniş sıra açıklıklı kesicilerin kırılğan veya yumuşak kayalarda tarama için uygun olduğu ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak, dar aralıklı kesiciler, itme kuvvetlerinin tam olarak kullanılmadığı çok sert ve sert kaya koşullarında tarama için uygundur.

## 5.2. Jeolojik / Jeoteknik Parametreler

Başyukarı kuyu açma makinelerinin kullanımı değerlendirilmeden önce yeterli ölçüde jeolojik/jeoteknik araştırma yapılması hem kullanılacak olan başyukarı kuyu açma makinesi seçimi hem de kuyu açılması öncesinde ve sırasında risk değerlendirmesi ve de iş planı, sarf tahmini gibi yapılmasına imkân sağlar. Bu inceleme, kaya kütleli özellikleri ve sağlam kayaların fiziksel mekanik özellikleri hakkında aşağıda listelenen bilgileri kapsamalıdır. [20]

- Kaya Kalitesi Tanımlaması (RQD)
- Ana fay zonlarının, kırıklı zeminin, katmanlı zeminin tanımlanması
- Metan gazı içeriğinin belirlenmesi
- Hidrojeoloji (yeraltı suyu, su içeriği, su girişi)
- Karstik boşluk varsa tanımlanması

- Mukavemet (tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, elastisite modülü, kohezyon, vb.)
- Delinmiş / kazılmış zeminin aşındırıcılığı
- Mineralojik ve petrografik özellikler
- Kesilebilirlik özellikleri

Başyukarı kuyu açma sistemi, sağlam kayalar için uygun bir yöntem olmakla birlikte zayıf kaya veya zemin koşullarında, sağlamlaştırma yapılması şartıyla da kullanılabilirdiği durumlar olabilmektedir. Jeolojik süreksizliklerin hâkim olduğu bir formasyonda bu yöntemle kuyu açmak bazı riskleri de beraberinde getirir. Kuyu hattı boyunca fay zonlarının ve kırıklı zeminin belirlenmesi, başarılı bir kuyu kazısı için temel gerekliliktir. Bu riskleri önceden tanımlamak ve olası önlemlere hazırlıklı olmak, yapılacak işin doğru planlaması için gereklidir.

Formasyon kaynaklı aşındırıcılık, sertlik, kaya dayanımı özellikleri seçilecek başyukarı kuyu açma Makinesinin kapasitesinde belirleyicidir. Açılacak kuyu hattının dışından 1 m kadar mesafede yapılacak karotlu bir araştırma delgisi yapılması ve bu sondaj logu ile her birimi temsil eden karotlar üzerinden bir dizi laboratuvar testi yapılması sağlıklı bir seçim ve planlama için gereklidir. Laboratuvar test programı tek eksenli basınç ve dolaylı çekme dayanımı, kesme testleri, zeminin aşındırıcılığı (Cerchar aşındırıcılık indeksi ile) ve petrografik analizi içermelidir. Kullanılacak kesici ömrü, kaya örneklerinin belirlenen aşındırıcılık değerinin bir fonksiyonudur. Petrografik ince kesit, mineral bileşenleri ve başyukarı kuyu açma makinesinin penetrasyon hızına etki edecek sert minerallerin yüzdesi hakkında bazı önemli bilgiler verir.

Bu bilgiler ışığında projeye uygun başyukarı kuyu açma makinesi seçilebilir ve/veya mevcut makine ile o işin yapılıp yapılamayacağı ya da hangi verimlilikle yapılabileceği hakkında bir yaklaşımda bulunulabilir.

### **5.2.1. Bkam ile Açılacak Olan Bir Kuyunun Duraylılık Stabilite Değerlendirmesi**

Başyukarı kuyu açmadan önce, kuyunun duraylılık riskini anlamak için detaylı bir sondaj stabilite değerlendirme yapılmalıdır ve burada yüzey haritaları veya araştırma sondajından elde edilen karot logu kullanılır. Aşağıdaki şekilde iş akışı ile değerlendirme yapılması tavsiye edilir: [21]

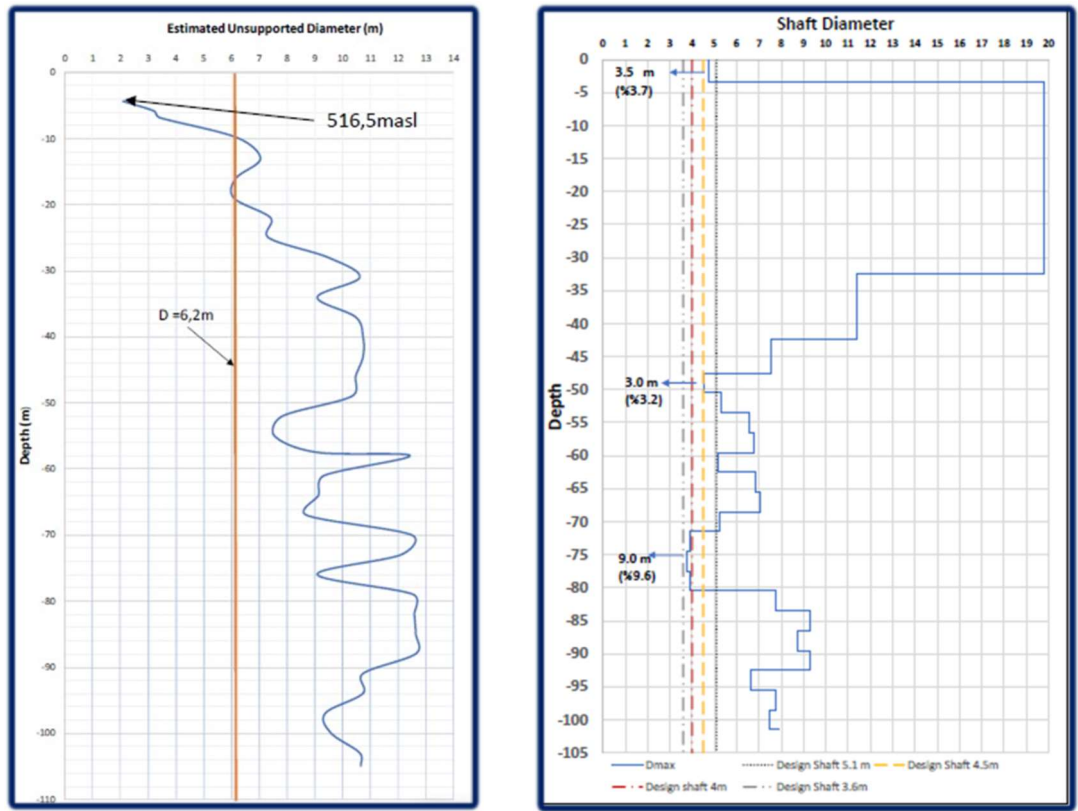
1. Kuyunun konumu, ana gerilme yönüne göre yönelimi, şekli, amaçlanan tasarım ömrü, kuyu çevresinde daha önceden var olan veya yapılması planlanan kazılara göreceli mesafeleri ve ana jeolojik özelliklere göreceli mesafe gibi başyukarı kuyunun fiziksel özelliklerinin tanımlanması yapılır.

2. Başyukarı kuyunun uzunluğu boyunca asal gerilme büyüklüğü ve yönelimi tanımlanmalıdır.

3. Faylar, yataklanma, dayklar ve litolojik kontaklar gibi jeolojik özelliklerin davranışları ve özellikleri tanımlanmalıdır.

4. Tünel Kalite Endeksi Q'ya (Barton vd. 1974; Grimstad ve Barton 1993; McCracken ve Stacey 1989; Penney vd. 2018) dayalı olarak başyukarı kuyu hattının tamamı için kaya kütlesi sınıflandırması ve karakterizasyonu gerçekleştirilmelidir.

5. McCracken & Stacey (1989) uyarınca yapılacak olan kuyunun kaya kütlesi desteği olmadan ayakta durma süresi tahmin edilmelidir. Aşağıda iki ayrı proje için başyukarı kuyusunun proje çapına göre destekleme olmaksızın ayakta kalabileceği açıklıkların gösterimleri bulunmaktadır.



Şekil 5- 5: Kuyunun çaplara göre tahkimatsız duraylılık gösterimleri [22]

6. Brummer'a (1998) dayanarak, başyukarı kuyunun amaçlanan tasarım ömrü boyunca etkin duraysızlık türünün, hem başyukarı kuyu kazısı sırasında kısa vadeli duraylılığın hem de kuyu kazısı tamamlandıktan sonra uzun vadeli duraylılığın, tahmini gerilme koşullarına ve beklenen kaya kütlesi mukavemetine dayalı olarak bir ön değerlendirmesi yapılmalıdır.

7. Hasar derinliğini tahmin etmek için başyukarı kuyunun kırılma-hasar değerlendirmesi yapılmalıdır (Kaiser 2016, 2019).

8. Değerlendirme sonuçlarının Penney ve arkadaşlarının (2018) veri tabanı, saha deneyimi ve gözlemleri ile karşılaştırılması yapılmalıdır.

9. Planlanan başyukarı kuyusunun kaplamasız bir cevher nakil hattı olarak kullanılması amaçlanıyorsa, amaçlanan cevher nakil hattı ömrü Hadjigeorgiou & Mercier-Langevin (2018) uyarınca tahmin edilebilir.

10. Planlanan başyukarı kuyu göçüğün sınırı içinde yer alıyorsa ve farklı gerilme aşamalarından geçmesi bekleniyorsa, sayısal değerlendirme gereklidir.

McCracken & Stacey (1989) tarafından oluşturulan uygulama yöntemlerine dayalı olan jeoteknik stabilite ve risk değerlendirme yöntemi uzun bir süredir BKAM ile açılan kuyularının jeoteknik duraylılık sorunlarını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu metodoloji ekseriyetle başarıyla uygulanmaktadır. Bu değerlendirme açılan kuyuların zamana bağlı olarak ayakta kalma süreleri ve var olan kaya koşullarında en ideal çapın belirlenmesine imkân tanır. Projeye bağlı olarak çap değişikliği yapılamıyorsa kuyu içinde ilave desteklemeye ihtiyaç duyulan bölgelerin önceden belirlenmesi için kılavuzluk eder. [23]

BKAM ile yapılan kuyu kazı işlemi sırasında kuyunun yan duvarları desteklenemez ve tarama sırasında önemli duraysız bir durum olması halinde bununla başa çıkmak için sınırlı imkanlar vardır.

Başyukarı kuyu açımına başlamadan önce potansiyel olarak sorunlu bölgelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi, inşaatla ilgili uygun risk temelli kararların alınmasına veya alternatif çözümlerin araştırılmasına olanak sağlayabilir. Belirlenen zayıf bir bölgede kuyu açılması söz konusu ise olumsuz senaryonun olmasını beklemek yerine, kontrol edilebilir değişkenleri kullanarak kuyunun duraylılığını arttıracak şekilde bir çözümün uygulanması için çaba harcanır.

McCracken ve Stacey'e (1989) dayanan sondaj stabilite değerlendirmesinin ilk adımı kaya kütlesi derecesinin belirlenmesidir. Jeoteknik sondaj verileri ve kaya kütlesi parametreleri, karotların jeoteknik kayıtlarından elde edilir. Kaya kütlesi derecesini belirlemek için kaya kalitesi sınıflandırma yöntemi (Q) kullanılır. Bu yöntemde, kaya kalitesini tanımlamak için kaya kütlelerinin altı özelliği aşağıdaki gibi dikkate alınır. (Barton vd. 1974):

- Kaya kalite tanımı (RQD),
- Eklem set sayısı ( $J_n$ ),
- Eklem pürüzlülük sayısı ( $J_r$ ),
- Eklem alterasyon sayısı ( $J_a$ ),
- Eklem su azaltma faktörü ( $J_w$ )
- Gerilme azaltma faktörü (SRF).

Daha sonra Q değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$Q = (RQD / J_n) * (J_r / J_a) * (J_w / SRF) \dots\dots\dots (5.3)$$

Bu hesaplama dayanarak, tahmini Q değerleri belirlenir.

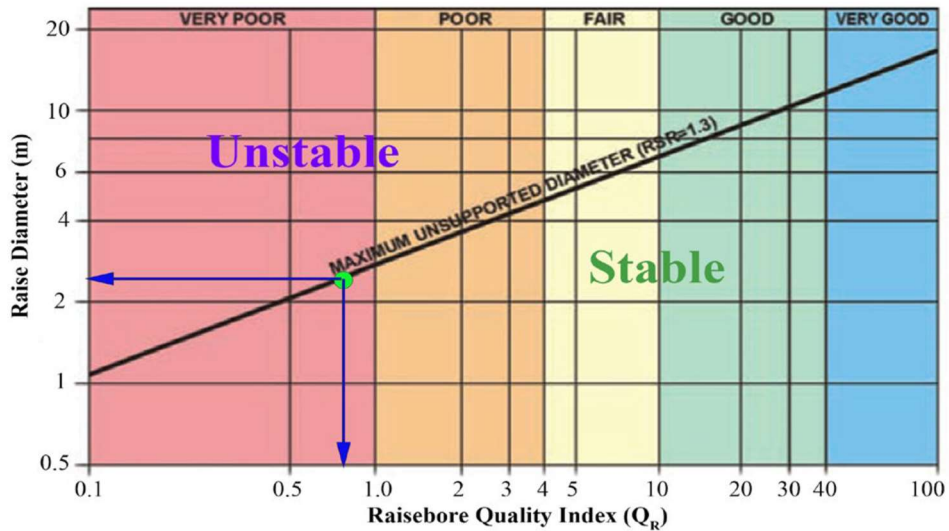
Başyukarı kuyu endeksi (Raisebore Quality Index) (QR) aşağıdaki üç ayarlama kriteri dikkate alınarak belirlenir (McCracken ve Stacey 1989):

- **Duvar ayarı:** Başyukarı kuyuda yan duvar duyarlılığı esas alınan parametredir.
- **Oryantasyon (yüzey ve duvar) ayarı:** Bu ayarlama, belirgin süreksizliklerle ilişkili olarak başyukarı kuyusu ekseninin oryantasyonunu dikkate alır. Dik eğimli süreksizlikler (> 60°) kuyu yan duvarlarının stabilitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.
- **Ayrışma ayarı:** Başyukarı kuyusunun uzun vadeli duraylılığını etkileyen kaya kütlelerinin ayrışma potansiyeli vardır. Majör süreksizlikler ve oksidasyona bağlı bozuşma dikkate alınır.

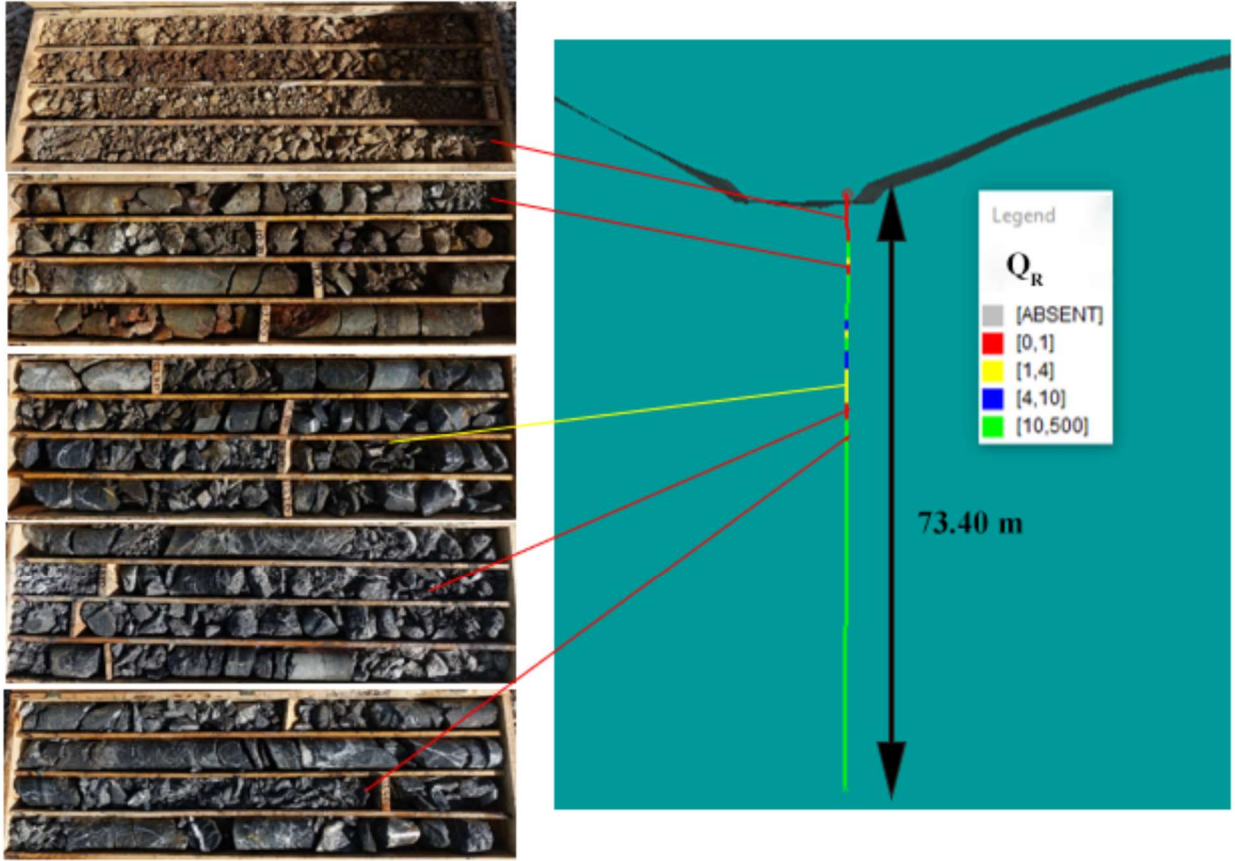
Ayarlamalar ve karşılık gelen oranlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. QR derecelendirmesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$QR = Q (\text{yan duvar}) * A (\text{oryantasyon}) * A (\text{bozuşma}) \dots\dots\dots (5.4)$$

Aşağıdaki Raisebore kalite indeksi kullanılarak kazılan kuyunun çapına (2,44 m) göre minimum kaya kalitesi 0,75'e eşit veya daha büyük olması beklenir.

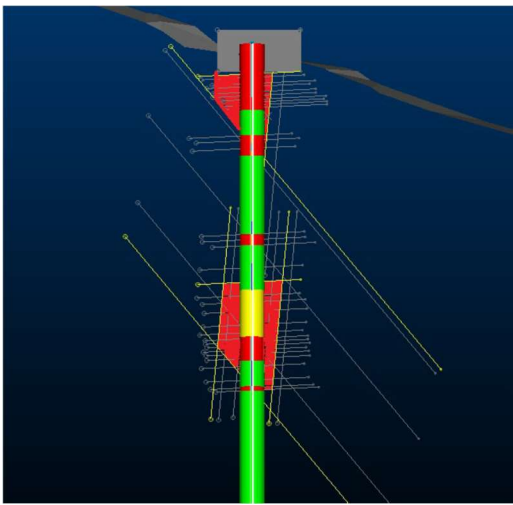


Şekil 5- 6:2,44 m çaplı kuyu için kritik raisebore kalite indeksi (McCracken ve Stacey 1989; Peck 2006)

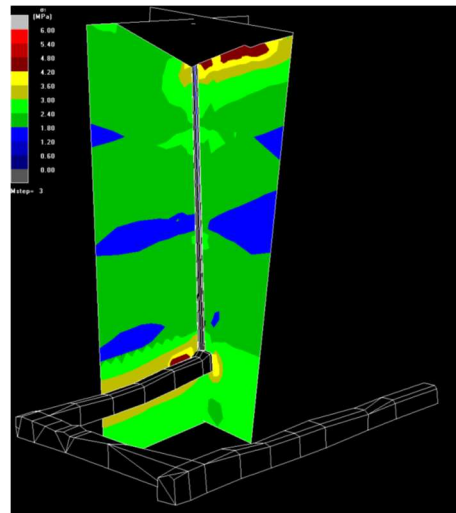


Şekil 5- 7: Kuyu için Raisebore kalite endeksi (QR) profili [23]

QR değerlendirmesi, başyukarı kuyusunu temsil eden sondajdan elde edilen jeoteknik bilgiler baz alınarak yapılmalıdır. Uzun vadeli stabilite değerlendirmeleri için raisebore kalite indeksinin yanı sıra başka parametreler de dikkate alınmalıdır.



Şekil 5- 8:Başyukarı kuyuda tahmini yenilme bölgeleri



Şekil 5- 9:Başyukarı kuyu boyunca ana asal gerilmeler

### 5.3. Operasyonel Parametreler

Başyukarı kuyu açma makinelerinin seçimini ve performansını etkileyen operasyonel parametrelerdeki ana öğeler genel olarak şu şekilde sıralanabilir: [23]

- Saha hazırlığı
- Kuyu çapı ve derinliği
- Kuyu eğimi (45°-90°)
- Tarama sistemi
- Yardımcı tesisler (elektrik, su, hava)
- Uygulanan tork, çekme / itme kuvveti, penetrasyon oranı
- İşgücü mevcudiyeti ve kalitesi

Jeolojik koşullar nasıl ki değiştirilemeyen bir parametre ise, kuyu yapılacak olan sahanın hazırlığı da tam tersi istenildiği gibi önceden düzenlenebilen bir iş aşamasıdır. Doğru bir saha planlaması ile daha baştan kurulum hatasından kaynaklı sapma yaşanmayabilir. Makinenin çalışabilmesi için gerekli enerji, su, haberleşme, ışıklandırma, yüklemeler, boşaltmalar ve taşımaların eksiksiz olarak temin edilmesi performansı arttırıcı unsurlardır.

Saha planlayıcıları tarafından başyukarı kuyu açma işi için en iyi yerleşimi seçmek için işin yer altı ve yer üstünde yapılması durumlarına ve makine boyutlarına göre uygun planlamalar yapmalıdırlar.

Kuyu çapı ve eğimi, başyukarı açılacak kuyu operasyonunda önemli konulardır. Dikey kuyuların kazısı ve duraylılığı eğimli kuyulara göre daha kolaydır.

Kuyu çapı ve derinliği arttıkça kesit alanı ve kuyu menzili artacağı için kullanılacak olan delici dizi içeriği, sarflar, ağırlıklar ve makine kapasitesi değişkenlik gösterecektir. Tarayıcı kafa çapı, jeolojik formasyon ve kuyu eğimi, makinenin işi verimli olarak yapabilmesi için tork gereksinimlerini etkileyen önemli faktörlerdendir. Kuyu çapının artması, delgi dizisi ve tarayıcı kafa üzerinde daha fazla tork yüküne neden olur. Dolaylı olarak, çapın artmasıyla birlikte kuyu duvarlarının ve kuyu aynasının duraylılığını kaybetme riski yükselir. Kılavuz delgi aşamasındaki kuyu sapması, tarama aşamasındaki performansa ve penetrasyon hızına doğrudan etki eder.

Tarama aşamasında yüzeye tüm kesiciler tam olarak gömülünceye kadar dönüş hızı düşük tutulur. Yine aynı şekilde taramanın son metrelerine gelindiğinde kuyu içinde kopmalar olabileceği için düşük rpm ile dönüş hızı tercih edilir. Delici dizisinin başyukarı kuyu açma makinesine bağlantılarında üreticilerin tavsiye ettiği torklara riayet edilmelidir.

Sandvik Rhino 1088DC başyukarı kuyu açma makinesi için bağlantı torkları aşağıdaki gibidir.



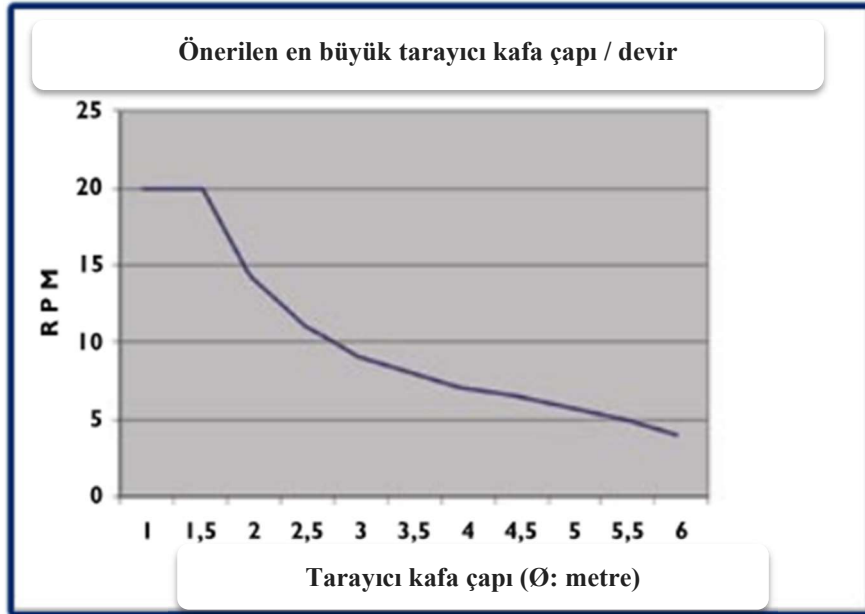
Tricone kılavuz matkap ucu: 20kN

Ara bağlantı borusu: 15kN

Kılavuz delgi sırasında tüm boruların birbirine bağlantısı: 150 kN

Kılavuz delgi sonrası matkap ucunun çıkarılıp yerine tarayıcı kafanın takılması sırasında 180kN

İle tüm takım torklanır ve tarama aşamasına o şekilde devam edilir. Delici dizisi içindeki bir borunun bile düşük bir torkla sisteme bağlanması durumunda kuyu açma sırasında ters yönde manevralar yapılması söz konusu olursa takımın çözülmesi ve tarayıcı kafa ile aşağı düşmesi riski gerçekleşebilir. Takımın geri sökülmesi aşamasında delgi ve tarama sırasında sıkışmalar olduğu için 300kN a kadar tork uygulanması söz konusudur. Genel olarak makine boyutlarına bağlı olarak kılavuz delgi ve tarama aşamalarında farklı dönüş hızları tercih edilir. Kılavuz delgide 0-40 rpm seviyelerine ulaşılırken tarama aşamasında 0-12 rpm seviyesinde dönüş hızları kullanılır. Aşağıdaki şekilde tarama aşamasında tarayıcı kafa ile devir hızı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmektedir. Çap büyüdükçe tavsiye edilen devir hızı düşmektedir.



Şekil 5- 10: Tarayıcı kafa çapı devir hızı ilişkisi-Sandvik [9]

Başyukarı kuyu açma işi makine ağırlıklı bir operasyon olduğu için kullanıcı operatörün, deneyimli olması, zeminde ilerlemeler olurken göstergeleri ve makine hareketlerini sesleri takip etmesi önemlidir. Hangi durumda ne yapılması gerektiği konusunda hızlı ve doğru kararlar verilmesi gerekir. Kurulumdan kuyunun tamamlanmasına ve hatta demobilizasyona kadar her aşaması ciddi bir takip gerektiren bir işi ehil kişilerin yönetmesi, pek çok riskin başlamadan bertaraf edilmesine ve risk varsa da üstesinden gelinmesi açısından önemlidir.



#### **5.4. Başıukarı Kuyu Açma Makinesi ile Çalışma Öncesi Yapılabilecek Ön Güçlendirme Çalışmaları**

Bu bölümde açıklanmaya çalışıldığı üzere değişik faktörler makine seçimine etki etmektedir. Ancak değiştirilemeyen sahaya ait jeoteknik riskler ihmal edilmeyecek derecede önem taşır.

Kuyu açma aşamasından önce mevcut koşulların iyileştirilmesi için bazı çalışmalar yapılabilir.

Bu amaçla enjeksiyon uygulamaları ile kısıtlı derinlik için enjeksiyonlu mini kazıklar kullanılmaktadır. Aşağıda bu iki yöntem ile ilgili açıklamalar bulunmaktadır. Kısmi olarak yüzeye yakın, bozunmuş kuyu ağızlarını duraylı hale getirmek amaçlı olarak nadiren de olsa jet grout, diyafram duvar, zemin dondurma uygulamaları kullanılabilir. [24]

##### **5.4.1. Enjeksiyon (Harç) Uygulaması**

Yüzeyde bulunan nebati ve örtü kütlesi ve kuyu duraylılığı açısından en sorunlu alanlardır. Sürekli yüzey suyu akışları olması ve kaya katmanlarının aşınmaya ve bozunmaya uğraması, bu konumda bol miktarda kırılma ve ayrışmaya neden olur.

Aşağıda sıralanan bazı özelliklerin özellikle kuyu stabilitesini tehdit ettiği kabul edilebilir;

- Kötü derecelendirilmiş malzemelerle doldurulmuş eklemler,
- Kil oyukları ve eklemlerdeki diğer yumuşak veya çözünebilir malzemeler,
- Açık eklemler,
- Pürüzsüz, kaygan eklemler,
- Yüksek su basınçları
- Yüksek artık gerilmeler (residual stress)

Eklem düzlemlerinin kuyu duraylılığını tehdit ettiği ve kuyuya su akışının sorun olduğu alanlarda kuyular basınçlı enjeksiyon ile iyileştirilebilir. Kuyu hacmini içine alan ve mümkünse kuyunun çevresinden en az 1 m uzaklıkta oluşturulacak bir halka içine kadar sirayet edecek düzende bir enjeksiyon yapılması planlanabilir. Enjeksiyon işlemi yüzeyden, sorunlu olan bölgede döner darbeli matkaplar kullanılarak yapılan sondajlar yardımıyla yapılabilir. Sağlamlaştırılması hedeflenen birimlere kademeli olarak paker bağlanarak yüksek basınç uygulanarak enjeksiyon yapılabilir.

Bu enjeksiyonun amacı şudur:

- Geçirgenliği azaltır ve böylece kuyu içine olası su akışını durdurur
- Eklem düzlemlerindeki normal gerilmeyi artırarak kayma mukavemetini artırır.

- Yumuşak malzemeleri değiştirerek ve kaya yüzeyi ile kimyasal bir bağ oluşturarak eklem yüzeylerindeki kohezyonu artırır.

Enjeksiyon uygulamalarının hepsi başarıya ulaşmış olmamakla birlikte var olan yapıyı güçlendirme etkisi yadsınmamaktadır. Asıl amacın kuyu hattında enjeksiyon uygulamasının başyukarı kuyu açma makinesini çalışabilir kılmak olmadığı bilinmelidir. Nihayetinde bu yöntemin sağlam zemin şartlarında başarılı olduğu akıldan çıkarılmamalıdır.

Enjeksiyon uygulamasının başarılı bir şekilde uygulanması başyukarı kuyu açma Makinesinin kuyu hattında çalışmasına imkân sağlayarak, hızlı ve etkili sonuç alınmasına faydası olabilir.

Öte yandan sınırlı derinliklerde etkisi vardır. Duraylılığa net katkısı olduğu konusunda kesinlik yoktur. Kırılmış ve ayrılmış kaya, dolgunsuz veya açık eklemler gibi düşük orta yer altı suyu akış hızlarına sahip alanlarda uygulanabilir bir yöntemdir. Enjeksiyon için yapılan delgilerde sapma olma olasılığı etkisini azaltır. Bunu önlemek için de yönlendirmeli delgi sistemleri kullanılabilir. Sadece su-çimento karışımı kullanılabilceği gibi, daha hassas çalışmalarda ultra ince çimento, kimyasal poliüretan katkıları tercih edilebilir. Yer altı su akışı varsa akışın azaltılması için hızlı priz aldırıcı katkıları, sıcak bitüm kullanılabilir.

#### **5.4.2. Enjeksiyonlu Mini Kazıklar**

Farklı bir enjeksiyon şekli de kuyu çevresine mini kazıklardan oluşan bir halkanın inşa edilmesidir. Bu yöntem, kırılmış ancak yumuşak olmayan kaya ile düşük, orta yer altı suyu akış hızlarına sahip alanlar için uygundur. Enjeksiyon kolonları potansiyel kesme düzlemleriyle kesişir ve donatı düzlemleri bir arada tutar. Harcın eklemlere önemli bir derinliğe kadar nüfuz etmesi amaçlanmamaktadır; bu nedenle deliğin dibine dökülmesi tavsiye edilmektedir. Donatı yerine fiberglas da kullanılabilir. Kısıtlı derinliklerde uygulama imkânı olabilir. Sade kuyu ağzını konsolide eden bir yöntemdir.

#### **5.5. Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Kapasite Hesaplamaları**

Projelerin karakteristik özelliklerine göre başyukarı kuyu açma makinesinin yapılacak iş için yeterliliğini aşağıdaki örneklerle hesaplamak mümkündür. Saha jeolojisinin iyi tanımlanması ve kullanılacak makine aksesuarlarının (delici matkap uç, tarayıcı kafa, kesiciler, delici takım dizisi) teknik özelliklerinin bilinmesi halinde belirlenen çap ve derinlikte bir işin ne kadar sürede yapabileceği ve/veya yeterli olup olmadığı numerik hesaplarla ortaya konabilir. [25]

### 5.5.1. Sayısal Örnek 1: (V)-Tipi Disk Kesicilerin Uygulanması

- i. Teorik net ilerleme oranı, kuyuyu tamamlamak için gereken gün sayısı ve makinenin tork ve gücünü hesaplayalım
- ii. Hesaplanan değerleri makine kriterleri ile kıyaslayalım

Kabuller:

- BKAM Makinesi: Robbins 73 RH
- Kuyu derinliği: 200 m
- Kuyu çapı: 2,4 m
- Kaya formasyonu: Yüksek RQD değerine sahip kireçtaşı
- Kaya dayanımı: Ortalama 80 MPa
- Aşındırıcılık: Orta seviye
- Kesici tipi: 30 cm çapında V tipi disk
- Kesici taşıma kapasitesi: 180 kN (%75 performans, 135 kN)
- Vardiya süresi: 8 saat
- Çalışılan vardiya sayısı: 2
- Makine özellikleri aşağıda verilmiştir.
  - Makinenin kullanım süresi %50
  - Devir hızı – Tarama: 0-16 rpm
  - Devir hızı – Pilot delgi: 0-50 rpm
  - Maksimum çalışma torku: 7,5 rpm`de iken 225 kNm
  - Tarama itme kuvveti: 4,159 kN
  - Tarama çapı: 2,44 m
  - Nominal Kuyu Uzunluğu: 550 m
  - Kurulu güç: 305 kW
  - BKAM ağırlığı: 11,500 kg
  - Tarayıcı kafa ağırlığı: 8,000 kg
  - Delici takımın boru ağırlığı: 290 kg/m

### 5.5.1.1. Kesici Kafanın Bir Devri veya Disk Kesicinin Bir Devri İçin Penetrasyonun Hesaplanması

$$F_N = 4 \cdot \sigma_c \cdot \tan \frac{\varphi}{2} \sqrt{Dp^3 - p^4} \dots\dots\dots (5.5)$$

Bu denklemde FN: 13.500 kgf (bir disk kesicinin taşıma kapasitesinin %75'i),

$\sigma_c$ : 800 kgf/cm<sup>2</sup>,

$\varphi$ : 90° disk kenar açısı ve

D :30 cm disk çapıdır.

Penetrasyon (p) yaklaşık 0,85 cm/dev olarak hesaplanır veya 0,9 cm/devir

### 5.5.1.2. Teorik Net İlerleme Oranının Hesaplanması

Ortalama dönme hızı 7 rpm olarak alınır ve saat başına net ilerleme oranı aşağıda verilmekte olan şekilde hesaplanır.

Net ilerleme oranı = penetrasyon (cm/dev) \* dönüş hızı (devir/saat)

Net ilerleme oranı = 0,9 \* 7 \* 60 cm/saat

Net ilerleme oranı = 3,78 m/s

Günlük teorik ortalama ilerleme hızı = 3,78 (m/saat) \*16 (saat/gün) \* 0,5 (makine kullanım süresi) veya 30,2 m/gün olarak hesaplanmıştır

Tarama için geçen gün sayısı 200 m (kuyu uzunluğu) /gün başına 33,6 m = 6,6 gündür.

Ancak, Kuyunun bitirilme süresini hesaplamak için aşağıdaki öğeler dikkate alınmalıdır:

Makinenin taşınması ve hazırlanması = 4 gün

Pilot deliğin açılması = 7 gün

Tarayıcı kafanın sabitlenmesi = 1 gün

Farklı nedenlerle gecikmeler = 2 gün

Makinenin sökülmesi = 2 gün

Kuyunun bitirilmesi için toplam süre = 23 gün

### 5.5.1.3. Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Kapasite Yeterliliğinin Kontrol Edilmesi

Kesici kafadaki disk kesicilerin sayısı, tarayıcı kafası yarıçapının kesici aralığına bölünmesiyle hesaplanabilir. Kesici aralığı genellikle 8,5 cm'dir ve disk kesici sayısı  $(240/2) / 8,5$  veya 14 kesici olarak hesaplanır.

Tarayıcı itme kuvveti = Önceden belirlenmiş bir penetrasyon için disk kesicilerin toplam itme kuvveti + sondaj dizisinin maksimum ağırlığı tarama kesici kafasının ağırlığı

$$\text{Tarayıcı itme kuvveti} = 14 * 13.500 \text{ kgf} + 290 \text{ (kgf/m)} * 200 \text{ m} + 8000 \text{ kgf}$$

$$\text{Tarayıcı itme gücü} = 255.000 \text{ kgf}$$

Hesaplanan tarayıcı itme gücü 2550 kN; bu değer daha sonra monte edilen tarama itme gücünden daha düşüktür, bu nedenle makine itme gücü sınırlı değildir.

### 5.5.1.4. Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Torku ve Gücünün Kontrol Edilmesi

Başyukarı kuyu açma Makinesinin torku, Home (1978) tarafından verilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$\text{Tork} = 0,66 \cdot r \cdot \text{kesici sayısı} \cdot f \cdot \text{disk itme kuvveti} \dots\dots\dots (5.6)$$

Burada r tarayıcı kafanın yarıçapı ve f yuvarlanma kuvvetinin itme kuvvetine oranıdır.

Disk kesiciler için  $f = 0,15$  ve düğme veya saman meyvesi kesiciler için  $f = 0,08$ 'dir.

$$\text{Makinenin teorik torku} = 0,66 * 1,2 \text{ m} * 14 * 0,15 * 135 \text{ kN}$$

$$\text{Makinenin teorik torku} = 224,5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Hesaplanan tork, kurulu tork değerinden daha küçüktür, bu nedenle makine tork sınırlı değildir.

### 5.5.1.5. Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin Gücünün Kontrol Edilmesi

Makinenin gücü aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$\text{Güç} = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T / \eta \text{ (12.3)} \dots\dots\dots (5.7)$$

Burada N makinenin dönme hızı, T makinenin torku ve  $\eta$  verimliliğidir.

$$\text{Güç} = 2 * \pi * (7/60) * 224,5/0,7 \text{ Güç} = 235,1 \text{ kW}$$

Hesaplanan güç değeri kurulu değerden daha azdır, bu nedenle makine güç sınırlı değildir.

### 5.5.2. Sayısal Örnek 2: (CSS) Disk Kesicilerin Uygulanması

İlk örnekteki kriterlerden aşağıdakileri değiştirmemiz durumunda aynı çalışmayı yapacak olursak;

- Kaya formasyonu: Yüksek RQD değerine sahip kireçtaşı
- Basınç dayanımı: Ortalama 120 MPa
- Çekme dayanımı: 8 MPa
- Aşındırıcılık: Yüksek seviye
- Kesici tipi: 432 mm çapında CCS tipi disk
- Kesici taşıma kapasitesi: 220kN (%75 performans, 165 kN)
- Takım genişliği 15,9 mm

#### 5.5.2.1. Ccs Disk Kesiciler İçin, Kesici Kafanın Devri veya Disk Kesicinin Devri

Penetrasyon denklemi kullanılarak

Penetrasyon (p) yaklaşık 0,7 cm/dev olarak hesaplanır.

$$\varphi = (\cos)^{-1} \left( \frac{R-p}{R} \right) \dots\dots\dots (5.8)$$

$$P_{o=C} = \sqrt[3]{\frac{s}{\varphi \sqrt{RT}} \cdot \sigma_c^2 \cdot \sigma_T} \dots\dots\dots \text{bu eşitlikte } \varphi \text{ radyandır} \dots\dots\dots (5.9)$$

$$F_t = \frac{P_o \cdot \varphi \cdot R \cdot T}{1 + \varphi} \dots\dots\dots \text{bu eşitlikte } \varphi \text{ radyandır} \dots\dots\dots (5.10)$$

$$F_N = F_t \cdot \cos(\varphi / 2) \dots\dots\dots \text{bu eşitlikte } \varphi \text{ derecedir} \dots\dots\dots (5.11)$$

$$F_R = F_t \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \dots\dots\dots \text{bu eşitlikte } \varphi \text{ derecedir} \dots\dots\dots (5.12)$$

#### 5.5.2.2. Teorik Net İlerleme Oranının Hesaplanması

Ortalama dönme hızı 7 rpm olarak alınır ve saat başına net ilerleme oranı şu şekilde hesaplanır

- Net ilerleme hızı

= penetrasyon (cm/dev) · penetrasyon (devir/saat)

= 0,7 \* 7 \* 60 cm/saat

= 2,94 m/s

- Günlük teorik ortalama ilerleme hızı

= 2,94 (m/saat) \* 16 (saat/gün) \* 0,5 (makine kullanım süresi) veya 23,5 m/gün' dür.

- Tarama için geçen gün sayısı

= 200 m (kuyu uzunluğu) /gün başına 23,5 m = 8,5 gündür.

Yukarıdaki sayısal örnek 1'de açıklandığı gibi yardımcı iş adımları için 16 gün gereklidir, bu nedenle işi tamamlamak için 25 gün gereklidir.

### 5.5.2.3. Başyukarı Kuyu Açma Makinesinin İtme Gücünün Kontrolü

Kesici kafadaki disk kesicilerin sayısı, tarama kafası yarıçapının kesici aralığına bölünmesiyle hesaplanabilir.

Kesici aralığı genellikle 8,5 cm'dir ve disk kesicilerin sayısı  $(240/2) / 8,5$  veya

=14 kesici sayısı olarak hesaplanır.

Tarama itme kuvveti = a için disk kesicilerin toplam itme kuvveti önceden belirlenmiş penetrasyon + sondaj dizisinin maksimum ağırlığı + Tarayıcı kafasının ağırlığı

Tarama itme kuvveti =  $14 * 16.500 \text{ kgf} + 290(\text{kgf/m}) * m + 8000 \text{ kgf}$

Tarama itme kuvveti = 297.000 kgf

Hesaplanan 2970 kN tarama itme kuvveti, mevcut makinenin tarama itme kuvvetinden daha düşüktür, bu nedenle makine itme kuvveti sınırlı değildir.

### 5.5.2.4. Yükseltme Delicinin Torku ve Gücünün Kontrolü

Başyukarı kuyu açma Makinesinin torku Homes tarafından verilen aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanacaktır:

Tork =  $0,66 * r * \text{kesici sayısı} * f * \text{disk itme kuvveti} \dots\dots\dots (5.13)$

Makinenin teorik torku =  $0,66 * 1,2 \text{ m} * 14 * 0,15 * 165 \text{ kN}$

Makinenin teorik torku = 274,4 kN · m

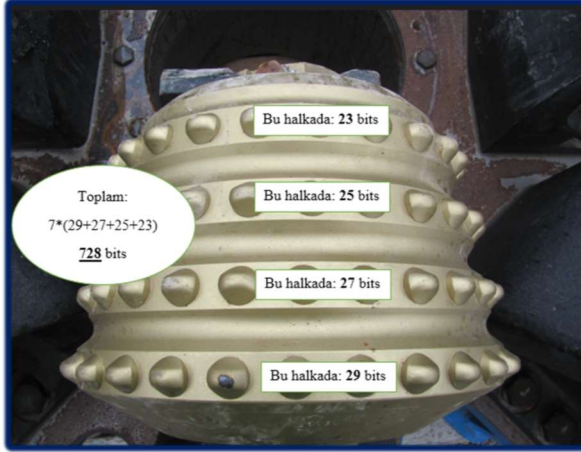
Hesaplanan tork mevcut makinenin tork değerinden büyüktür, bu nedenle makine tork sınırlıdır ve daha az penetrasyonla, yani 0,6 cm/dev ile çalışılmalıdır.

### 5.5.3. Sayısal Örnek 3: Tungsten Karbür Uç Kesicilerin Uygulanması

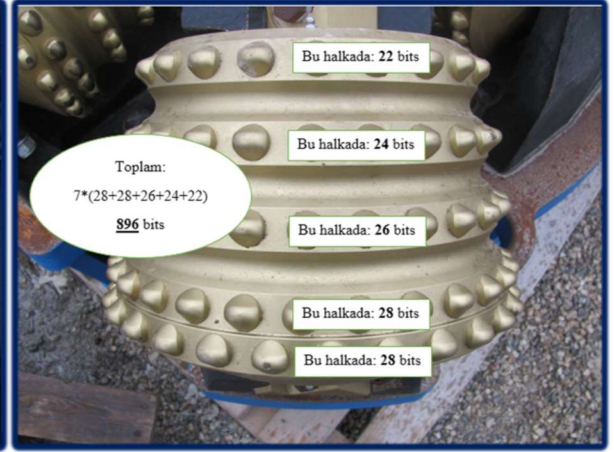
İlk örnekteki kriterlerden aşağıdakileri değiştirmemiz durumunda aynı çalışmayı yapacak olursak;

- Kaya çok aşındırıcıysa
- 250 MPa basınç dayanımına sahipse
- 2,44 m çap için bulunan kesici sayısı 14'tür.
- Dört sıra halinde bit içeren tungsten karbür butonlu sıralı kesicilerde 104 buton bulunur.
- Beş sıra halinde bit içeren tungsten karbür butonlu sıralı kesicilerde 128 buton bulunur.
- 2.44 m çaplı tarayıcı kafa üzerinde kaya dayanımına göre tercih edilmiş toplam 7 adet 4 sıralı, 7 adet de 5 sıralı tungsten kesicilerde  $728+896=1.624$  adet buton bit bulunur.
- Bir dört sıralı kesicide 104 buton bit ve kesicinin %9'unun aynı anda temas halinde olduğu tahmin edilmektedir. Makine kullanım süresi %50'dir.

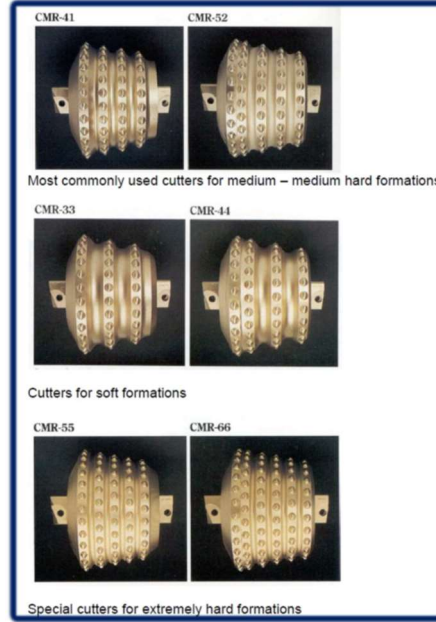




Şekil 5- 11: Dört sıralı kesici (104 button bit)



Şekil 5- 12: Beş sıralı kesici (128 button bit)



Şekil 5- 13: Kayaların sertlik ve aşındırıcılık durumuna göre kullanılması tercih edilen kesici tipleri [9]

- Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi tungsten karbür butonlu sıralı kesiciler (Strawberry cutters with tungsten carbide buttons), sık sık değiştirilmeleri gerekmediğinden daha çok sert ve aşındırıcı kayalarda kullanılır. Bu tür kesiciler, pürüzsüz bir kesme yüzeyi elde edildiğinden ve milin gereksiz astarlama işlemlerini ortadan kaldırdığından diğer kaya türlerinde de tercih edilebilir.
- Çilek tipli kesicilerin Başyukarı delme performansını tahmin etmek için indentasyon testlerinden elde edilen penetrasyon indeksi kullanılmalıdır. Kuyu ve Başyukarı kuyu açma makineleri (Bilgin 1989).

- Yukarıdaki resimlerde gösterildiği gibi kayanın sertlik ve aşındırıcılık özelliklerine göre kesici tipleri değişik tasarımlarla seçilerek kullanılabilir. Yumuşak formasyonlarda kesici karbür buton sıra sayısı azalırken sert ve aşındırıcı formasyonlarda sıra sayısı artmaktadır.

Penetrasyon indeksi ( $\alpha$ ): bir kazıcı ucun laboratuvarında hidrolik pres altında bir kaya numunesi üzerine itilmesiyle elde edilir ve yüke karşı penetrasyon eğrisinin eğimidir veya

$F/d$ ,  $F$  uygulanan yük ve  $d$  penetrasyondur.

Penetrasyon indeksi esas olarak kayaç özelliklerine ve indenter ucun geometrisine bağlıdır. Aşağıdaki tabloda verilen değerler 3 mm uç yarıçapına sahip bir indenter içindir.

### 5.5.3.1. Günlük İlerleme Hızının Tahmin Edilmesi

Kaya ile temas halinde olan toplam etkin bit sayısı ( $N$ ) şu şekilde hesaplanır

$$N = N' * 0.09 \dots\dots\dots (5.14)$$

Burada ( $N'$ ) toplam karbür kesici uç sayısıdır.

$$N = 104 * 14 * 0.09 \dots\dots\dots (N \text{ 14 kesici için hesaplanmıştır})$$

$$N = 131$$

Kaya Basınç Dayanımı (MPa)	Tane Boyutu 3 mm'den Küçükse Penetrasyon İndeksi (kgf/mm)	Tane Boyutu 3 mm'den Büyükse Penetrasyon İndeksi (kgf/mm)
30-80	1500-2000	1500-2000
80-150	2000-3000	2000-2500
150-250	3000-4000	2500-3500

Çizelge 5- 1:Farklı dayanımdaki kaya türleri için penetrasyon indeksi değerleri [25]

Toplam itme kuvveti ( $T$ ) 1 mm penetrasyon için şu şekilde hesaplanır

$$T = N * F/d \dots\dots\dots (5.15)$$

$$T = 131 * 3000 \text{ kgf/ mm veya } 300.000 \text{ kgf/ mm}$$

$$T = 3930 \text{ kN/ mm}$$

Devir başına penetrasyon şu şekilde hesaplanır

$$T_{max} = T * p \dots\dots\dots (5.16)$$

Burada  $T_{max}$  yükseltilmiş delicinin maksimum itme veya tarayıcı itme kuvveti (4159 kN) ve p kesici kafanın bir devri için penetrasyondur.

$$p = 4159/3930 \text{ veya } 1,06 \text{ mm}$$

Günlük ilerleme hızı (AR) şu şekilde hesaplanır

$$AR = \text{penetrasyon} \cdot \text{rpm} \cdot \text{günlük çalışma saati} \cdot \text{makine kullanımı} \dots\dots\dots (5.17)$$

$$AR = 1,06 * 7 * 60 * 16 * 0,5$$

$$AR = 3562 \text{ mm/sa veya } 3,56 \text{ m/sa}$$

### 5.5.3.2. Makinenin Torkunun Hesaplanması

Tork, yukarıda açıklandığı gibi Home (1978) tarafından verilen denklemden hesaplanır.

$$\text{Tork} = 0,66 * r * \text{kesici sayısı} * f * \text{disk itme kuvveti}$$

$$\text{Tork} = 0,66 * 1,2 \text{ m} * 14 * 0,08 * 220 \text{ kN veya } 195,2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Tork} = 195,2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Makine tork sınırlı değildir.

### 5.5.4. Pilot Delik İçin Hidrolik Basınç Belirleme

Aşağıdaki formülü kullanarak P1'i hesaplayın (12 1/4" Matkap Ucu): [26]

$$P1 = (W+Y+F-X) / A \dots\dots\dots (5.18)$$

Burada:

$$P1 = \text{İtme Göstergesi Basıncı THRUST (psi)}$$

$$W = \text{Kuyudaki BKAM Boru Dizisinin Ağırlığı (lbf)}$$

$$W = w \times d$$

$$w = \text{Ağırlık/ft Boru (lbf/ft)}$$

$$d = \text{Delikteki Sondaj Borusunun Derinliği-BORU (ft)}$$

$$Y = \text{Şanzıman ve diğerlerinin ağırlığı} - \text{GEARBOX (lbf)}$$

$$F = 113,100 \text{ lbf (Önceden Ayarlanmış Penetrasyon Kuvveti)- FORCE}$$

X = İstenen Uç Kuvveti (lbf)

A = 201 in<sup>2</sup> (Silindir alanı)

ÖRNEK:

X = 41,200 lbf (18,700 kgf)

Y = 18.150 lbf (8.250 kgf)

w = 200 lbf /ft (11 1/4" Std. Sondaj Borusu)

d = 100 ft (30,5 m)

W = 200 \* 100 = 20.000 lbf (9.100 kgf)

P1 = (20,000 + 18,150 + 113,100- 41,200) /201

P1 = 110,050/201 = 548 psi

İtme Basıncı, belirli bir kaya tabakasında istenen penetrasyon oranı ve Pilot Uç üreticilerinin nominal izin verilen yüklerinin sınırlamaları için hesaplanır. Genel olarak, pilot delik delme işlemi daha fazla hassasiyet için dakikada yaklaşık 2 ila 3 inç ile sınırlandırılır. Çoğu Pilot Uç üreticisi, Pilot Uçlarda inç çap başına 3.000 ila 6.000 pound kuvvet (13,34 kN – 26,68 kN) önermektedir.

### 5.5.5. Tarama İçin Hidrolik Basınç Tespiti

Aşağıdaki formülü kullanarak P2'yi hesaplanabilir: [26]

$$P2 = (W + Y + Z + L) /A \dots\dots\dots (5.19)$$

$$X = (2 * RS) /3$$

Burada;

P2 = İtme Göstergesi basıncı THRUST (psi)

$$W = w * d$$

W = Sondaj Dizisinin Ağırlığı -BORU (lbf)

w = Sondaj Borusu Ağırlık/ft (lbf/ft)

d = Delik Uzunluğu (ft)

Y = Şanzıman ve diğerlerinin ağırlığı -GEARBOX (lbf)

Z = Tarayıcı Kafa ve Sapın Ağırlığı -REAMER -STEM (lbf)

$L = X * N$  Tarayıcı Üzerinde İstenen Yük (lbf)

$X =$  Kesici Başına İstenen Yük (lbf)

$N =$  Kesici Sayısı

$A = 201 \text{ in}^2$  (Silindir Alanı – 12397  $\text{cm}^2$ )

$RS =$  Kaya Dayanımı (psi)

ÖRNEK:

$RS = 17.400 \text{ psi}$  (120 MPa)

$X = (2 * 17.400) / 3$

$X =$  Kesici başına düşecek yük 11.600 lbf ( $\rightarrow 5.262 \text{ kgf} \rightarrow 52 \text{ kN}$ )

$N = 18$  kesici sayısı (3,2 m çaplı tarayıcı)

$L = X * N = 11.600 * 18 = 208.800 \text{ lbf}$  (Tarayıcı üzerine binen yük  $\rightarrow 94.710 \text{ kgf} \rightarrow 929 \text{ kN}$ )

$w = 200 \text{ lbf/ft}$  (1 m BKAM boru ağırlığı  $\rightarrow 11 \text{ 1/4" Std. boru için}$ )

$d = 2133 \text{ ft}$  (kuyu uzunluğu =650 m)

$W = w * d = 200 * 2.133 = 426.510 \text{ lbf}$  (BKAM boru ağırlığı  $\rightarrow 193.462 \text{ kgf} \rightarrow 1.897 \text{ kN}$ )

$Y = 18.150 \text{ lbf}$  (Gear box ağırlığı  $\rightarrow 8.233 \text{ kgf} \rightarrow 81 \text{ kN}$ )

$Z = 27.000 \text{ lbf}$  (Tarayıcı kafa ve stem ağırlığı  $\rightarrow 12,246 \text{ kgf} \rightarrow 120 \text{ kN}$ )

$P2 = (426.510 + 18.150 + 27.000 + 208.800) / 201 = 3.390 \text{ psi}$  (233,8 bar – 23.373  $\text{KNm}^2$ )

## 5.6. Tarama İçin Gerekli Kurulu Güç Tespiti

ÖRNEK [27]

- Kaya formasyonu: İyi kaya (Sori formasyonu içinde Şeyl ve kumtaşı)
- Kaya dayanımı: 250 MPa
- CAI (Cerchar Aşındırma İndeksi): 2.0 +/- 1.0
- Taze/az/orta/çok ayrıışmış kaya için öngörülen değerler: 2.6/2.0/1.4/0.8
- Kuyu Çapı: 3,5 m
- Kuyu Uzunluğu: 115,7 m
- Kapasite kabulü: %70 – 80= 0,7-0,8 alınabilir

- RBM Penetrasyon oranı / Nominal İtme/ Tork/ Güç ne olmalıdır?

Kesici Tipi olarak aşağıdaki kesici tipleri düşünülebilir:

V-Tipi kesici: 30 cm çapında, 90° açıda maksimum 180 kN itme kapasitesine sahiptir

CCS tipi kesici: 432 mm 220 kN itme kapasitesine sahiptir

Tungsten-karbür düğmeli çilek tipi kesiciler (sert aşındırıcı kayalar için): 265 kN

Kesici Sayısı = (D/2) /Aralık = (350/2) cm / 8,5 cm (normal) = 20-21 kesici kullanılır.

V-Tipi kesicilerle P = 0,6-0,7 cm/dev penetrasyon

CCS tipi kesicilerle 0,7-0,8 cm/dev penetrasyon

- V-Tipi ve CCS-Tipi Kesiciler

Kesici İtme Kuvveti = 4 \* Kaya Basınç Dayanımı \* Tan (Açı/2) \* Kök (D x P<sup>3</sup>-P<sup>4</sup>)

= 4 x 250 x Tan (90/2) x Kök (3,5 x 0,6<sup>3</sup>-0,6<sup>4</sup>)

= 130 kN V-Tipi ve CCS-Tipi .....0,6 cm/dev için

= 4 x 250 x Tan (90/2) x Kök (3,5 x 0,7<sup>3</sup>-0,7<sup>4</sup>)

= 161 kN V-Tipi ve CCS-Tipi .....0,7 cm/dev için

= 4 x 250 x Tan (90/2) x Kök (3,5 x 0,8<sup>3</sup>-0,8<sup>4</sup>)

= 194 kN V-Tipi CCS-Tipi .....0,8 cm/dev için

Tungsten karbür butonlu sıralı kesiciler (çilek tipi)

Tarama itme kuvveti, kaya ile temas eden uç sayısına bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

Temas halindeki uç sayısı = (Uç/kesici) \* Kesici sayısı \* 0,09 = 80\*20\*0,09 =144

Bunların penetrasyon kapasitesi, bir kaya numunesi üzerine bir uç itilerek laboratuvar testiyle elde edilebilir.

Kayadaki 250 MPa basınç dayanımı için 30-40 kN/mm Penetrasyon İndeksi (Tablo 11) beklenir.

Bu da kesici itme kuvvetine karşılık gelir:

Çilek Tipi Kesici Tarama Kapasitesi = 144 x 30-40 = 4.320-5.760 kN\*

\*Bu değer, ortalama RBM ekipmanı tarama itme gücüne kıyasla yüksek taraftadır. (%100 kapasitede)

Tarama Dönüş Hızı = 38/D = 38/3,5=10,82 devir/dakika-> 7-8 devir/dakika önerilir.

Teorik Net İlerleme Hızı = 0,6-0,8 cm/dev x 7-8 rpm x 60 m = 2,5-4,3 m/saat\*

\*Bu değerler V-Tipi ve CCS-Tipi kesiciler içindir.

Tungsten karbür butonlu sıralı kesiciler için ilerleme oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

%50 makine kullanımını ile 8+8 saatlik bir çift vardiya varsayıldığında, aşağıdaki süre beklenir:

$$\text{Tarama İşlemleri Süresi} = 115,7 \text{ m} / (2,5-4,3 \text{ m/saat} \times 8 \text{ saat}) = 3-6 \text{ gün}^*$$

\*Bu süre, 2 hafta civarında olması beklenen çalışma platformunun hazırlanması ve ekipmanın kurulması için gereken süreyi dikkate almamaktadır.

RBM ekipmanının seçimi ile ilgili olarak aşağıdaki parametreler hesaplanmalıdır:

$$\text{Tarama İtme Gücü} = \text{Kesicilerin Tarama Kapasitesi} + (\text{Delici Rodlar} + \text{Dengeleyiciler} + \text{Tarayıcı Kafa Ağırlığı})$$

Kesicilerin Tarama Kapasitesi:

i. Delici Borular:  $262 \text{ kg/m} \text{ (Toplam } 111,7\text{m)} = 29.265,4 \text{ kg}$

ii. Dengeleyiciler:  $439 \text{ kg/m} \text{ (Toplam } 4\text{m)}: 4 \times 439 = 1.756 \text{ kg}$

iii. Tarayıcı Kafa:  $14.000 \text{ kg}$

$$\text{Toplam ağırlık (i+ii+iii): } 45.021,4 \text{ kgf} = 441,51 \text{ kN} \text{ (1kN= } 101,97 \text{ kgf)}$$

$$\text{Tarama İtme Gücü} = (20 \times 194) \text{ kN} + 441,51 \text{ kN} = 4.321,51 \text{ kN}$$

V-Tipi ve CCS-Tipi kesicilerle tavsiye edilir.

$$\text{Tarama Torku} = 0,66 \times D/2 \times \text{Kesici Sayısı} \times \text{Sürtünme Faktörü} \times \text{Kesicinin Tarama Kapasitesi}$$

$$= 0,66 \times 1,75 \text{ m} \times 20 \times 0,08 \times 190 \text{ kN} = 351 \text{ kNm önerilir.}$$

$$\text{Talep Edilen Güç} = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T/\eta \rightarrow (2 \times \text{Pi} \times \text{Dönüş Hızı} \times \text{Tork/Verimlilik}^*)$$

$$2 \cdot \pi \cdot (8/60) \cdot 351/0.7$$

$$= 419 \text{ kw}$$

\* = 0,7 olduğu varsayılabilir

<b>(W + Y + Z + L) / A</b>														
<b>Performan Oranı</b>		<b>100%</b>				<b>75%</b>				<b>50%</b>		<b>25%</b>		
P2	İtme basıncı Thrust	psi	9.439,09	psi	651 bar	7.781,51	psi	537 bar	6.123,94	psi	422 bar	4.051,97	psi	279 bar
X	Kesici başına istenen yük	lbf	58.015,10	lbf	258 kN	43.511,32	lbf	194 kN	29.007,55	lbf	129 kN	10.877,83	lbf	48 kN
W	kuyu içindeki boru ağırlığı	lbf	398.525,89	lbf	1.773 kN	398.525,89	lbf	1.773 kN	398.525,89	lbf	1.773 kN	398.525,89	lbf	1.773 kN
w	borunun birim ortalama ağırlığı (std rod + stabilizer)	lbf/ft	186,84	lbf/ft	278 kg/m	186,84	lbf/ft	278 kg/m	186,84	lbf/ft	278 kg/m	186,84	lbf/ft	278 kg/m
d	Kuyu uzunluğu	ft	2.133,00	ft	650 m	2.133,00	ft	650 m	2.133,00	ft	650 m	2.133,00	ft	650 m
Y	Şanzuman-Gearbox ağırlığı	lbf	17.107,87	lbf	76 kN	17.107,87	lbf	76 kN	17.107,87	lbf	76 kN	17.107,87	lbf	76 kN
Z	Tarayıcı kafa ve stem ağırlığı	lbf	26.750,89	lbf	119 kN	26.750,89	lbf	119 kN	26.750,89	lbf	119 kN	26.750,89	lbf	119 kN
L	Tarayıcı kafa üzerine binmesi istenen yük	lbf	1.044.271,71	lbf	4.645 kN	783.203,78	lbf	3.484 kN	522.135,86	lbf	2.323 kN	195.800,95	lbf	871 kN
N	Kesici sayısı (3,2m çap - 18 kesici)	adet	18,00	adet		18,00	adet		18,00	adet		18,00	adet	
A	Silindir alanı	in <sup>2</sup>	157,50	in <sup>2</sup>		157,50	in <sup>2</sup>		157,50	in <sup>2</sup>		157,50	in <sup>2</sup>	
RS	Kaya dayanımı (120 Mpa)	psi	17.404,53	psi	120 Mpa	17.404,53	psi	120 Mpa	17.404,53	psi	120 Mpa	17.404,53	psi	120 Mpa
<b>Kapasite</b>			<b>6.613 kN</b>				<b>5.452 kN</b>				<b>4.290 kN</b>		<b>2.839 kN</b>	

Çizelge 5- 1: Kesici performans oranlarına göre makine kapasitesi tayini ve boru ağırlıkları

<b>rod</b>	272,97 kg/m	183,42	414 ad	630,3222 m	172.056,45 kg
<b>stabilizer</b>	439,63 kg/m	295,42	13 ad	19,81622 m	8.711,85 kg
				<b>650,1384 m</b>	<b>180.768,30 kg</b>

Yukarıdaki tablo 650 metre uzunluğunda 3,2 metre çapında dikey bir kuyunun Tungsten Karbürlü Kesici performansının farklı oranlarına göre ihtiyaç duyulan makine kapasitelerini belirlemek için oluşturulmuştur. Burada dikkat çekilecek olan husus, kesici performansına göre ihtiyaç duyulan kapasitenin artışı ile birlikte düşük performansta çalışan kesici ile iş yapmanın beraberinde getireceği riskleri, sarfların artması, kazı sürelerinin uzamasıdır.



## 6. BKAM İLE KUYU AÇMA SÜRECİ YÖNETİM KILAVUZU

### 6.1. Başyukarı Kuyu Açma, Yönetim Sistemleri

#### 6.1.1. Genel

Başyukarı delme için yönetim sistemleri, Madencilik mevzuatına uygun yönetmelikler ile entegre edilmeli ve güvenlik için bir risk yönetimi yaklaşımına dayanmalıdır. [28]

Bu kılavuzda tanımlanan tasarım, yönetim ve operasyonel adımların her birine ilişkin sistem ve prosedürler, yükleniciler, çalışanlar ve temsilcileriyle istişare edilerek geliştirilmelidir.

#### 6.1.2. Kayıt Tutma ve Dokümantasyon

Bir başyukarı delicinin tasarım, planlama, sözleşme geliştirme (varsa) ve işletme kayıtları tutulmalıdır. Tasarım aşamasından işletmeye almaya kadar başyukarı delme projesinin tüm aşamalarının doğru kayıtları tutulmalıdır. Dikkate alınabilecek belirli belgeler şunları içerebilir:

- Maden planlama/kuyu tasarımı, jeoteknik değerlendirme, yer altı suyu, gaz, operasyonel hizmetlerin sağlanması, saha mobilizasyonu, pilot delik delme, tij taşıma,
- Tarayıcı montajı/takma, tarayıcı yakalama, kazılan pasanın çıkarılması, kesici muayeneleri/değişimleri, tarayıcıların çıkarılması ve demobilizasyon ile ilgili belgelenmiş risk değerlendirmeleri,
- Tasarım parametreleri ve ekipman özellikleri
- Tüm yüksek riskli faaliyetler için Güvenli Çalışma Prosedürleri
- Paylaşılmış sorumlulukların kayıtları
- İlgili jeolojik haritalama, sondaj logları ve sonuçta ortaya çıkan yorumların kayıtları
- Planlanan delik konumunda veya etki alanında herhangi bir fiili su veya gaz girişi varsa kayıtları
- Mobil ekipman, Başyukarı delici, güç üniteleri ve kompresörler, sondaj dizileri, Başyukarı delici kafaları ve kesiciler, kaldırma tertibatı ve yardımcı ekipman dahil olmak üzere ekipmanın gerekli olan testlerinin yapılması ve bakımı
- Pilot delgi ve tarama raporları
- Eğitim kayıtları
- İşyeri teftişlerinin/denetimlerinin kayıtları

- Tehlike raporlama ve takip kayıtları

### **6.1.3. Eğitim**

Uygulanan yönetim sistemi, tüm çalışanların kendilerinden istenen görevleri yerine getirmek için eğitilmiş ve yetkin olmalarını sağlayan bir eğitim planı içermelidir. Eğitim, mesleğe yetkinlik katıcı, kapsayıcı ve belgelendirilmelidir.

Başyukarı kuyu açma projelerinde çalışan herkesin, kullandıkları tüm ekipmanların doğru kullanımı ve sınırlamaları konusunda bilinçlendirilmesine özellikle dikkat edilmelidir.

Eğitim ve yetkinlik değerlendirmeleri personel dosyalarına kaydedilmelidir.

### **6.1.4. İzleme, Sistem Denetimi ve Gözden Geçirme**

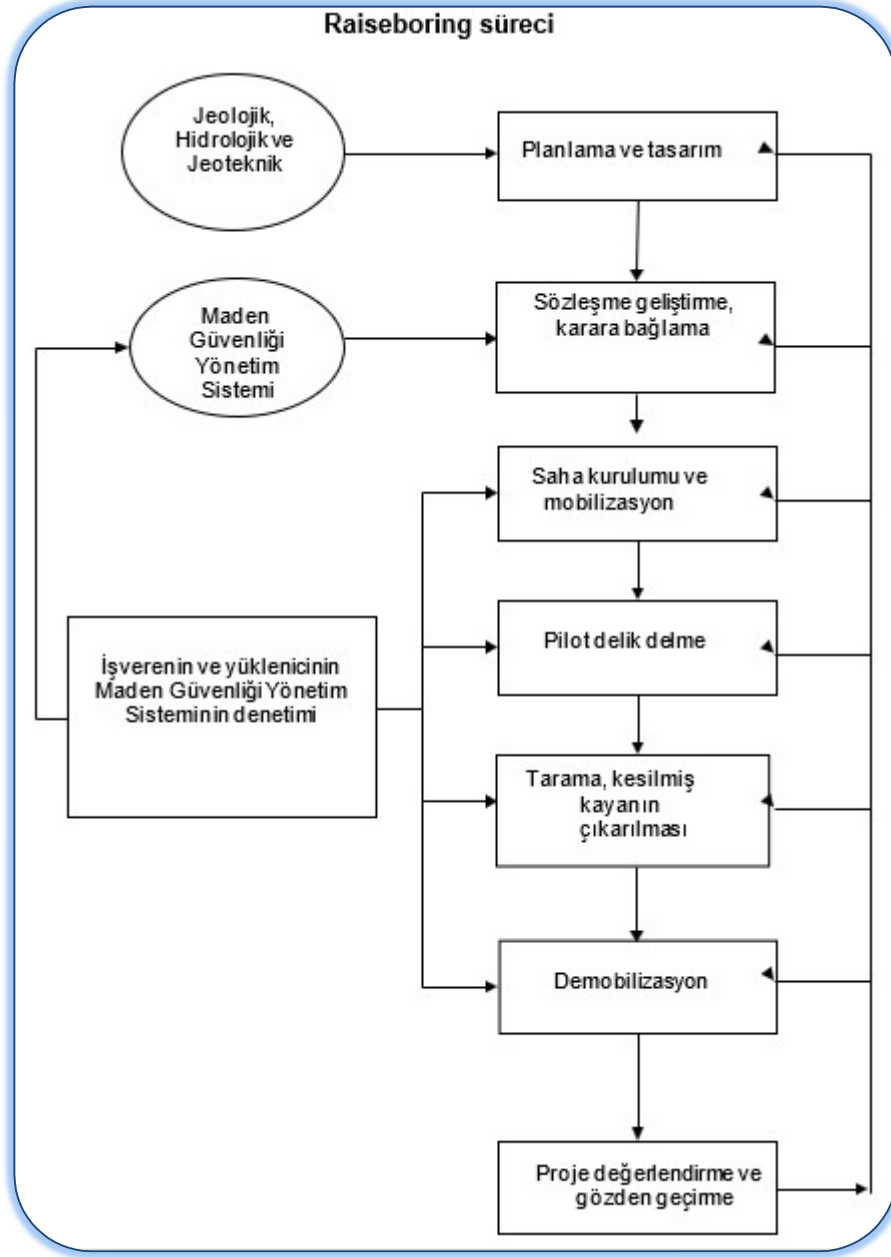
Tasarımdan işletmeye almaya kadar olan başyukarı delme işi, gerekli tüm prosedürlere ve standartlara uyulduğundan emin olmak için bir izleme ve gözden geçirme süreci içermelidir. Bu denetim ve gözden geçirme, Uygulanan yönetim sistemi kapsamındaki sürekli iyileştirme sürecinin bir parçası olmalıdır. Bu, aşağıdakilere yönelik eylemleri içermelidir:

- Kayıt tutmanın izlenmesi
- Prosedürel uygunluk denetimi
- Tehlike tanımlamasından itibaren iyileştirici eylemin uygulanmasının denetlenmesi
- Hem rutin olarak hem de özel olaylardan veya sorunlardan sonra sonuçların analiz edilmesi
- Analiz sonuçlarının gelecekteki planlama ve operasyonlara referans olması,
- Başyukarı delmenin izlenmesi ve gözden geçirilmesini sağlayarak Uygulanan Yönetim Sistemindeki gözden geçirme ve sürekli iyileştirme sürecine katkı sağlamak,

### **6.1.5. Risk Tanımlama ve Değerlendirme**

Aşağıdaki bölüm, başyukarı delme işlemiyle ilişkili önemli tehlikeleri tanımlamakta ve bunları ele almak için sektörde kullanılan bazı kontrol mekanizmalarını ana hatlarıyla açıklamaktadır.

Bu listede uygulama sahasına özgü tehlikeler de dahil olmak üzere, tanımlanması ve kontrol edilmesi gereken, sonradan tecrübe edilmiş olabilecek başka tehlikeler de olabilir.



Şekil 6- 1:Başyukarı kuyu açma süreci akış şeması [28]

## 6.2. Başyukarı Kuyu Açma Operasyon Sistemi ve Dikkat Edilecek Hususlar

### 6.2.1. Planlama ve Tasarım

Gerekli sonuçlar:

Açılacak kuyunun planlanan ömrü boyunca tasarım amacını karşılamalıdır.

İstikrarlı bir kazı elde etmek için delik konumu, kuyunun uzunluk, eğim, çap, su ve gaz oluşumları, havalandırma ve delinebilirliği ile zemin koşullarını dikkate alan bir Başyukarı kuyu tasarımı yapılmalıdır.

#### Ana riskler:

- Jeolojik, hidrolojik ve jeoteknik bilgilerin yetersiz belirlenmesi ve değerlendirilmesi sonucunda kuyu açma işleminin başarısız olması,
- Jeolojik, hidrolojik veya jeoteknik verilerin planlanan kuyu lokasyonunun bulunduğu yerden elde edilmemesi ve bu lokasyonu doğru bir şekilde temsil etmemesi,
- Planlanmamış su veya gaz girişi, zayıf zemin ve/veya destek hizmetlerinin yetersiz olması,
- Delinebilirliğin yanlış tahmin edilmesi veya kaya kütlelerinin öngörülme şekliyle bozulması nedeniyle öngörülme kesici/delici rod dizisi arızası,
- Amaca uygun olmayan ekipman. Örnek: Yanlış BKAM makinesi seçimi, makineye veya kuyu derinliğine uygun olmayan taşıma kapasitesinde rod ve stabilizerler (dengeleyiciler), tarayıcı kafa çapı/kesicilerin konumları
- Kesiciler, yüksek aşınma oranı veya gerilime neden olan olumsuz delik geometrisi (çap, uzunluk, yön ve eğim) nedeniyle hasar görebilir
- Planlanmamış proje gecikmeleri (operasyonel, teknik ve/veya sağlık ve güvenlik sorunları nedeniyle) ve bunların giderilmesi amacıyla iş programında tehlikeli iş uygulamalarına dönüşebilecek durumlar,
- Kuyunun aşağıdaki galeri ile birleşmesini takiben beklenmedik hava akışlarının neden olması sonrasında uygun olmayan havalandırma koşulları
- Mevcut çalışma sırasında plansız bir kuyu oluşması (bilinmeyen boşluk)
- Kömür madenlerinde, kuyu açıldığında maden havalandırma basıncının düşmesini takiben tahmin edilmeyen metan emisyonu oluşması. Başyukarı kuyu, katlar arasında değil de yüzeyden yer altına açılan bir havalandırma bacası ise potansiyel olarak daha yüksek risk söz konusudur.
- Tarayıcının kuyu dibinden veya kuyu başından çıkarılmasıyla ilişkili riskler

#### Ana risk faktörleri:

- Öngörülen zemin koşulları parametrelerinin belirlenmiş ve tanımlanmış olduğunu tespit etmelidir
- Jeolojik, hidrolojik ve jeoteknik parametrelerin değerlendirilmesinin yetkin bir kişi tarafından yapılmasını sağlamalıdır
- Delik tasarımının 'onaylanmasından' önce, kaya kütlelerinin koşullarının ve kaya özelliklerinin bilinmesini sağlamalıdır
- Tasarım seçenekleri izin verdiğinde, dikey olmayan, daha uzun veya daha büyük çaplı deliklerle ilişkili riskler en aza indirilmelidir

- Kuyu lokasyonunun, makine kurulumunun ve kuyunun tamamlanma pozisyonlarının tasarımı ve standardizasyonu konusunda yüklenicilere ve BKAM operatörlerine danışmalıdır
- Zayıf olduğu bilinen zeminlerde BKAM ile yapılacak kuyu tasarlamaktan kaçınım
- Yetersiz delik tasarımından kaçınılmalıdır. Kuyu delgisi sırasında delgi hattının mevcut madenin ara kat galerilerine denk gelmediğinden emin olunması veya kuyu dibindeki galerinin kesitinin tarayıcı kafa montajı için yeterli büyüklükte olmasına dikkat edilmelidir.
- Mümkün olan her proje tasarımında, tarayıcı kafanın kuyunun üst kısmından çıkarılması senaryosu için planlama yapılmalıdır. Elbette ki, kaldırma düzenlemeleri tasarlanırken tarayıcının boyutu ve ağırlığı da göz önünde bulundurulmalıdır
- BKAM odası tasarımının ekipmanı konumlandırmak için yeterli alan sağladığından ve makinenin çalışması ve bakımı için yaya erişimine izin verdiğiinden emin olunmalıdır
- Açılacak kuyu için yeter sayıda delici rod/dengeleyici depolama ve taşıma alanının proje tasarımına dahil edilmesini sağlamalıdır
- Kuyu başı ve dibinde yeterli drenajın sağlandığından emin olunmalıdır
- Kabul edilebilir sapma toleransı sözleşmede bulunmalıdır. (x,y,z koordinatlarında %1.5-2 oranında)
- Kesicilerin tipi ve tarayıcı kafadaki kesici konumları, delinebilirlik, jeolojik yapılar ve süreksizlik değerlendirmesini yansıtacak şekilde belirlemek gerekir.
- Belirlenen başlıca tehlikeler ve düzeltici kontroller için Acil eylem ve müdahale planları geliştirmelidir. (Örneğin beklenmedik delik sapması olması durumları, tarama sırasında kazı malzemesinin tam ve gerçek zamanlı hesaplanması, ani su girişi, sapma nedeniyle yeni oluşan kuyu tabanının düzeltilerek tarayıcı kafa takılabilir hale getirilmesi vs)
- Proje destek hizmetlerinin (haberleşme, yardımcı havalandırma, amaca uygun tasarlanmış bağlantı noktaları, amaca uygun tasarlanmış inşaat işleri, elektrik gücü, aydınlatma, basınçlı hava, drenaj, pompalama, kazı malzemesinin taşınması/bertarafı) yetersiz sağlanmasından kaynaklanan plan dışı olaylardan kaçınılmalıdır
- Havalandırma planlarının ve havalandırma altyapısının yeterli şekilde tasarlandığından ve kuyunun tamamlanmasından önce hazırlandığından emin olunmalıdır
- Kömür madeninde uygulanan projenin pilot delik delme ve tarama aşamaları boyunca maden içindeki metan oluşumlarının izlenmesi sağlanmalıdır.
- Varsa veya bekleniyorsa, metanı dağıtmak için zorunlu kuyu içi havalandırma sağlamalıdır.
- Kontrol önlemlerinde kömür tozunun sürtünmeyle tutuşma potansiyelinin dikkate alınmalıdır

- Kaldırma noktaları ve inşaat işleri için onaylı tasarım şartnamelerinin (yüksek güvenlik faktörleri dahil) proje kapsamına dahil edilmesi sağlamalıdır
- Kurulu kaldırma noktaları test edilmelidir
- Tarama sonrası galeri içindeki alanın yeniden ekskavatör ile taranması da dahil olmak üzere kuyu başı kazısı yapıldıktan sonra zemin destek modeli gözden geçirilmelidir.

### 6.2.2. Sözleşme Geliştirme

Gerekli sonuçlar:

Kapsamı doğru bir şekilde belirlenmiş, potansiyel tehlikeleri tanımlamış ve risk derecelendirmesi yapmış sistemleri ve bunları kontrol etmek için uygun eylemleri ve acil eylem planlarını içeren müzakere edilmiş bir sözleşme.

Kapsamı tam olarak belirlenmiş ve proje başlamadan önce tamamlanmış ve işin süresi boyunca denetlenebilir bir sözleşme. Etkilenen tüm tarafların iş güvenliği performansını olumsuz etkileyebilecek sürprizlerin ortaya çıkma olasılığını en aza indiren bir sözleşme.

Risk azaltıcı teşvik ve cezalara, bekleme süresi hükmüne, tanımlanmış sözleşme avans oran (lar)ına ve değişiklik için resmi bir sürece izin veren bir sözleşme.

Ana riskler:

- İhale davetinin kapsamı tehlikeleri yeterince tanımlanmamış olması, Fiyatlandırma ve iş programında bazı risk azaltıcı hükümlere yer verilmemiş olması ve bu nedenle risk alınmasına neden olması
- Yetersiz ve/veya uyumlu olmayan bir Yönetim Sistemi
- Jeolojik, hidrolojik ve jeoteknik bilgilerin ihale sırasında mevcut olmaması veya eksik ya da yanlış olması
- Yüklenicinin güvenlik ve sağlık yönetimi için yeterli sistemler geliştirmemiş olması
- Proje programında güvenlik ve sağlık sistemlerinin kurulması ve yönetilmesine ilişkin hükümlerin yer almaması
- Sözleşmeden doğan yükümlülükler sağlık ve güvenlik konularını olumsuz etkilemesi
- Öngörülemeyen durumlar veya yüklenicinin kontrolü dışındaki koşullar nedeniyle yüklenici üzerinde oluşan aşırı iş baskısı
- Etkili iletişim sistemlerinin sözleşme kapsamında detaylandırılmamış olması
- Yüklenicinin tanınmış standartlara uygun ekipman sağlamaması.

- Sözleşme detaylarında, uygulanabilir olması durumunda, tarayıcı kafanın kuyunun çıkarılmasının belirtilmemesi

Ana risk hususları:

- Sözleşme müzakereleri başlamadan önce sözleşme ihale kapsamı hazırlanır
- İhale dokümanı içinde bulunan sözleşme kapsamı, projeye ilgili tanımlanmış tüm riskleri ele almaktadır
- Yüklenicilerin iş sağlığı ve güvenliği sistemlerinin değerlendirilmesi resmi bir ihale değerlendirmesine dahil edilir
- Kapsamlı iş güvenliği ve sağlığı sistemleri geliştirilir ve proje başlamadan önce taraflara bildirilir
- İhale öncesi saha incelemelerini ve görüşmeleri içerecek bir ihale sonuçlandırma süreci yürütülür
- İlgili yüklenicinin ve işverenin iş sağlığı ve güvenliği sistemleri, hükümleriyle birlikte sözleşme koşullarına dahil edilir
- Yüklenicinin tesis ve ekipmanının tanınmış standartlara göre QA / QC denetimine ilişkin düzenlemeleri içermesi
- İhale dokümantasyonuna başyukarı kuyu açma kumanda odası için özel/standart tasarımlarının dahil edilmesi
- Başlamadan önce ayrıntılı bir iş programı oluşturmak
- Proje yöneticisine/müşteriye vardiya takip rapor kapsamını belirlemek
- Sözleşme koşullarının değişmesi ve süre uzatım koşulları içermesi, örneğin iş miktarının artırılması, öngörülme ve olağanüstü durumlar. Sözleşmeye bağlı cezalar ve teşvikler, eğer uygulanıyorsa, erken iş bitirilmesinden ziyade güvenlik ve kaliteye dayalı performanslar için olmalıdır
- Sözleşme kapsamı, tüm kritik faaliyet aşamalarında tarafların sorumluluklarını içerir; örneğin, kuyu dibindeki pasayı alan yükleyici operatörü, BKAM operatörü tarafından yönlendirilmelidir.

### **6.2.3. Saha Kurulumu ve Mobilizasyon**

Gerekli sonuçlar:

Gerekli saha çalışmalarının ve altyapının sağlanması ve uygulanması halinde personelin yaralanma riskini artırmadığı veya projenin etkinliği veya verimliliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığı bir Başyukarı kuyu açma projesi.

Ana riskler:

- Kazıların tasarımı, planlanması, kazılması ve desteklenmesi ile başyukarı kuyu başındaki kumanda alanının olduğu galerinin ve/veya kuyu dibindeki taramanın başladığı galerinin konumlarının yetersiz olması
- Başyukarı kuyu başındaki kumanda alanının olduğu galerinin, kuyu açmak için kurulan ekipmanın güvenli bir şekilde çalıştırılması ve bakımı için tasarlanmamış, yapılandırılmamış veya donatılmamış olması
- Kaldırma noktaları ve ilgili ekipman mühendislik tasarım standartlarını karşılamamaktadır. Kurulu zemin desteği, bağlantı noktaları olarak kullanılmamalıdır
- Kurulum için yapılan inşaat işlerinin standartlara göre tasarlanmamış veya inşa edilmemiş olması, örneğin beton temel betonunun sağlam kayaya bağlanmamış olması
- Kurulu ekipmanın teknik özelliklerinin veya bakım koşullarının amaca uygun olmaması
- Ekipman ve yardımcı teçhizatın taşınması ile ilgili risklerin yeterince tanımlanmamış veya ele alınmamış olması
- Ekipmanın kuyu açma kumanda sahasına sevk sırasının yeterince planlanmamış olması

#### Ana risk hususları:

- Kurulum çalışmalarına başlamadan önce zeminde patlamamış dinamit/kapsül olmadığından emin olun
- Madende kullanılmadan önce, yetkin kişilerin ekipman ve yardımcı teçhizatın amaca uygunluğunu ve gerekli standardı karşıladığını belirlemek için mekanik ve elektriksel kontrollerini yapmasını sağlamak
- Ekipmanın uygun ve etkili bir bakım planına tabi tutulmasını sağlamak
- İlgili maden kazılarının tasarımı öncesinde ilgili mühendislere başyukarı delme makinesi ve yardımcı ekipman özelliklerinin iletilmesi; güç/ yıkama suyu/ su drenajı gibi diğer kurulu hizmetler
- Yetersiz depolama ve çalışma alanı kısıtlamaları ile ilgili riskleri en aza indirmek için ekipmanı, planlı bir sırayla başyukarı kuyu açma sahasına teslim etmek
- İş başlamadan önce ekipman ve yardımcı teçhizatın çalışma sahasına/şantiyelerine taşınması sırasında belirlenen risk değerlendirmelerini ve sonuç olarak ortaya çıkan kontrolleri belgelemek ve iletme
- Ekipman nakliyesi ve kurulumu sırasında gerekli kaldırma noktalarının gösterilen mühendislik standartlarına ve maden sahanın jeoteknik özelliklerine göre tasarlanarak kurulmasını sağlamak
- Rod ve Stabilizer taşıma sisteminin malzeme özelliklerine ve amaca uygun olduğundan emin olun



#### 6.2.4. Pilot Delik Delme

Gerekli sonuçlar:

Planlanan konumda, kabul edilebilir toleransı dahilinde, kurulu sisteme zarar vermeden zamanında açılan bir pilot delik. Delmenin kuyu dibindeki hedeften çıkması anında tavandan malzeme düşmesi veya basınç farkı oluşması nedeniyle havalandırma devresinin bozulmasından dolayı çalışan insanlar için herhangi bir risk olmamalıdır.

Ana riskler:

- Pilot deliğin hedefi iskalaması-diğer çalışma alanlarına girme potansiyeli ve/veya planlanmamış proje gecikmeleri
- Aşırı sapma olması, yetersiz planlama veya aşırı sapma nedeniyle pilot deliğin planlanmamış bir yere girmesi
- Başyukarı kuyu açma kumanda galerisi konumunda ve/veya rod depolama yerinde rod kullanımından kaynaklanan yaralanma
- Pilot deliğin üst kısmında, kuyu içinden su ve/veya hava ile geri gelen kırıntılı malzemenin taşınması sırasında yaralanma
- Deliğin yıkanması sırasında kontrolsüz olarak suyun basınçla dışarı boşalması
- Pilot sondaj sırasında yıkama geri dönüş suyunun kaybı
- Çevresel kirlenme
- Kaya düşmesi veya zeminde çatlamlar olması (özellikle kömür madenleri)
- Kuyu dibinde pilot delginin tamamlanması sırasında basınçlı su nedeniyle kurulu hizmetlerde hasar olması
- Kuyu dibinde pilot delginin tamamlanması sırasında önemli miktarda yer altı suyu ve/veya sondaj sıvısının galeri içine girişi
- Kömür madenlerinde veya metalik madenlerde metan gazı tespit edilmesi
- Tamamlanmış bir pilot delikten geçen olumsuz havalandırma, pilot delik delme öncesi risk değerlendirmesinde dikkate alınmaz
- Yüksek basınçlı su püskürmesi nedeniyle yaralanma riski

Ana risk hususları:

- BKAM operatörlerinin yeterliliğini sağlamak (ve denetlemek)
- Sondaj başlamadan önce bir acil müdahale planı geliştirmek
- Personel 'girilmez bölgelerini' ve ilgili prosedürleri tanımlamak

- Pilot delik açılmadan önce ve sonrasında ilk iki stabilizatörün delinmesi sırasında, deliğin eğim açısı ve yatağı yetkili bir topoğraf tarafından kontrol edilmelidir
- Delici rod dizisinin sıkışması ve elle taşımadan kaynaklanan yaralanma risklerini en aza indirmek için iyi tasarlanmış kırıntılı malzeme toplama ve bertaraf tertibatını sağlamak
- Delik temizleme esnasında insanların kuyudan fırlayan kırıntılardan korunmasını sağlamak
- Saha mobilizasyonu öncesinde sertifikasyonu olan bir teknik servis tarafından rod çatlak tespit testi yapmak ve rod dizisi arızası riskini en aza indirmek
- Yönlendirmeli sondajdaki sapmaların kararlaştırılan toleranslar ve seviyeler dahilinde olmasını sağlamak
- Tarama sırasında geri çekilen rodlardaki gerilimleri azaltmak için yönlendirmeli delme sırasında delik sapma toleransını sınırlamak
- Rodların kullanım sürelerini takip ederek ve etkili bir rod rotasyon sistemi sağlamak
- Pilot delgi sırasında kullanılan suyun dönüş debisini ölçmek için bir tertibat kurmak ve su kaybı oranını tespit ederek kayıt altına almak.
- Pilot delginin aşağıdaki galeriden çıkması sırasında kaya düşmelerinden kaynaklanan yaralanmaları önlemek için pilot delgi çıkış galerisinin zamanında ve etkili bir şekilde barikat yapılmasını içeren çalışma yöntemleri oluşturmak
- Pilot deliğin durumu ile ilgili olarak etkilenme potansiyeli olan birimlerle etkili ve sürekli iletişim sağlamak, örneğin zamanında delik açma öncesi uyarı bildirimleri yayınlamak
- Kömür madenlerinde, pilot delginin tamamlanması sırasında kuyu dibindeki galeri yakınındaki tavan tahkimat koşulları riskini değerlendirin. Tabaka ayrılması, pilot delikten yer altı suyunun galeriye girmesinden veya biriken metan gazının serbest kalmasından kaynaklanabilir
- Pilot delgi tamamlanmadan önce bir yer altı suyu kontrol planının uygulanmaya hazır olduğundan emin olun
- Planlanan pilot delgi tamamlanma pozisyonuna yakın veya bu pozisyonda bulunan kurulu hizmetlerin ya kaldırıldığından ya da etkin bir şekilde izole edildiğinden emin olmak

#### **6.2.5. Tarama ve Kazı Malzemesinin Çıkarılması**

Gerekli sonuçlar:

İnsanları riskli durumlara maruz bırakmayan tarama ve kazı malzemesinin çıkarılması işlemleri.

Ana riskler:

- Tarayıcının montajı ve sondaj dizisine takılması sırasında ezilmeden kaynaklı yaralanma veya elle taşımadan kaynaklı yaralanma
- Teorik kazı hacmi ile gerçekleşen kazı hacminin doğru şekilde izlenmemesi ve hesabının yapılmaması
- Kazı hacmi ve mukayesesi gerçek zamanlı olarak yapılmaması
- Operatör yorgunluğu
- Tarama sırasında maden havalandırmasının oluşan tozla kirlenmesi
- Ani, su veya 'çamur' (kesimler) baskını olması
- Kuru veya ıslak kesimlerde 'takılma' ve akabinde ani arıza oluşması
- İnsanlar kazı yüzeyi yakınında çalışırken kazı aynasında çökme olması
- Kömür veya metalik madenlerde metan gazının tespit edilmesi
- Başyukarı kuyu kazısı sırasında kesilen herhangi bir kömür damarı veya kömür taşıyan malzemenin kendiliğinden yanması
- Kısmen kazısı yapılmış bir başyukarı kuyunun tabanında tarayıcı kafa kesicilerini kontrol ederken veya değiştirirken düşen kaya veya molozlardan kaynaklanan yaralanmalara maruz kalma
- Tijlerin ve/veya tarayıcı kafanın kuyunun dibine düşmesine veya erişilemeyen bir yerde kuyu içinde sıkışmasına neden olan katastrofik bir durumda BKAM borusunun veya tarayıcı kafanın gövdesinin kullanılamaz hale gelmesi
- Kesilen parçalar aktif başyukarı kuyusundan çıkarılır ve güvenli olmayan durumlarda atılır ve/veya depolanır.
- Jeolojik/hidrolojik koşullara uygun doğru tarama ortamının seçildiğinden emin olun
- Havalandırma tersine dönüyor ve/veya kısa devre yapıyor
- Elektrik kesintisi riskini göz önünde bulundurun

#### Ana risk hususları:

- Erişim yolu boyunca yönlenmiş ani su baskını veya tarayıcı kafa/rod arızası riskini azaltmak için kuyuyu erişim yoluna kaydıracak şekilde başyukarı kuyusunun alt kısmına erişim sağlayın. Kuyu konumunun yakınında doğru açıyla yerleştirilmiş bir köşeye veya uzun yarıçaplı bir kavis verilmesi düşünülebilir
- Planlanan hacimler ile gerçekleşen hacimlerin ve gerçek kova yükü kazılmış malzeme hacimlerinin anlaşılması ve hesabının sağlanması
- Etkili bir performans yönetimi planı geliştirmek ve uygulamak
- Tehlikelerin etkin bir şekilde kontrol edilmesi için formal tehlike tanımlaması, risk değerlendirmesi ve uygulama yoluyla kazılan malzemenin çıkarılması için Güvenli Çalışma Prosedürleri geliştirmek

- Etkili toz bastırma sağlamak
- Güvenli Çalışma Prosedürlerine, kazılan malzemenin tehlikesiz olarak çıkarılması için, başyukarı kuyuda sıkıştırılmış kazılan parçaların birikmesiyle ilişkili tehlikelerin ortadan kaldırılmasının dahil edilmesi
- Başyukarı makinesi operatörü/süpervizörü ve yükleyici operatörü/süpervizörü arasında doğrudan ve etkili gerçek zamanlı iletişim sağlamak
- Başyukarı kuyu kazısı malzemeleri için planlanan kısa ve uzun vadeli depolama veya boşaltma yerleri için bir risk değerlendirmesi yapmak ve kontroller uygulamak. Dikey depolama ve kuyu vinci kullanımını potansiyel büyük tehlikeler olarak değerlendirilmelidir.
- Kuyu kazısı malzemelerinin taşınması için bir risk değerlendirmesi yapmak ve kontroller uygulamak
- Pilot deliğin planlanan çıkış konumundaki ve bitişiğindeki zemin koşullarının jeolojik, hidrolojik ve jeoteknik değerlendirmesine özellikle dikkat edilmelidir. Hem kısa hem de uzun vadeli gereksinimleri karşılamak için zemin desteği kurun.
- Kısmen kazılmış bir kuyunun dibindeki tarayıcı kafa kesicilerinin incelenmesi veya değiştirilmesi ile ilgili riskleri kontrol eden, resmi risk değerlendirmelerine dayalı Güvenli Çalışma Prosedürleri geliştirmek ve uygulamak
- Kesicinin incelenmesi ve/veya değiştirilmesi veya tarayıcının çıkarılması için kişileri doğrudan açık bir kuyunun altına konumlandırmayacak prosedürler uygulamak
- Kesicileri incelerken veya bir Başyukarı kafasını çıkarırken seken/düşen kayalara karşı koruma sağlamak için fiziksel bir kalkan veya bariyer kullanmayı düşünün
- Olası metan gazı girişini kontrol eden prosedürlerin uygulanması
- Bir arızaya katkıda bulunabilecek faktörleri ele alarak rod veya Tarayıcı mili arızası riskini en aza indirmek
- Doğru hidrolik basınç ayarlarının yapıldığından ve planlanan ilerleme oranlarına uyulduğundan emin olun
- Bir rod dizisi veya tarayıcı milinin arızalanması durumunda, tarayıcı kafa/rod kurtarma sırasında başyukarı kuyudan seken/ düşen kayalardan kaynaklanan risklere maruz kalmayı en aza indiren veya ortadan kaldıran kontroller uygulamak

## 6.2.6. Demobilizasyon

Gerekli sonuçlar:

Tarayıcının ve ilgili tüm ekipman ve altyapının tamamlanmış bir başyukarı açılmış kuyudan güvenli bir şekilde çıkarılmasının ardından güvenli ve emniyetli bir şekilde sahanın terk edilmesi.

Ana riskler:

- Tamamlanmış bir kuyuya düşen ekipman veya malzeme
- Tamamlanmış bir kuyunun dibine yakın çalışırken tarayıcı çıkarma sırasında düşen nesnelere maruz kalma
- Standartları karşılamayan personel koruma cihazlarının ve/veya ekipmanlarının kullanılması
- Bir kuyunun tepesindeki tarayıcı kafanın çıkarılması sırasında askı, donanım ve temel stabilitesi ile ilgili tehlikeler
- Kömür madenlerindeki potansiyel kendiliğinden yanma için etkili kontroller sağlanması.
- Kesişen kömür damarları veya kömürlü malzeme
- Kömür madenlerinde tarayıcı ile yüzeye çıkışta gazlı ortama kaçak madde veya alev girme potansiyeli
- Açık bir deliğe düşen personel

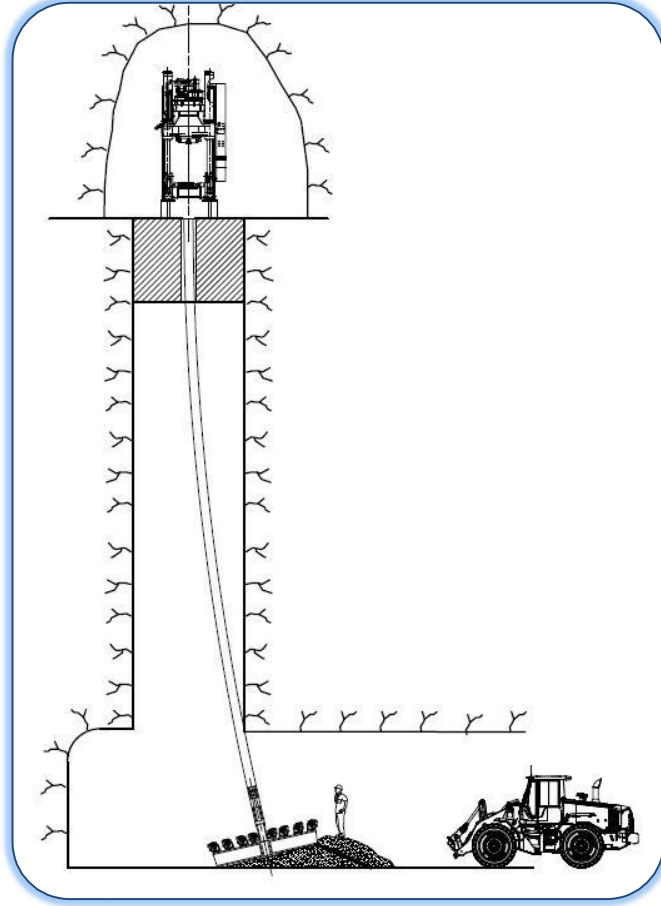
Ana risk hususları:

- Delme işleminden önce potansiyel tehlikeleri belirlemek, bir risk değerlendirmesi yapmak ve ekipman veya malzemenin kuyudan aşağı düşme riskini en aza indirecek kontrol ve prosedürleri uygulamak
- Tamamlanmış bir kuyunun dibine yanaşık çalışılıyorsa fiziksel bir bariyerin kullanılması düşünülmelidir. Bariyerin tasarımında kuyunun bozulma riskini ve bu durumda bariyere olan dinamik yükler dikkate alınmalıdır.
- Kuyunun dibindeki bir tarayıcı kafayı çıkarırken, uzaktan kumandalı yükleyici ekipmanı veya tarayıcıyı çıkarmak için uzun koruma kalkanı kullanmayı düşünün. Bu, özellikle kuyunun stabil olmadığı içeriden kaya kopmaları olduğu ve bu malzemenin kuyu dibinden sekme riski olduğu durumlarda uygulanabilir.
- Kuyunun son bölümünün taranması, Başyukarı kuyu açma Makinesinin üzerine monte edildiği temellerin bozulma riskini en aza indirecek şekilde tasarlanmalı ve gerçekleştirilmelidir.
- Sadece yetkin kişiler sertifikalı ekipman ve özel olarak tasarlanmış bağlantı noktaları kullanarak askı ve donanım işlerini yürütmelidir

- Bir kömür madeninde tarayıcının yüzeye çıkması sırasında meydana gelen ani hava akışı simüle edilmeli ve yönetilen bir hava akışı, saha güvenliği ve madene sızan hava riskinin en aza indirilmesi için uygun kontroller ve prosedürler uygulanmalıdır
- 'Açık kuyuya' düşmeye karşı koruma kontrolleri ve prosedürleri geliştirmek ve uygulamak
- Ekipmanı sahadan taşırken yüklerin ve ilgili gevşek döküntüleri kontrol etmek
- Kuyu tabanındaki alanın ve bağlantı galerisinin açılmasından sonraki kullanım amacı için düzenlenmesi ve erişimi engellemek için uygun bariyerlerin sağlanması
- İşin tamamlanması sonrası kabul tutanağı ile kuyunun sorumluluğunu iş sahibine teslim ederek devir işini tamamlamak

## 7. BKAM İLE KUYU AÇIMI UYGULAMA ÖRNEKLERİ

### 7.1. Kuyunun Alt Kısımındaki Tarayıcı Kafa Üzerinde Kesici Değişikliği ve Bakım Yapılması Prosedürü (Vaka Sunumu)



Şekil 7- 1: Tarayıcı kafayı kuyu dibine indirme durumu [29]

Bu prosedür, kuyu kazısı devam ederken gerek kontrol amaçlı ve gerekse tarayıcı kafaya bakım ve tarayıcı kafa üzerinde bulunan kesici ve semerlerin değişime ihtiyaç olduğunda, yapılması zaruri olması durumunda kullanılır. Kuyu dibindeki riskli ortamını güvenli hale getirerek çalışılabilmesi gerektiği için çalışma talimatlarına uyulmalıdır. Açık kuyudan gelebilecek risklere doğrudan maruz kalmayı önlemek için tarayıcı kafa kuyu dibinden delici takımın esnekliği ölçüsünde ve mümkün olabildiği kadar dışa çekilerek gerçekleştirilir. [29]

### 7.1.1. Hazırlık

Kullanılacak olan platform tasarımı mühendislik ilkelerini ve standartlarını karşılayan bir tasarım olmalıdır. Çalışılacak olan kuyunun derinliği, çapı, mevcut açılmış kazı yüksekliği hazırlanacak platform için önemlidir.

### 7.1.2. Çizimler ve Diğer Talimatlar

Güvenlik çatısı konstrüksiyonu tip çizimi

### 7.1.3. Ekipman

Amaca uygun ekipman (kaldırma). Yetkin ve tecrübeli operatörler. Zincir, sapanlar ve zincir blokları. Kişisel Koruyucu Ekipmanlar; gözlük, eldiven ve giysiler. Kuyu dibinden operatöre iyi bir doğrudan iletişim cihazı (telsiz).

### 7.1.4. Prosedür

- Vardiya amirine prosedürü uygulama niyetini bildirin ve düşen malzeme veya zemin desteği gibi değişen koşullar için sahayı inceleyin.
- Çalışma alanını düzleştirmek için kazılan malzemenin temizlenmesini sağlayın. Tehlikelerden arındırılmış olduğundan emin olmak için çalışma alanını inceleyin.
- Kuyunun tabanındaki erişim galerisinde kuyunun kazı profilini inceleyin. Güvenlik bariyerleri ve işaretleri yerleştirin. Operatörle yeraltı iletişimini kontrol edin ve genel telsiz anonsu yapın.
- Tarayıcıyı Kuyunun altındaki zemine indirin, bir kanadını öne doğru döndürün ve kuyunun karşısına getirin.
- Açık Kuyunun altına girmekten kaçınırken, yumuşak askıyı en yakın kesicinin üzerinden geçirin ve zincir bloğuna veya tekerlekli yükleyiciye takın
- Tarayıcı kafanın kuyu başına kadar takılı olduğu delici dizisini neredeyse kuyu cidarına değene kadar tarayıcı kafayı alt taraftan yavaşça çekin
- Tarayıcı kafa zincirlerle kuyu tabanındaki erişim galerisinin yan duvarındaki ankraj cıvatalarına sıkıca sabitleyin.
- Yan duvardaki ankraj cıvatalarına sıkıca sabitlendiğinden emin olduktan sonra tarayıcı kafayı zincir bloğundan/tekerlekli yükleyiciden ayırın.



- Güvenlik çatısını eklerini birleştirerek altı açık kuyudan güvenli bir mesafede galeri içinde monte edin.
- Monte edildikten sonra, bir tekerlekli yükleyici kullanarak güvenlik çatısını tarayıcı kafanın üzerine yerleştirin.
- Tüm çalışmaların kuyunun tavanının altındaki tarayıcı parçaları üzerinde ve güvenlik çatısı altında dururken yapıldığından emin olun.
- Tarayıcı kafa üzerindeki kazı sırasında kesicilerin arasına sıkışan gevşek malzemeyi temizleyin.
- Tarayıcı kafanın bağlı olduğu milin altında bulunan kesicinin bağlı olduğu tarayıcı kanadını çıkarın.
- Kanat çıkarıldıktan sonra, güvenlik tavanını çıkarın ve tarayıcıyı ankraj civatalarından ayırın. Tarayıcıyı bir sonraki kesicinin bağlı olduğu kanat alına bakacak şekilde döndürün.
- Tüm uzatmalar çıkarılana kadar bu adımları tekrarlayın. Tüm işler tamamlandığında, tüm alet ve ekipmanları çıkarın.
- Tarayıcı kanatlarını bir yükleyici ile kuyu tabanından çıkarın. Barikatları yeniden takın.

### **7.1.5. Güvenlik Önlemleri**

Bu prosedür sırasında uygulanması gereken İş Güvenliği Analizlerinden belirlenen Risk Kontrollerine uyulmalıdır. Belirli saha Risk Değerlendirmelerinden veya İş Güvenliği Analizlerinden belirlenen herhangi bir yeni risk düşüncesi ortaya çıkarsa ona göre de gerekli önlemler alınmalıdır.

## **7.2. Eğimli Bir Kuyu Kazısı Sırasında Karşılaşılan Öngörülme Durumlar;**

### **7.2.1. Pilot delgi sırasında su kaybı yaşanması ve suyun geri dönmemesi (Vaka Sunumu)**

Vaka 68° eğimli toplamda 330 m olması planlanan 2,44 m çapında bir kuyunun pilot delgi yapım aşamasında 200`üncü metreye ulaşıldığında boşluk geçilmeye başlanmıştır. Kuyu boyunca pilot delgi hızı ortalaması 1,10 m/saat iken 201-211 m arası 4,56 m/saat hızla geçilmiştir. Esasen boşlukta bir dirençle karşılaşılmanın kolaylık olarak görülürken, pilot delgi ile öğütülen malzemenin geri dönüşünü görmemek önemli bir risk oluşturmuştur. Suyun geri gelmemesi, pilot delgi ilerlemesi sırasında öğütülen malzemenin teorik hacmi ile pratik hacmini kıyaslayamamak kuyu stabilitesi hakkında tahminde bulunma imkanını ortadan kaldırdığı için bir handikap oluşturmuştur.



Şekil 7- 2: Eğimli Kuyu (Eğim açısı 68°)

Kuyu içine beslenen suyun kaybolması, geri dönen ve tekrar kullanılması gereken sudan mahrum kalındığı için su sarfını da arttırmıştır. Pilot delgi sırasında 1200 lt/dk su kullanıldığı düşünülürse su kaybının boyutu daha iyi anlaşılacaktır.

Bu durum tespit edildiğinde suyun maden içinde alt kotlardan bir yerden galeri içine sızıp sızmadığını su içine boya katarak izlendiyse de tespiti yapılamamıştır

Kuyununun 195. metresine paker bağlanarak enjeksiyon yapılmasına karar verilmiştir. Yapılan enjeksiyon kıvamı artırılarak 2 gün devam edilmiştir. Ancak basınç göstergelerinde hiçbir direnç olmadığı ve enjeksiyon mevcut boşluklar içinde belki de yer altı suyu ile birlikte karışıp gittiği için amaca hizmet etmemiştir.

Kimyasal katkı tedarikçisi BASF ile görüşülmüş ve konu ile ilgili çözüm aşağıdaki oranlarda çimento ve dayanımı ve boşluk içinde yayılımı düşük olacak bir enjeksiyon uygulanması önerilmiştir. Bu deneme sonrasında 10 metre uzunluklu boşluk ya da yıkanmış alan doldurulmuştur.

Karışım Oranları	Birim	Karışım 2	Karışım 5	Karışım 6
<b>Çimento</b>	kg	48,42 kg	49,02 kg	49,50 kg
<b>Su</b>	kg	48,42 kg	49,02 kg	49,50 kg
<b>Masterroc Sa 430*</b>	kg	3,16 kg	1,96 kg	0,99 kg
<b>Toplam</b>	kg	100,00 kg	100,00 kg	100,00 kg
<b>Su/çimento</b>		1,00	1,00	1,00
<b>Çimento</b>	%	%48,42	%49,02	%49,50
<b>Su</b>	%	%48,42	%49,02	%49,50
<b>Masterroc Sa 430*</b>		%3,16	%1,96	%0,99
<b>Toplam</b>		%100	%100	%100
<b>Priz başlangıç Zamanı (dakika)</b>	dk	270	340	629
<b>Priz sonlanma Zamanı (dakika)</b>	dk	460	670	1110

\*: Priz Hızlandırıcı

Çizelge 7- 1:Boşluk doldurmak için kullanılan kimyasal ve karışım tasarımları

Bu işlemi yapmak hem pilot delginin sağlıklı ilerlemesi için hem de tarayıcı kafanın tüm yüzeyinin zemine dayanarak kazı yapması açısından önemli bulunmuştur.

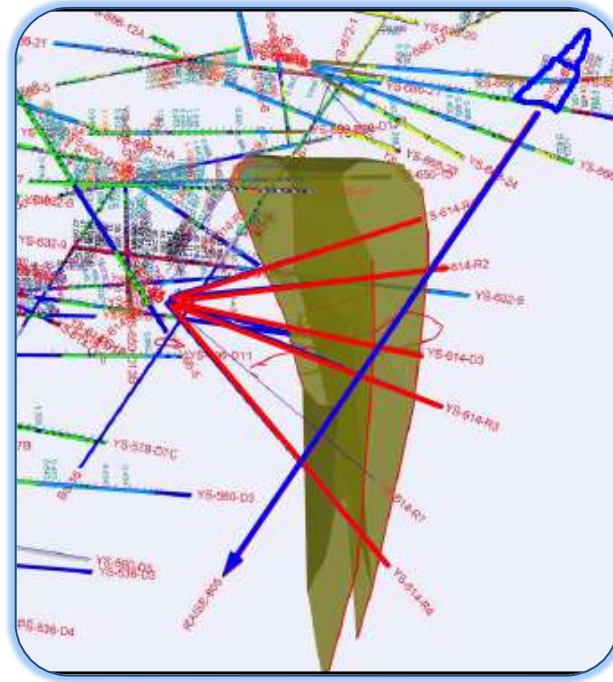
Enjeksiyon tamamlandıktan sonra delici rod dizisi 195. metreden itibaren yeniden delgiye başlansa da su geri dönüşü çatlakların kapanmaması nedeniyle gözlenememiştir.

BKAM makinesinin anti jamming (sıkışma önleyici) özelliği nedeniyle takımın delik içinde sıkışma olduğunda geri kurtarma fırsatı olduğundan riske girilerek suyun geri dönüşü görülmediği halde pilot delgiye devam edilmiştir.

Bu şekilde 330 metre olması planlanan pilot delgi boşluktan geçmesi ve kuyunun da eğimli olması nedeniyle 5m`lik bir sapma ile 335 metre olarak tamamlanabilmiştir.

### 7.2.2. Tarama Sırasında Kuyu Güzergahında Bırakılmış Olan Sondaj Borularının Tarayıcı Kafa ve Kesicilerde Hasara Sebebiyet Vermesi

Aynı eğimli kuyunun tarama aşamasına geçilmeden önce kuyunun 201-211 metreleri arasında enjeksiyon ile doldurulamayan bölge için maden işletme yönetimi ile konu değerlendirilmiş ve bir dizi araştırma delgisi yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 7- 3:Kuyu hattının jeolojik tanımlaması için yapılan tamamlayıcı sondaj çalışması

Yapılan 5 araştırma delgisi sırasında kuyu içine kamera ile de bakılmıştır.

Jeoteknik ekibin raporuna göre her ne kadar kuyu videoları incelendiğinde herhangi bir boşluk görüntüsüne rastlanılmadığını ve kullanılan yoğun suyun kırıklı ve killi zemini yıkadığını ifade etmiş olsalar da ortada çözülmesi gereken ve su kaçağına sebep olan uzun dönemde havalandırma kuyusu olarak işletmeye hizmet edecek Kuyunun stabilitesi için kapsamlı bir enjeksiyon yapılmasına karar verilmiştir.

Kuyu başında yerleşik vaziyette duran BKAM`in konumunu bozmadan galeri içinde kuyu hattı boyunca enjeksiyon ile zeminin güçlendirmesi ve boşluğun doldurulması hedeflenmiştir. Bir başka yüklenici tarafından yapılan bu sağlamlaştırma çalışması iki hafta sürmüştür.

Tarayıcı kafanın takılması sonrası tarama işlemine başlanmıştır.



Şekil 7- 4: Tarayıcı kafanın montajı ve kazının yuva oluşturma aşaması

Tarama işlemi başladıktan ve 275-295 metre aralığında BKAM zorlanmaya başlamış ve sonrasında da tarayıcı kafanın dönmekte ve kuyu hattındaki kayayı kesmekte zorlandığı fark edilmiştir.

Bunun nedenini anlamak için bir araştırma delgisi yaparak 40 metre aşağıda bulunan tarayıcı kafa kamera ile görüntülenmiştir. Görüntülere bakılınca tarayıcı kafa üzerinde eğilmiş bükülmüş bir sondaj borusu olduğu ve 4 adet kesicinin neredeyse tüm karbür tanelerinin dümdüz olduğu şaşkınlık içinde tespit edilmiştir.

Yapılan görüşmeler sonrasında kuyu sağlamlaştırmak amaçlı olarak enjeksiyon yapan firma operatörlerinin kuyu içinde sondaj takımı bıraktıkları ve bundan kimseyi haberdar etmedikleri ortaya çıkarılmıştır. Kuyu başından 40 m ile 65 m arasında bırakılmış olduğu anlaşılan sondaj borusu kesiciler üzerinde önemli bir hasara sebebiyet verdiği tespit edilince tarayıcı kafanın kuyunun taramaya başladığı 335. metresine indirilmesine ve hasar görmüş kesicilerin değiştirilmesine karar verilmiştir.

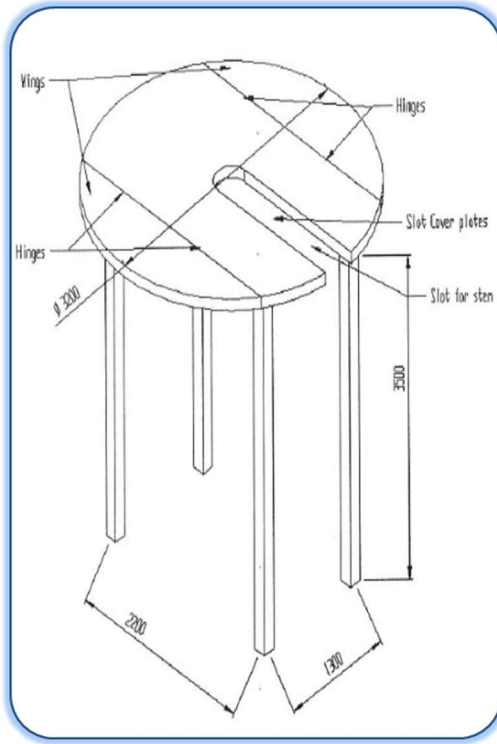
Ancak bu defa da eğimli kuyuda tarayıcı kafa aşağıya sadece 805 kotundan 722 kotuna kadar 83 m indirilebilmiş daha aşağıya indirilmesi takılıp kaldığı ve üzerindeki boru da engel teşkil ettiği için mümkün olmamıştır.



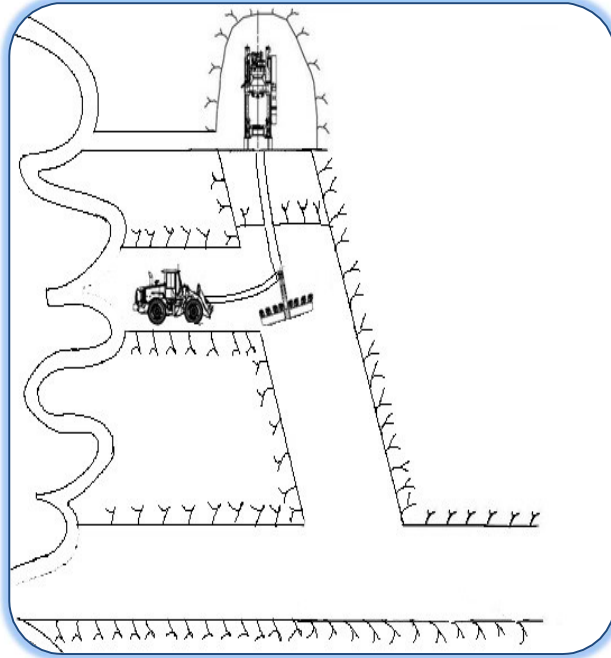


Şekil 7- 5:Sondaj rodunun tarayıcı kafaya dolanması ve üzerindeki kesicileri aşındırması

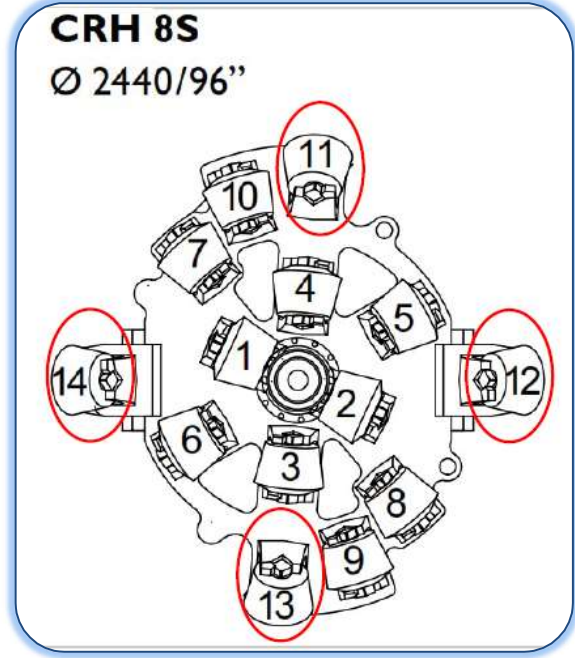
Madenin 805 katında başlayan bu eğimli havalandırma kuyusu yapılırken bu sefer de tarayıcı kafanın üzerindeki kesicilerin nasıl değiştirilebileceği sorununu çözmek üzere işletme sahibi ile görüşmeler yapıldı. Nihayetinde spiral şeklinde aşağı doğru devam eden maden işletmesi içinde bu hatta en yakın olan seviyeden bir erişim galerisi yapılmasına karar verildi. 23.11 m uzunluğunda galerinin yapılması, karar süresi ile birlikte düşünülürse 2 aylık bir zaman kaybı yaşanmıştır.



Şekil 7- 6: Tarayıcı kafanın kuyu dibine indirilmesi gerektiğine çalışma anında kullanılan koruyucu platform



Şekil 7- 7: Tarayıcı kafaya ulaşabilmek için kazılan erişim galerisi çizimi



Şekil 7- 8: Tarayıcı kafanın aşınan kesicilerinin konumları [9]

Nihayetinde kuyu hattı ile erişim galerisi birleşince, kuyu dibinde kesici değiştirme prosedüründe olduğu gibi güvenlik önlemleri alınarak, kuyu içinden düşen gevşek malzemelere karşı korunaklı bir

şekilde BKAM delici rod dizisi galeri içine doğru yanaştırılmış ve operatörle telsiz vasıtası ile haberleşerek tarayıcı kafa döndürülerek hasar gören 4 kesici yenileri ile değiştirilmiştir. Tarayıcı kafanın en dışında bulunan kesiciler değiştirilerek kuyunun kalan 40 metrelik kazılmamış kısmı toplam 8 gün içinde tamamlanabilmiştir.



Şekil 7- 7: Erişim galerisi açılara tarayıcı kafa üzerindeki kesicilerin değiştirilmesi



Çalışma saati olarak 335,32 m uzunluklu 68° eğimli 2,44 m çapında havalandırma kuyusu 1.156,25 saatte tamamlanmıştır. İlerleme hızı pilot delgi için 1,10 m/saat, tarama için 0,39 m/saat toplamda 0,29 m/saat`lik bir performans ile kuyu tamamlanabilmiştir. İşin yapım süresi 206 gün olmuştur. Bu BKAM ile açılan bir kuyu için yetersiz bir ilerleme hızına işaret etse de edinilen tecrübeler açısından çok kıymetlidir. Türkiye`de BKAM ile yapılmış eğimli en uzun kuyu olmuştur.

- Pilot delgi: 304 saat
- Tarama: 852,25 saat
- Toplam: 1.156,25 saat

### 7.3. Kuyu Kazısı Sırasında Ani Su Baskını Olması Durumu

Olay Avustralya da yaklaşık 270 m derinliğinde ve 5 m çapındaki bir başyukarı kuyusunun tabanından su ve çamur fişkırması sonucu meydana gelmiştir. Su baskını, gece vardiyasında başyukarı deliğinin tabanında pasa alma işlemleri yapılırken meydana gelmiştir.



Şekil 7- 8: Tarama aşamasında ani su boşalması nedeniyle yükleyicinin çamurla dolması [30]

Aniden baskın halinde gelen malzeme maden içerisinde kuyu tabanının alt kotlarındaki üretim ve hazırlık çalışmalarındaki katlara akarak çok sayıda kişiyi risk altına sokmuştur. Olay sırasında kimse yaralanmamıştır, ancak ölüm ve/veya ciddi yaralanmaların meydana gelme potansiyeli oluşmuştur. Fotoğraf, su baskını sırasında kuyu kazısı sırasında tarayıcıdan aşağıya doğru dökülen ıslak pasa malzemesini başyukarı kuyusunun tabanından çıkaran yükleyicinin arkadan görünümünü göstermektedir. Taşkın malzeme operatör kabine kadar ulaşmıştır.

### 7.3.1. Durum Tespiti

Tarama sırasında yeraltı suyunun sürekli bir akışı ile başyukarı deliğine girmesi neticesinde kuyu içinde, bir miktar çamur ve su birikmiştir.

Olaydan önce tarama sırasında başyukarı deliğinin tıkanmış veya kısmen tıkanmış olabileceği düşünülmüştür.

Göçük meydana gelmeden bir önceki vardiya sırasında bir İş Güvenliği Analizi gerçekleştirilmiştir.

Analizde bir göçük meydana gelme riski tanımlanmıştır, ancak başta madenin alt seviyelerinde çalışan kişiler olmak üzere işletmede çalışanlara yönelik riski en aza indirmek için yeterli kontrolleri tanımlanamamıştır.

### 7.3.2. Tavsiyeler

Bir madende su basması riski öngörülen bir tehlikedir.

Bu nedenle bir risk değerlendirmesi yapılması ve potansiyel su basması ile ilgili tüm olası senaryolar dikkate alınarak hiyerarşik olarak kontrollerin oluşturulması gerekmektedir.

Başyukarı delme işlemleri gerçekleştirilirken aşağıdaki kontrol önlemleri göz önünde bulundurularak su baskını riski ile ilgili sonuçların en aza indirilmesi tavsiye edilir:

- Sondaj deliğinin tıkanması durumunda sondaj deliğinin tabanında uzaktan kumandalı yükleyici kullanımı planlanmalı ve hazırlanmalıdır.
- Etkili drenaj sağlamak ve başyukarı deliğinden gelen su akışını izlemek için başyukarı deliğine drenaj delikleri açın. Su tahliye amaçlı delikler, bir tıkanıklık nedeniyle başyukarı deliğinde su birikmesi durumunda suyun birikmesini önler.
- Sondaj kuyusunun tabanındaki pasa malzemesinin hangi yükseklikte iken uzaktan kumandalı yükleyici ile boşaltılması kararını vermek için net prosedürler oluşturulmalıdır.
- Tarama işlemi, kuyu dibinde biriken kazılmış pasa kuyuyu tıkayacak seviyeye geldiğinde mutlaka durdurulmalıdır.
- Teorik kazı hacmi ile pratikte kuyu dibinde biriken pasa hacmi sürekli mukayese edilmelidir. Örnek olarak bir boru tarama ilerlemesi yapıldığında kaç kova kazılmış pasa birikiyor ölçülmelidir. Teorik hacimden farkı var ise başyukarı ekibi bu bilgiyi değerlendirmelidir. Malzemenin kabarma katsayısı, kepçe dolum katsayısı gibi kazılmış malzemenin hacim düzeltilmesi yapılarak kuyu boyunca bir standart oluşturularak anormallikler hızlıca rapor edilmelidir.

- Tarama operasyonları sırasında, kesilen parçaların birikme seviyesini değerlendirmek ve delik açma için belirlenen güvenli çalışma prosedürlerinin sıkı bir şekilde takip edildiğinden emin olmak amacıyla, yetkili kişiler düzenli denetimler gerçekleştirilmelidir.
- Mümkünse, çevresel suyun sondaj deliğine girmesini önlemek için uygun önlemleri alınmalıdır.
- Pasa alım faaliyeti haricinde, kuyu tabanında bir 'girilmez' bölge oluşturun.
- Koşullar değiştiğinde, yeni tehlikeleri belirlemek ve değişikliklerle ilişkili riskleri değerlendirmek için derhal bir risk değerlendirme analizi yapılmalıdır.
- Koşullar değişmişse, yeni kontrol önlemlerinin herkes tarafından iyi bilinmesi ve anlaşılması için madende etkilenebilecek tüm kişilerle uygun iletişim kurulmalıdır.

#### **7.4. Başyukarı Kuyu Açma Makinesi ile Kuyu Açılması Sonrasında Yapılan Kaplama Uygulamaları**

Başyukarı kazı uygulamalarının orta sağlamlıkta ya da kısmi olarak zayıf bölümlerinin olduğu projelerde veya uzun süre ayakta kalarak amaca hizmet vermesi istenen kuyular için kazı sonrasında kaplama yapılması gerekebilir. Püskürtme beton, boru kaplama, çelik boru kaplama, segment kaplama ve yerinde beton kaplama bu yöntemlerden bazılarıdır.

##### **7.4.1. Uzaktan Kumandalı Robotik Püskürtme Beton ile Kaplama Yöntemi**

En çok tercih edilen yöntem BKAM ile kuyu kazılarına özel olarak geliştirilen bir yöntemdir. Kuyu başına monte edilen bir portal veya yer vinci tüm sistemi taşımak üzere çalışır. Dairesel olarak 360 derece dönebilen beton püskürten nozzle kumanda odasından cihaza monte edilmiş olan kameralar ile izlenebilir. Kuyunun püskürtme beton uygulamasından önce Lidar ile ilk okuması yapılır. Uygulama sonrası ise son okuması yapılarak uygulanan püskürtme beton kalınlıklarının tespiti yapılabilir. Bu okumalar uzakta kumandalı howermap drone tipli okuma cihazları ile de okunabilir. Püskürtme beton kuru ve/veya yaş olarak uygulanabilir.

- Uygulanabilir kuyu çapları: 1,8 m-8,0 m
- Kuyu eğimi: 55° – 90°
- Kuyu derinliği: 400 metreye kadar



Şekil 7- 10: Robotik Püskürtme Beton Uygulaması [43]



Şekil 7- 9: Robotik P. Beton Kumanda Odası [43]



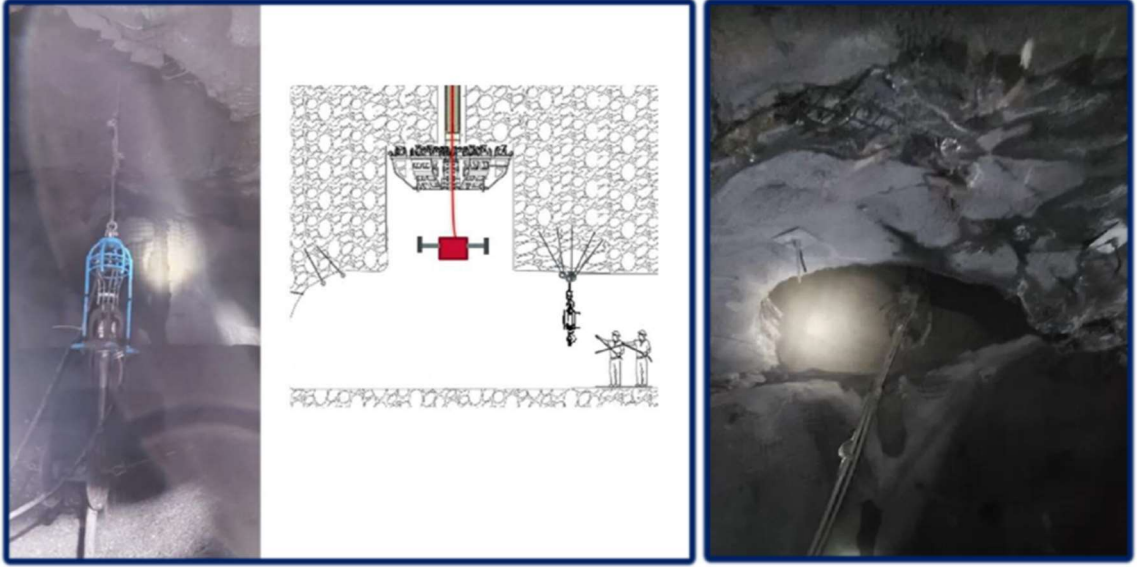
Şekil 7- 11: Yer Vinci [42]



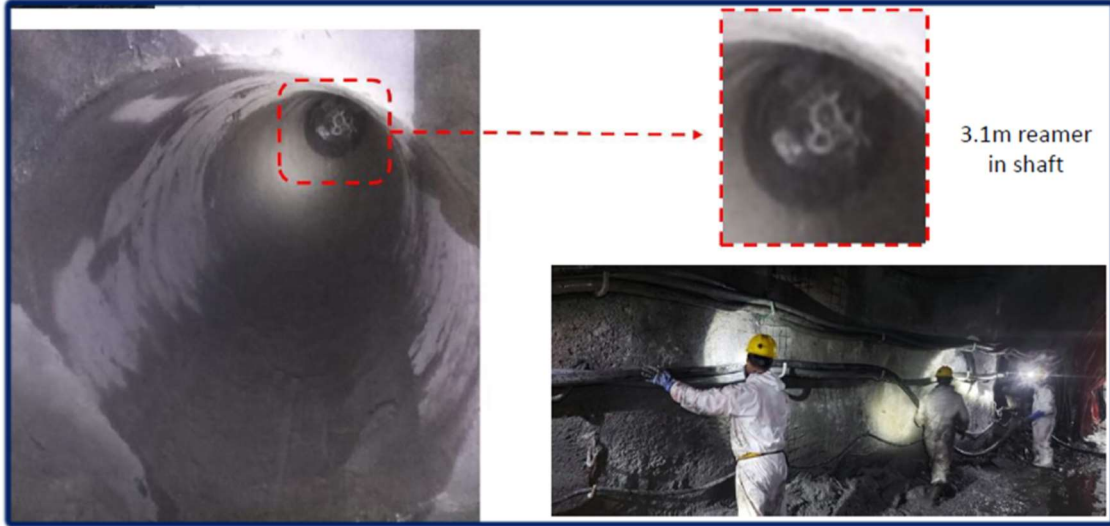
Şekil 7- 12: Portal Vinci [41]

BKAM ile yapılan kazı sonrası yukarıda izah edilen uzaktan kumandalı robotik püskürtme beton uygulamasının farklı bir versiyonu da kazı devam ederken tarayıcı kafanın arkasından yapılan robotik püskürtme beton uygulamasıdır.

Bu yöntemde birkaç boru ile kazı yaparak ilerleme sağlandıktan sonra kazı durdurulur ve boru içinden geçirilen halata bağlanan 360° döner beton püskürtme robotik sistem tarayıcı kafanın altında uygulamayı tamamlar.



Şekil 7- 11:Kuyu tarama kazısı yapılırken robotik püskürtme beton uygulaması [31]



Şekil 7- 12: Kuyu kazısı ve eş zamanlı püskürtme beton uygulaması [31]

Bu destekleme yönteminin olumsuz yönü takım sıkışması olması halinde, kazı kesiti uygulanan püskürtme beton kalınlığı kadar daralacağı için, tarayıcı kafayı aşağıya indirmek mümkün olmayacaktır. Kuyu içinin yeniden taranması ancak elle mümkün olacağı için BKAM uygulamasının ruhuna aykırılık söz konusu olacaktır. Alımak yöntemindeki gibi bir asansör sistemi ile kuyu içine girilerek püskürtme betonu yüzeyden kırarak sıyırmak ve tarayıcı kafanın aşağıya inmesine imkân tanımak gerekecektir.

Bu uygulama kriterleri;

- Çap: 1,2 m- 3,5 m
- En fazla uygulama uzunluğu: 400 m (Beton pompa kapasitesine bağlı olarak)
- Uygulama kalınlığı: 10 cm`e kadar
- Uygulama lokasyonu: Yüzeyden ve/veya yeraltından
- Tahmini ilerleme hızı: 10-12 m/vardiya (Beton kalitesine bağlı olarak)
- Geri sekme oranı: % 5

#### **7.4.2. Kompozit (Cam Takviyeli Polyester) CTP Boru ile Kaplama Yöntemi (Yeni Zigana Tüneli)**

Yeni Zigana Tüneli 14,5 km uzunlukla Türkiye`nin en uzun tüneli unvanına sahiptir. Proje firma İsviçreli Hbı Haerter tarafından hazırlanan havalandırma raporunda ve projelendirme aşamasında KGM trafik verileri ve projeksiyonları, Zigana Tüneli projesi karakteristik özellikleri, meteorolojik veriler, kuyu noktalarının coğrafi durumu gibi birçok kriter dikkate alınarak sistem tasarımı yapılmıştır. Normal trafik akışında veya olağanüstü kaza, yangın vs. durumunda farklı senaryolar oluşturulup sistem elemanlarının (hava değişim istasyonları, kuyu çapları, jet fan ve aksiyal fanların tipleri, sensörler, monitörler vs.) ön tasarımı yapılmıştır Havalandırma tüneli veya dış ortam arasında inşa edilen havalandırma kuyuları dikey olarak açılmış olup, projenin şartlarına göre farklı yükseklikleri bulunmaktadır. BKAM ile açılan kuyular yükseklik arttıkça kuyuda limitler dahilinde de olsa sapmalar nedeniyle devam eden kazı sırasında yukarıdan aşağıya düşen kazı malzemesi, yüksekliğin artması ve aks kaçıklığı nedeniyle açılan kuyunun çeperlerine çarparak aşağıya düşmekte ve kuyu çeperlerinde doğal yapının dışında başka zararlar da verebilmektedir.

Havalandırma kuyularının, işletme sırasında elektromekanik gereksinimleri karşılması, aynı zamanda kuyu açma işlemi sırasında hasar görmüş, dinamik etkilerle düşme ve akma olasılığı bulunan kayaçların sabitlenmesi ve kuru, pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasının istenmesi gibi nedenlerle, iç kaplamasının yapılması gerekmiştir.

Ancak iş güvenliği riski, bu işlemleri sağlayacak kaplamanın el işçiliği ile yapılmasının önüne geçmektedir. Bu nedenle havalandırma kuyusunun kaplaması prefabrik olarak ve içeride çalışmaya olanak verecek dayanıklılığa sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

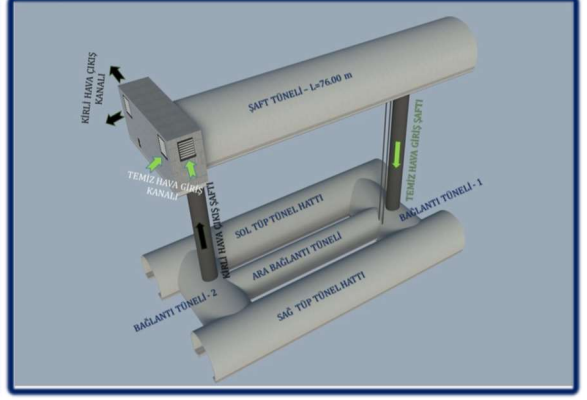
Betonarme elemanların CTP kompozit boruya kıyasla 10 kat, çelik borununsa yaklaşık 5 kat ağır olması ve tünel içerisinde yer alan ve yüksekliği 394 m'yi bulan 3.600 mm çapındaki havalandırma



kuyularının kaplanması için gerekli vinçlerin, açılan havalandırma tünelleri içerisinde çalışmasının olanaksız olması nedenleriyle CTP kompozit boru tercih edilmiştir. [32]



Şekil 7- 13: Havalandırma kuyusu: 3,60m çap



Şekil 7- 14: Havalandırma sistemi



Şekil 7- 15: CTP Boru montajı için kuyu dibinde kurulan sehpa



Şekil 7- 16: Kuyu içine boru kaplama yapılıncaya kadar duraylılık sağlaması için doldurulan agreganın boşaltılarak boru montajının yapılması

Boru montajı sırasında aşağıdaki yöntem kullanılmıştır.

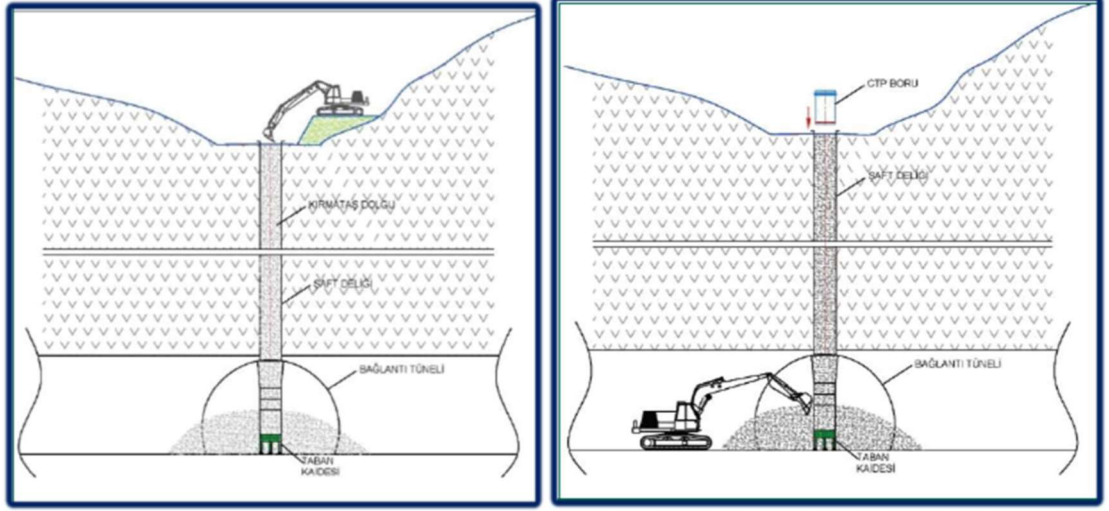
1. Boru montajı esnasında montajı yapılan borunun sırasını izleyebilmek amacıyla, boru sırasını ve numarasını belirten işaretlemeler, kamera çekimleri sırasında görülebilecek boy ve renkte boru içerisine işlenmiştir.

2. Kuyu içerisinde, kuyu duvarlarından ve/veya baca ağzından, içeri doğru su girişi gözlenmişse; suyun sonraki aşamalarda boru ve kuyu duvarı arasında yükselmemesi için ankraj deliklerindeki kapama tapaları sökülmüştür.
3. Ankraj deliklerindeki kör tapaların sökülmesine karşın, boru arkasında biriken su sürekli kontrol edilerek iki metreden daha fazla yükselmesi farklı yöntemlerle de engellenmiştir.
4. Boru içerisine, yüksek çözünürlükte video kamera indirilerek bölümler halinde 360° görüntüler alınarak boru ve bağlantı noktaları detaylı olarak incelenmiştir.
5. Servis kuyununun en alt noktasında; kuyu-tünel bağlantısındaki boru ve ankraj duvarı çevresine sızdırmazlık sağlanması için kaplama yapılmıştır.
6. En alt borudaki uygun ankraj deliklerinden başlanarak en fazla 0,5 bar nozul çıkış basıncı ile boru ve kuyu duvarı arasına en fazla iki metre yükseklikte hızlı kürleşen (istenilen kalite ve nitelikte) boru arkasını tamamen dolduracak şekilde beton enjeksiyon yapılmıştır.
7. Betonlama sırasında içten gerdirmeli çelik destek elemanlarıyla betonlanan bölge kürleşme tamamlanıncaya kadar boru daireselliği korunmuştur.
8. Montajın her aşamasında; kuyu girişindeki en son montajı yapılan boru kotu izlenerek, herhangi bir oturma, çökme veya bozulma olup olmadığı gözlenmiştir.
9. Bütün işlem adımları tamamlanıp, enjeksiyon işleri de bitirildikten sonra; en son dökülen betonun gerekli dayanıklılığı sağlaması beklenmiştir.
10. En son montajı yapılan baca ağzındaki borudan başlanarak; enjeksiyon yapılması için de, delikler kullanılarak enjeksiyon perdesi üzerinden kuyu duvarında açılacak deliklere kaya bulonu ile borular sabitlenmiştir. Bulon delgileri uygun ölçülerdeki el tabancaları ile yapılmıştır. Bu işlem, en son boru sabitleninceye kadar yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla yapılmıştır.
11. Enjeksiyon dolgusu tamamlanmış bölgenin daha sonra kaya bulonu için delinmesi sonucu enjeksiyon perdesinin örselenmesi nedeniyle boru arkasına suyun geçmesi ve bunun sonucunda suyun yükselmesi riskine karşı gerekli önlemler alınmıştır. Herhangi bir su sızıntısı gözlemlenmesi durumunda kimyasal enjeksiyon uygulamaları ile sızdırmazlık sağlanmış ve montaj yöntemi, önce ankraj sonra enjeksiyon şeklinde değiştirilmiştir.
12. Ankraj delikleri ve kaya bulonları kafaları, boru iç yüzeyi ile eş yüzey olacak şekilde alçı veya sıva malzemesi ile pürüzsüz bir şekilde kapatılmıştır.
13. Boru iç yüzeyi; toz, kir, enjeksiyon döküntüsünden arındırılarak temizlenmiştir.

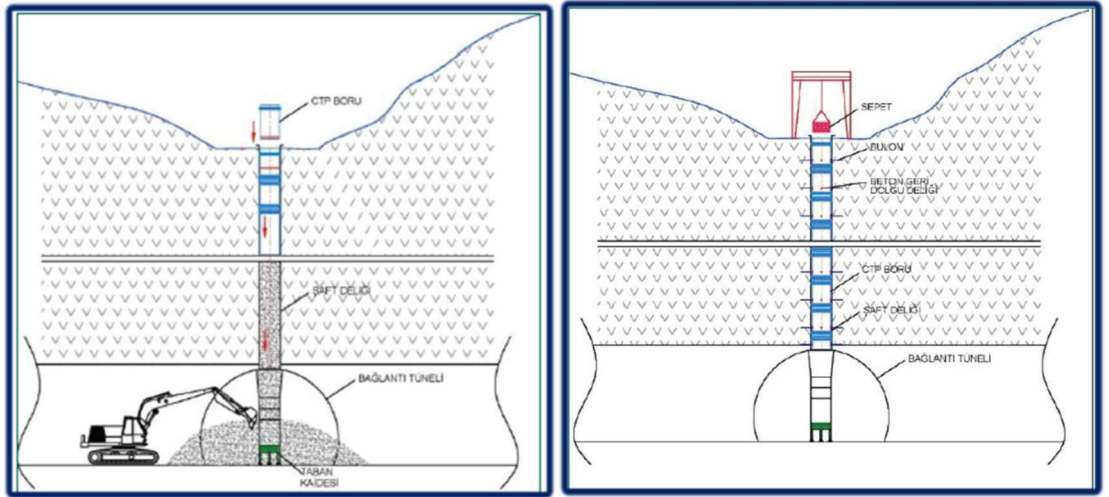


14. Boru iç yüzeyi 1 mm kalınlığında Termos koruyucu boya ile boyanmış ve boyanın sudan korunması için gerekli önlemler alınmıştır.

15. İşlemlerin her aşaması için; İş Güvenliği Uzmanı tarafından önerilen, proje şartlarına uygun donanımlar kullanılmıştır



Şekil 7- 17: Havalandırma kuyusuna yukarıdan aşağıya doğru borular indirilirken aşağıdan da agreganın boru boyu kadar boşaltılması



Şekil 7- 18: Boru yerleştirme ve sonrasında ankraj-enjeksiyon ve beton dolgu ile destekleme işleri

### 7.4.3. Çelik Boru ile Kaplama Yöntemi (Kars Tiflis Demiryolu Tüneli)

Tünelin Türkiye tarafındaki ucu Kars -Aktaş gölü kıyısında diğer ucu da Gürcistan/Kartsakhi`de olan Kars-Tiflis-Bakü demiryolu hattının sınır geçişinde bulunan 4 km uzunluğundaki tünelin havalandırma kuyusu tünelin ortasında bulunan havalandırma cebi yerleşkesine doğru BKAM ile açılmıştır.

Güzergâh raporu incelenmiş, havalandırma kuyusunun güzergâh üzerinde yapılan en yakın sondaj verilerine göre kırıklı çatlaklı zayıf bazalt ve çok zayıf olarak isimlendirilmiş piroklastik birim içinde olacağı ve Lugeon test sonuçlarının geçirgenliğe işaret ettiği bilgileri edinilmiştir.

Bu bilgiler doğrultusunda oluşturulan metodolojiye göre enjeksiyon ile ön güçlendirme yapılması koşuluyla 1,5 m çapında dikey 110 m derinlikli 2 kuyu BKAM ile açılmasına ve akabinde 5 mm kalınlıklı 1m çapında çelik borunun vinç yardımıyla askıda tutularak kuyu içine monte edilmesine karar verilmiştir.

Sahaya mobilize olduğunda kuyunun dış halkasından enjeksiyon amaçlı delgi delinirken karotlu sondaj da yapılmış formasyonun filiş zonu içerisinde kum-kil-silt ve kil içinde çamurtaşı aralanmaları olduğu anlaşılmıştır.

Gerek kuyu öncesi enjeksiyonlar gerekse BKAM ile yapılan kılavuz delgi aşamasında takımın geri çekilmesi sonrası kuyu stabilitesini korumak amaçlı yapılan enjeksiyonlar ile kuyu hattı güçlendirmeye çalışılmıştır.

Kuyu tamamlanır tamamlanmaz, çelik boru montajına geçilmiş ve 1 gün içinde 110 m uzunluğunda 1m çapında 5 mm kalınlığında olan boru ek yerleri kaynakla birleştirilerek kuyu içine indirilmiştir. Kuyu tabanına kurulan platform ile kuyu-cebri boru arasındaki alın boşluğu kapatılmıştır. Boru ile kazı arasında kalan 25 cm`lik boşluk da beton ile doldurulmuştur.



Şekil 7- 18:Sırasıyla platform kazısı, kurulum, tarayıcı kafa montajı



Şekil 7- 19:Sırasıyla tarama sonrası kuyunun durumu, çelik borunun kuyu içine indirilmesi, ilk çelik borunun sivriltilmiş yapısı



Şekil 7- 20:Sırasıyla boruların birbirine kaynak edilmesi, kuyu dibine kurulan çelik sehpa ve kılıf

#### 7.4.4. Mevcut Formasyona ve İstenilen Çap ve Uzunluğa Uygun Olmayan Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Seçimi ve Performans Sorunları

Kuyu kazısı sırasında bazı jeolojik ve jeoteknik tehlikeleri önlemek için en uygun başyukarı kuyu açma Makinesinin seçilmesi çok önemlidir. Risk değerlendirmelerinde jeolojik koşulların yanı sıra bu makinelerinin çalışma koşulları da dikkate alınmalıdır. Elverişsiz zemin koşulları, bu yöntemle çalışacak makinenin daha iyi ve daha güvenilir bir şekilde seçilmesi ve performanslarının tahmin edilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Dikkat çekilecek hususları sıralayacak olursak; [33]

- Kayanın delinebilirliği/kazılabilirliği, penetrasyon oranı ve takım aşınması gibi çeşitli makine performans faktörleri kaya kütlesi koşullarından doğrudan etkilenir.
- Kuyu kazısında jeolojik faylarla karşılaşıldığında, delik enjeksiyon ve plastik paketleyicilerle güçlendirilebilir.
- Yumuşak kaya kazısında, hızlı ilerlemeyle birlikte, kesilen parçaların yeterince temizlenmesine dikkat edilmesi gerekir.
- Tarayıcı kafadaki kesicilerin geometrisi, kesici düzenine farklı sayıda düğme kesici eklenerek değiştirilebilir. Daha geniş sıra aralığına sahip kesicilerin kırılğan veya yumuşak kayalarda tarama için uygun olduğunu da belirtmek gerekir. Dar aralıklı kesiciler, itme kuvvetlerinin tam olarak kullanılmadığı çok sert ve sert kayalarda tarama için uygundur.
- Kesicilere yetersiz yük uygulandığında, daha çok mesafe kat ederek daha çok sürtünmeye maruz kalarak kesicilere takılan kesici uçlar hızla aşınır ve bu da kesici değişikliği sonucunu getireceği için projelerde süre kaybına ve maliyet artışına neden olur.
- Bununla birlikte, kesicilere uygulanan yük gerekli değerden yüksekse, bu durum da sondaj dizisinin ezilmesine, sıkışmasına ve hızla aşınmasına neden olabilir.
- Başyukarı kuyu açma operasyonunda kuyu duvarı duraylılığı, yapılan sırasında oluşan pasanın uzaklaştırılması, kaya parçalanması ve sapma gibi bazı önemli sorunlar vardır.
- Bu sorunlar arasında sapma, mekanik ve operasyonel parametrelerden doğrudan etkilenen önemli bir faktördür. Kılavuz deliğin sapması genellikle tabakaların anizotropisi, farklı kaya sertliğine sahip dik eğimli tabakalaşma, yıkama sistemi, sondaj cihazlarının işleme hassasiyetinden kaynaklanır.
- Temel koşul kesilen kaya malzemesinin kılavuz delgi aşamasında kuyu içinden uzaklaştırılması için yıkama ortamının hızının, yıkama ortamındaki kırıntılı malzemenin çökme hızından daha yüksek olması gerekir. Testler, 0,5 ila 5 mm kalınlığındaki ince malzemenin kılavuz delgi performansını % 40 oranında azaltabileceğini göstermiştir.

- Bununla birlikte, delme basıncı, dönme hızı ve tork dahil olmak üzere farklı tabakaların mekanik parametreleri pilot deliğin sapmasına neden olabilir. Jeolojik/jeoteknik parametrelerin kazılan kaya üzerindeki etkilerinin ve sondaj dizisinin kaya kütlesi ile etkileşiminin incelenmesi, pilot delik sapmasının kontrolünde hayati öneme sahip konulardır.
- Literatürde, başyukarı kuyu açma makinelerinin yanlış seçimi veya performans tahmini nedeniyle ortaya çıkan Başyukarı sondaj operasyonunun başarısızlığına ilişkin bazı vakalara rastlamak mümkündür. Stacey ve Harte, Güney Afrika'daki altın madenlerinde başyukarı sondaj operasyonu sırasında yaşanan bazı başarısızlıklardan bahsetmiştir.
- Tüm arıza vakalarından önce önemli makine titreşimi ve aralıklı yüksek tork talebi olduğunu, bunun özellikle bir sondaj borusunun çıkarılması için sondaj dizisinin gevşetilmesinden sonra başlatılırken fark edildiğini belirtmişlerdir.
- Penny ve arkadaşları (2018), çalışmasında % 50'den fazlası Avustralya'da gerçekleşmiş olan 139 vaka çalışmasından yola çıkarak başyukarı kuyu açma projelerini aşağıdaki şekilde tasnif etmişlerdir. Vakaların %5 0'den fazlası Avustralya madenlerinden, geri kalanı ise uluslararası lokasyonlardan gelmektedir. (Penny)
- Duraylı- mevcut işlevini en az iki yıl boyunca onarım gerektirmeden yerine getiren başyukarı kuyu
- Aşırı kırılma- mevcut işlevini bozmadan kuyu duvarlarında sınırlı dökülme olması
- Duraylı + destekleme- zeminin kazılmadan önce veya hemen sonra destekleme ile duraylılığını koruyan başyukarı kuyu kazıları.
- Çökmüş- herhangi bir aşamada tasarlanan amacına ulaşamamış başyukarı kazısı

## 7.5. Vaka Örnekleri ve Başyukarı Kuyu Açma Makinesi Değerlendirmeleri

### 7.5.1. Yusufeli Barajı ve HES Projesi- Artvin/Türkiye

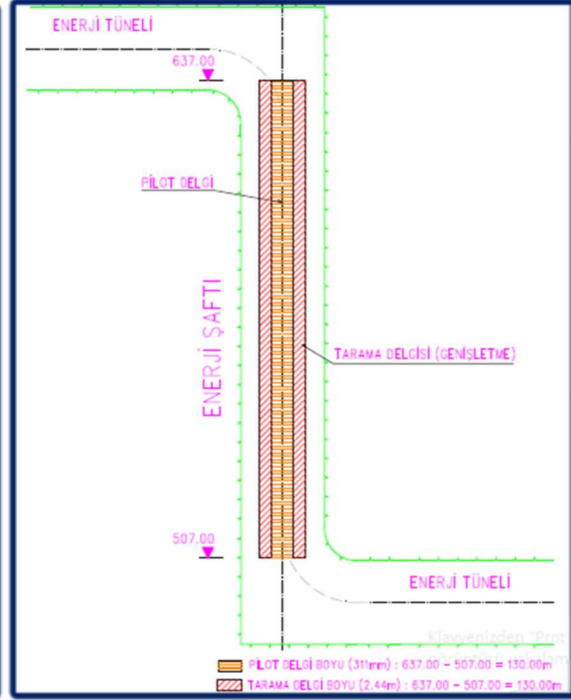
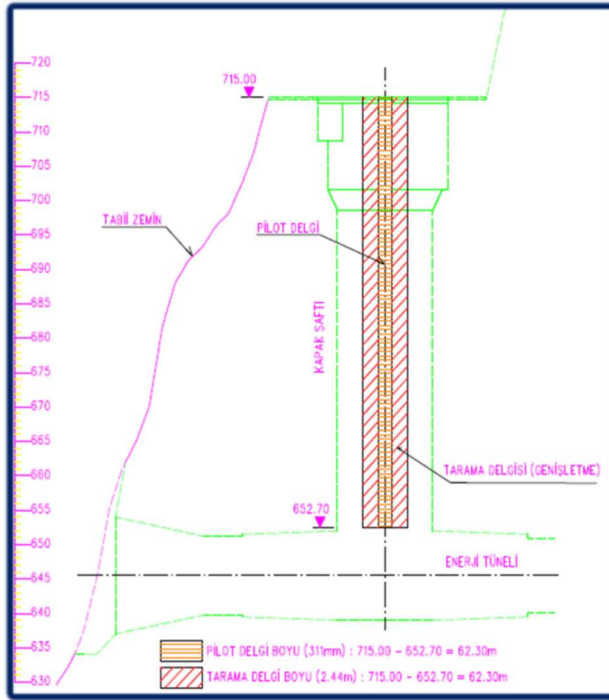
Türkiye`de özellikle 2012 yılından bu yana madenlerde ve inşaat projelerinde kuyu kazıları için başyukarı kuyu açma makineleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu makinelerin avantajlarından dolayı, başyukarı kuyu açma makineleri Türkiye'deki madencilik endüstrisinde, özellikle metal madenleri ve tünellerin havalandırmaları ve Hidroelektrik Santrallerinin, barajların su alma yapısı, cebri boru kuyuları ve enerji kuyuları gibi amaçlarla yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Başyukarı kuyu açma makineleri jeolojik koşullarını, özelliklerini ve operasyonel / performans parametrelerini belirlemek için iki proje sahası hakkında vaka sonuçları aşağıda performans değerlendirmesi amacıyla sunulmaktadır. Bu projeler, Sargın İnşaat adına bulunduğum, Artvin-Yusufeli Barajı-HES projesi ve Balıkesir-Balya kurşun-çinko madenidir. Her bir projenin detayları aşağıda belirtilmiştir. Bu projede, kapak kuyu ve enerji tünelinin pilot kazıları başyukarı kuyu açma makinesi ile yapılmıştır. Delme ve patlatma yöntemi ile kör kuyu açılması yerine bu yöntemin kullanılmasının ana amacı, kazılan malzemenin kuyu dibinden taşınarak zamandan tasarruf edilmesi ve maliyetin azaltılması idi. Diğer bir amaç da patlatmalarla kuyu cidarlarını örselenmesi riskini en aza indirmek idi. Sargın İnşaat ve Makine Sanayi, alt yüklenici olarak bu kuyuları Türkiye`nin ilk başyukarı kuyu açma makinesi olan Sandvik marka 2012 model (Rhino 1088 DC) makine ile kazmıştır. Başyukarı kuyu açma makinesinin teknik özellikleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Raise Boring	
Teknik Özellikler	
<b>Delgi Çapı</b>	660 mm – 2440 mm
<b>Baskı Kapasitesi</b>	4000 kN
<b>Tork Kapasitesi</b>	
Max Operasyon Tork	160 kNm
Max Durdurma Tork	300 kNm
<b>Güç İhtiyacı</b>	400kVA (400V, 630A)
<b>Rotasyon Hızı</b>	
Pilot	0 – 40 – 60 RPM
Genişletme	1 – 12 – 21 RPM
<b>Üretim Yılı</b>	2012
<b>Makina Durumu</b>	
Güncel	Tam Güç Çalışır.
Upgrades	-
<b>Ağırlık</b>	
Crawler ile Beraber	22.500 kg
Crawler Hariç	16.500 kg
<b>Yükseklik / Genişlik / Uzunluk</b>	
Yükseklik (Min/Max)	3.350 mm / 5.316 mm
Genişlik	1.620 mm (2890 mm with Rod Tutucu)
Uzunluk	2.180 mm
Temel Kiriş (H/W/L/Ağırlık)	370 mm / 1.620 mm / 2.180 mm / 1.300 kg
<b>Güç Paketi Bilgileri</b>	
Elektrik	2.500 x 1.250 x 1.840 mm (l x w x h) 2.230 kg
Hidrolik	1.720 x 1.500 x 1.500 mm (l x w x h) 2.130 kg
<b>Rotasyon Motor Tipi</b>	2 x DC-motors
<b>Nakilye</b>	Crawler ile taşınır.
<b>Delgi Takımı</b>	
Rods	10 inch (254 mm)
Stabilizers	12 ¼ inch (311 mm)

Çizelge 7- 2: Sandvik- Rhino 1088 DC Teknik Özellikleri [34]

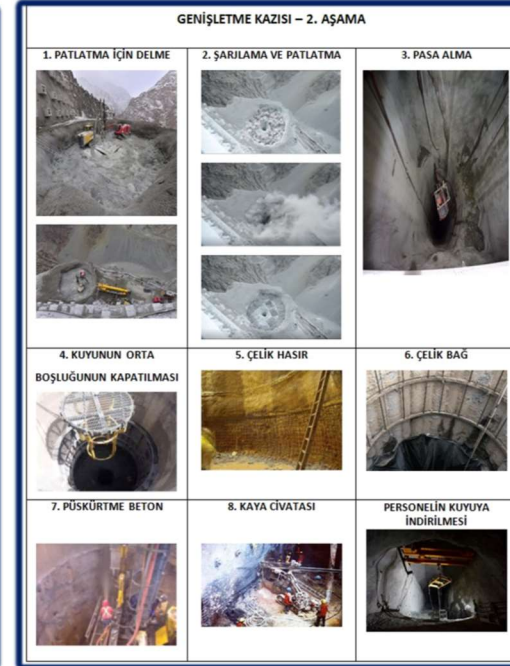
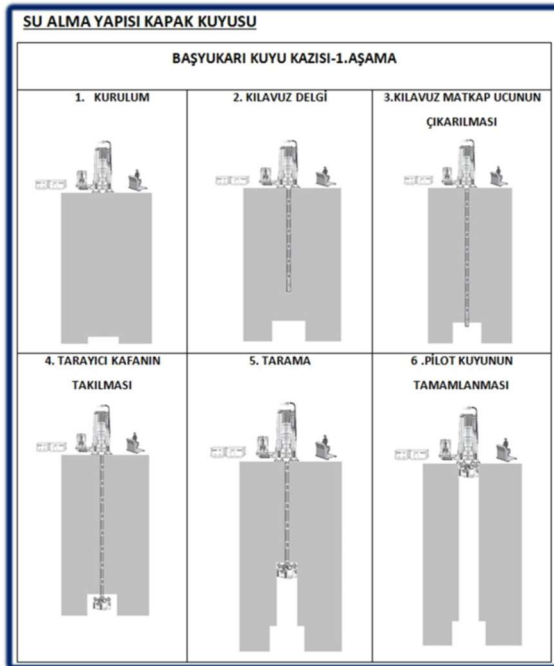
Bu makine kullanılarak, kapak kuyusu olarak adlandırılan enerji üretimi için baraj havzasında gövde önünde biriken suyu türbinlere iletmek için yapılan su alma yapısı ve bu yapının altında bulunan enerji kuyusu daha sonra genişletilmek üzere 2,44 m çapında kazılmış, daha sonra bu kuyular delme ve patlatma yöntemiyle sırasıyla 14,0 m ve 10,8 m nihai çaplara genişletilmiştir.





Şekil 7- 21: Yusufeli Barajı su alma kapak kuyusu

Şekil 7- 22: Yusufeli Barajı enerji kuyusu



Şekil 7- 22: Sırasıyla BKAM ile kılavuz kuyu kazısı 2,44m çap sonrasında delme patlatma yöntemi ile 14m çapa genişletme kazısı

Baraj kapak su alma kuyusunda makine 28 Aralık 2015 tarihinde pilot delik kazısına başlamış ve 3 Ocak 2016 tarihinde tamamlamıştır. Ardından, 6 Ocak 2016 tarihinde tarama işlemine başlanmış ve 63,84 m uzunluğundaki Kuyunun genişletilmesi 18 Ocak 2016 tarihinde tamamlanmıştır. [20]



Fiili olarak çalışma süreleri;

- Kılavuz delgi: 48,83 saat
- Tarama: 129,83 saat
- Toplam delgi süresi: 178,67 saat
- Kuyu uzunluğu: 63,84 m
- İlerleme hızı: 0,36 m/saat
- Çalışılan gün sayısı: 21 gün
- Vardiya sayısı: 1 (10+2 saat)

Daha sonra, enerji kuyusu için, Başyukarı kuyu açma makinesi ile 637 m kotu (başlangıç seviyesi) ile 507 m (yeraltı seviyesi) kotu arasındaki 130 m diyabaz ve granodiyorit kayaları kazılmıştır. Makine pilot deliğin kazısına 31 Ocak 2016 tarihinde başlamış ve 13 Şubat 2016 tarihinde tamamlamıştır. Daha sonrasında ise, tarama aşamasına 15 Şubat 2016 tarihinde ve 130,30 m uzunluğundaki kuyunun genişletilmesi 22 Mart 2016 tarihinde tamamlanmıştır.

Fiili olarak çalışma süreleri;

- Kılavuz delgi: 126,08 saat
- Tarama: 375,58 saat
- Toplam delgi süresi: 501,67 saat
- Kuyu uzunluğu: 130,30 m
- İlerleme hızı: 0,26 m/saat
- Çalışılan gün sayısı: 52 gün
- Vardiya sayısı: 1 (10+2 saat)

Her iki kuyu için pilot sondaj ve tarama operasyonlarındaki ortalama günlük ilerleme oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Her iki kuyunun kazısı için bir operatör, bir kuyu mühendisi ve iki işçi iki kuyu açma işi için çalışmışlardır. Günlük çalışma programı, pilot sondaj ve tarama operasyonları için günde tek vardiya 10 saat + 2 saat (bakım onarım için duraklamalar) çalışma esasına göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7- 23:Yusufeli Barajı su alma kuyusu aşağıdan görünüm

<b>Yusufeli Barajı ve HES Projesindeki ortalama günlük ilerleme oranları</b>		
<b>Kuyu Adı</b>	<b>Kılavuz Delgi (m/gün)</b>	<b>Tarama Kazısı (m/gün)</b>
<b>Su alma Kapak Kuyusu</b>	<b>10,58</b>	<b>5,77</b>
<b>Enerji Kuyusu</b>	<b>8,69</b>	<b>3,83</b>

Çizelge 7- 3: İlerleme hızları; kılavuz delgi çapı 311mm ve tarama kazı çapı 2440 mm

Kılavuz delme ve tarama sırasında tork, çekme kuvveti ve dönme hızı gibi başyukarı kuyu açma makinesi performans verileri kaydedilmiştir. Kaydedilen performansın ortalama değerleri kuyu açma makinesi parametreleri, iki kuyunun da hem pilot sondaj hem de tarama aşamaları için aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tabloda penetrasyon oranı her bir boru için sahada kaydedilmiştir. Net penetrasyon, ölçülen saha penetrasyon oranının ölçülen dönme hızına bölünmesiyle tahmin edilmiştir. Sahaya özgü enerji (SEfield), başyukarı kuyu açma Makinesinin veri toplama sisteminden elde edilen veriler yardımıyla aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$SE_{\text{field}} = 2 \times \pi \times N \times T / \text{NPR} \dots\dots\dots (7.1)$$

Burada;

N, tarayıcı kafasının dönme hızıdır (rpm)

T (kNm) cinsinden BKAM torkudur.

Denklemin ( $2\pi NT$ ) kısmı, belirli bir tork ve dönme hızı için kazı sırasında harcanan güçtür.

NPR net üretim oranıdır ( $m^3/h$ ).

Net üretim hızı, kuyu kesit alanı ( $m^2$ ) ve penetrasyon hızının ( $m/h$ ) çarpılmasıyla hesaplanır.

Yusufeli Barajı ve HES projesinde kılavuz sondaj ve tarama çalışmalarında ölçülen başyukarı kuyu açma makinesi performans parametrelerinin ortalama değerleri

Parametre	Su Alma Kapak Kuyusu		Enerji Kuyusu	
	Kılavuz delgi	Tarama	Kılavuz delgi	Tarama
Penetrasyon Oranı (m/h)	1,55	0,66	1,25	0,46
Penetrasyon (mm/dev)	1,46	2,83	1,17	1,90
Dönme hızı (rpm)	17,81	3,81	18,40	4,00
İtme/çekme kuvveti (kN)	177	804	191	1010
Tork (kNm)	5,70	48,52	6,00	61,00
Güç (kW)	10,89	19,96	11,94	25,82
Özgül Enerji (kwh/m <sup>3</sup> )	98,12	8,31	147,15	15,12

Çizelge 7- 4: İki kuyunun açılması sırasındaki ölçülen ve hesaplanan performans değerleri

Her iki kuyu kazısının tarama aşamasında da ilk boruların tamamlanma süreleri su alma yapısı kapak kuyusunda 48 saat iken enerji kuyusunda 23 saat olarak gerçekleşmiştir.

Tarayıcı kafanın kazı yüzeyine tam olarak oturması kazı hızını olumlu olarak etkilemektedir. İlk kuyunun 63,84 m olmasına ve 130,30 m'lik ikinci kuyuya göre daha az ölü yüke sahip olmasına rağmen ikinci kuyudan daha uzun sürmesinin sebebi temelde bu gerekçe olmuştur.

Kuyu lokasyonlarına en yakın sondajdan elde edilen kaya örneklerinin laboratuvar çalışmalarına dayanarak, tek eksenli basınç dayanımı 12 MPa ila 116 MPa arasında değişmiştir. Bununla birlikte, kazı daha çok orta ila sert kaya içinde yapılmıştır.

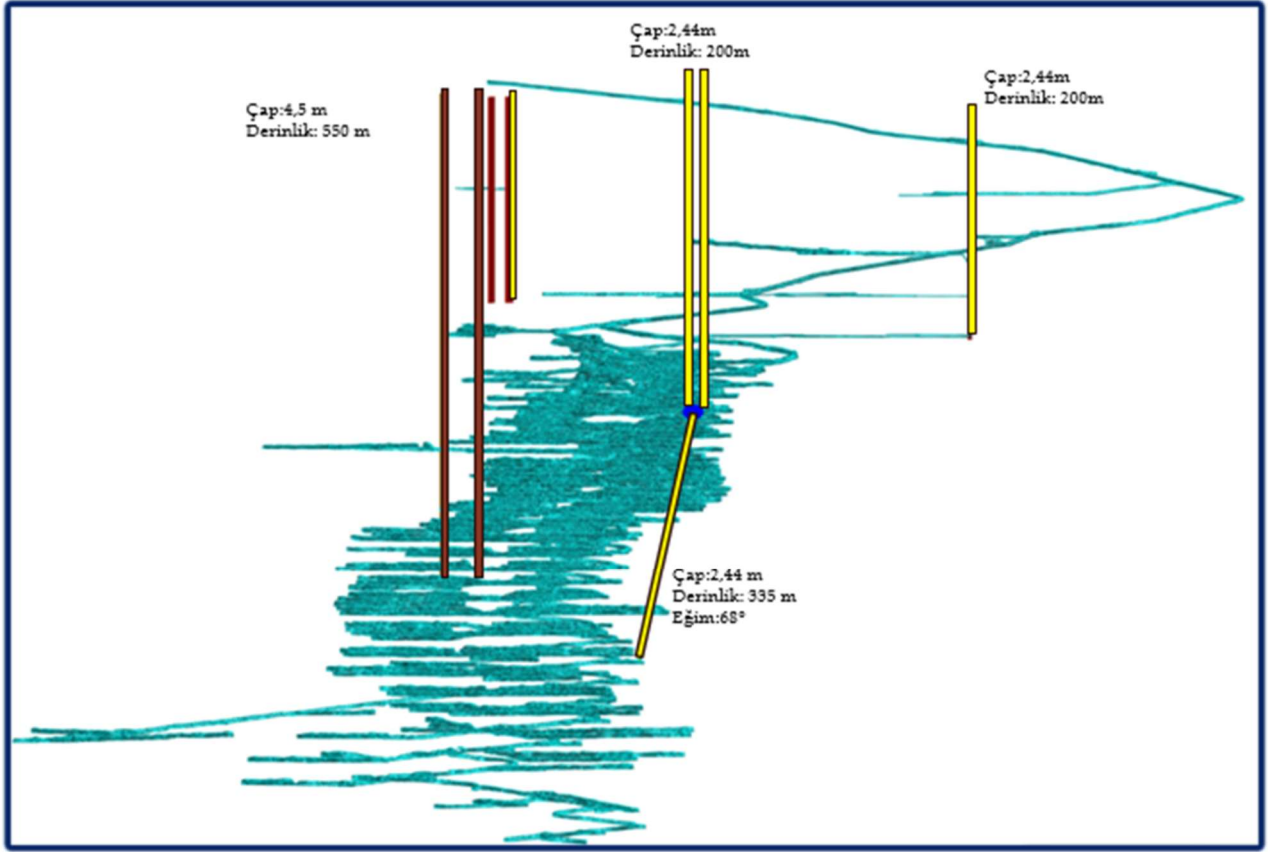
Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi, enerji kuyusundaki penetrasyon oranı su alma yapısı kapak kuyusuna göre daha az olmuştur. Enerji kuyusu başyukarı açma operasyonunda, kazılan kayaçların çoğunluğu düşük ayrışma ve eklem sıklığına sahip kırıklı ve faylı diyabaz ve sağlam granodiyoritten oluşmakta idi.

Öte yandan, operasyon gecikmeleri (sahada yapılan patlatmalı kazılar, toz oluşumu nedeniyle sensör arızaları ve güç kaynağından kaynaklı düzensiz enerji sorunu) düşük frekansa neden olan ana faktörler olmuştur.

### **7.5.2. Balya Kurşun-Çinko Madeni Havalandırma Kuyusu- Balıkesir/Türkiye**

Esan Eczacıbaşı grubu, 2007 yılında hazırlık galerine başlanan ve 2009 yılından itibaren üretim aşamasında olan Balya madenini işletmektedir. Cevher yatağı genellikle kireçtaşı-dasit ve kireçtaşı kontak alanında oluşmuştur. Maden çıkarma işlemi için ara katlı oda oluşturma (sublevel stoping method) yöntemi kullanılmaktadır. Cevher üretim alanından ana galeriye ulaşım mesafesini en aza indirmek için 5 m\*5 m ebatlarında D şeklinde maden ana galerisi olarak % 8,5 eğimli bir rampa kullanılmıştır. Ayrıca, ana galeri her türlü personel taşınması ile pasa, malzeme ve cevherin nakil yolu olarak aynı zamanda havalandırma ve servis hizmetleri hatları için de kullanılmıştır. Yapımı devam etmekte olan 900 m derinliğindeki batırma yöntemi ile yapılan nakliye kuyusu devreye girdiğinde ana galeri trafiği hissedilir derecede rahatlayacaktır.

2013 yılından bu yana, Sargın İnşaat ve Makine Sanayi Tic. A.Ş (yüklenici olarak) tarafından, Balya madeninde başyukarı kuyu açma makinesi ile havalandırma kuyuları kazılmıştır.



Şekil 7- 24: BKAM ile kazısı yapılmış havalandırma kuyuları

İlk kuyu pilot delgisi 2 Şubat 2013 tarihinde başlamış ve 18 Şubat 2013 tarihinde tamamlanmıştır. Ardından 21 Şubat 2013 tarihinde tarama işlemine başlanmış ve 197,10 m uzunluğundaki kuyunun genişletilmesi 16 Mart 2013 tarihinde tamamlanmıştır.

Fiili olarak çalışma süreleri;

- Kılavuz delgi: 119,23 saat
- Tarama: 230,38 saat
- Toplam delgi süresi: 349,67 saat
- Kuyu uzunluğu: 197,10 m
- İlerleme hızı: 0,56 m/saat
- Çalışılan gün sayısı: 43 gün
- Vardiya sayısı: 1 (10+2 saat)

Bu kuyu da yukarıda teknik özellikleri verilen Sandvik tarafından üretilen başyukarı kuyu açma makinesi ile (Rhino 1088 DC) ile kazılmıştır. Kılavuz delik ve tarama çapları sırasıyla 0,311 m ve 2,44 m'dir. Kılavuz delme ve tarama operasyonundaki minimum, ortalama ve maksimum günlük ilerleme oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir. [20]

<b>Balya Kurşun-Çinko Madenindeki en az – ortalama-en çok günlük ilerleme oranları</b>		
Değer	Kılavuz Delgi (m/gün)	Tarama Kazısı (m/gün)
En az	2,61	4,56
Ortalama	12,13	8,77
En çok	16,72	15,20

Çizelge 7- 5: BKAM ile yapılan kazı hız değerleri

BKAM performans verileri pilot delme ve tarama sırasında kaydedilmiştir. Başyukarı kuyu açma makinesinin kaydedilen performans parametrelerinin ortalama değerleri hem kılavuz sondaj hem de tarama aşamaları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

<b>Parametre</b>	<b>Havalandırma Kuyusu</b>	
	<b>Kılavuz delgi</b>	<b>Tarama</b>
Penetrasyon Oranı (m/h)	1,89	1,05
Penetrasyon (mm/dev)	1,71	4,25
Dönme hızı (rpm)	19,0	4,4
İtme/çekme kuvveti (kN)	138	1116
Tork (kNm)	5	68
Güç (kW)	9,75	33,11
Özgül Enerji (kwh/m <sup>3</sup> )	74,11	8,76

Çizelge 7- 6: Ölçülen Başyukarı kuyu açma makinesi performansının ortalama değerleri Balya madeninde kılavuz sondaj ve tarama parametreleri.

Tabloda görüldüğü gibi hem kılavuz sondaj hem de tarama çalışmalarındaki penetrasyon oranları Yusufeli Barajı projesindeki penetrasyon oranından daha yüksektir. Bu farklılığın ana nedenlerinden biri kazılan kaya formasyonu ile ilgilidir.

Balya başyukarı kuyu açma projesinde, kazılan ana kayaçlar 43,6 MPa tek eksenli basınç dayanımına sahip kireçtaşı ve ortalama 72,0 MPa tek eksenli basınç dayanımına sahip dasittir. Bununla birlikte, kuyunun bazı kısımlarında andezitlere de rastlanmıştır (ortalama 114,1 MPa tek eksenli basınç dayanımı ile).

Bu değerler, bu kuyu kazısının Yusufeli kuyularındaki kazıdan daha kolay olduğunu göstermiştir. Ancak, bazı yerlerde elverişsiz zeminin varlığı, genel performansı düşüren gecikme kaynaklarından biri olmuştur.

Buna ek olarak, öğrenme periyodu içinde olan ve de ilk kez başyukarı kuyu açma makinesini ilk kez hem de 197 m gibi bir derinlikte bu havalandırma kuyusunda kullanarak tecrübe eden yüklenici firma Sargın İnşaat personeli, başarılı bir sonuç elde etmiştir. Operasyonel parametreler içinde olan saha hazırlıkları konusunda edinilen tecrübeler sonraki ekip adına sonraki işler için önemli bir kazanım olmuştur. Saha hazırlığının beklenenden yavaş olması, kuyunun toplam tamamlanma süresine etkisi olmuşsa da risklerle dolu delme patlatma yöntemine kıyasla kuyu, çok daha kısa sürelerde ve sorunsuz bir şekilde tamamlanmıştır.

Uygun saha düzenlemesinin gecikmeleri ortadan kaldırdığı ve verimliliği artırdığı iyi bilinmektedir. Operatör tecrübesi de makinenin performansına etki eden bir faktördür. Bu iki parametre, özellikle pilot sondajda göreceli olarak düşük performansın ana nedenleri olabilir.

Kılavuz delgi sırasında sapmayı ölçmek mevcut teknoloji imkanları dahilinde RVDS kullanımı olmadığı takdirde mümkün olamamaktadır. Operatörün delgi sırasında formasyona göre doğru baskı ve rotasyon uygulaması sapmayı kabul edilebilir limitlerde tutar. Sapmanın olmaması için gösterilen özen nedeni ile RVDS kullanımına kıyasla ilerleme hızı düşük olur. RVDS kullanırken anlık olarak delgide sapma olup olmadığını görebiliyor olmanız BKAM'ı tam kapasite ile kullanma avantajını beraberinde getirir. Balya'da yapılan ilk başyukarı kuyu denemesinde, deneyim olmamasına ve RVDS kullanılmamasına rağmen sapma olmadan hedeften çıkılması önemli bir başarıdır.

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Başyukarı kuyu açma makinesi ile kuyu açma yöntemi, madencilik ve inşaat faaliyetlerinde çalışma prensiplerine uygun gerekliliklerin sağlanması durumunda hızlı, güvenli ve kazı çevresini örselemeden ideal forma yakın kazı yapabilme özellikleri itibarıyla benzer yöntemlerle kıyaslandığında daha avantajlıdır. Uygun koşullarda çalışıldığında kaplama ve/veya ilave destekleme yapılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. İnşaat projelerinde servis hizmet süresi uzun tutulduğu için beton kaplama yapılması gerekebilir. Bu durumda prekast segment uygulamaları veya yerinde beton kaplama yapılabilir. Zigana tüneline kompozit (Cam Elyaf Takviyeli Plastik) borular kuyu içine yukarıdan aşağıya doğru yerleştirilmiş ve zeminle boru arasındaki boşluklar enjeksiyon ile doldurulmuştur.

Orta sağlamlıkta kuyunun, ön güçlendirme yapılarak, ilave desteklemeler yapıncaya kadar ayakta kalabilmesinin mümkün olması koşuluyla BKAM yöntemi denenebilir. Yukarıdan aşağıya doğru ilave desteklemeler yapılarak uzun süre ayakta kalması sağlanabilir. Kuyu tamamlanır tamamlanmaz uzaktan kumandalı püskürtme beton (fiber katkılı) uygulaması yapılması, vinç yardımıyla çelik boru indirilerek boru ile kazı yüzeyi arasının beton ile doldurulması uygulanabilir seçenekler arasındadır.

Sağlam zemin şartları bulunmayan kuyu lokasyonlarında ön güçlendirme şartı ile kısmi riskler alınarak uygulanabilse de genel prensiplerden uzaklaşıldıkça karşılaşılabilecek zorlukların üstesinden gelmenin güç olacağı açıktır.

Diğer yöntemlerde de olduğu gibi, gerekli zemin şartlarının tespiti sonrası, uygun kuyu lokasyonu seçilerek olası risklere karşı hazırlıklı olmak hızlı ve güvenilir kuyu açmanın anahtarıdır.

Proje ihtiyacı olan çap ve derinlikte kuyu açmak için kaya dayanımı, aşındırıcılık, sertlik gibi kriterler değerlendirilerek uygun makine kapasitesi, buna göre boru çapı, kılavuz delgi çapı, tarayıcı kafa ve kesici tasarımı belirlenmelidir. Teorik olarak hesaplamalarla tespit edilen kapasiteye sahip BKAM seçimi yapılmalıdır.

Makine seçimlerinde kuyu çapı, derinlik, boru çapı korelasyonu doğru kurulmalıdır. Kapasite uygunluğuna bakmaksızın eldeki mevcut bir makine ile limitleri dışında bir işi yapmaya çalışmak başarısızlıkla sonuçlanabilir. En iyi ihtimalle çok düşük verimle çalışılması ve bundan dolayı daha uzun süre kesme işlemi yaparak aşınmaya maruz kalması nedeniyle yüksek oranda kesici sarfi ile maliyet artışları olabilir. Kötü senaryo olarak da borunun maruz kalacağı torkun limitler dışında olması ve dayanımı düşük et kalınlığı yetersiz boru dizisi kullanılmasının ekipman kaybına sebebiyet vermesi muhtemeldir.



Makine üreticileri BKAM ile dikey kuyu açılırken doğrultudan sapma oranının, kayanın tabakalanma yapısı, kırık, çatlak düzenine de bağlı olmak kaydıyla, %1,0-1,5 olabileceğini ifade etmektedirler. Sapmanın olmaması ya da çok daha düşük bir tolerans ile kuyunun açılması proje için önemli ise BKAM için özel bir yönlendirmeli sondaj tekniği olan RVDS kullanılmalıdır. Zaman kaybına sebep olsa da alternatif olarak BKAM'ın kurulumu öncesinde yönlendirmeli sondaj makinesi ile kılavuz delgi yapılması ve sapma olmayacak şekilde kuyu açılması seçeneği denenebilir.

Başarılı bir başyukarı kuyu açma operasyonu için sözleşme aşamasından proje tasarımına, kurulumdan sonrası kılavuz ve tarama aşamalarından demobilizasyona kadar tüm adımların önceden planlanması ve plana sadık kalınması gereklidir.

BKAM yöntemi ile kuyu açılması, güvenli, hızlı olması nedeniyle ihtiyacı karşılayan cazip bir yöntemdir. Başarılı başyukarı kuyu açma işi için, BKAM yapılacak işin kaya formasyonunu doğru tanımlanması gereklidir.

Planlanan hıza erişebilmek projeyi zamanında tamamlayabilmek, işin yapılacağı yerde iş sahibinin sağlayacağı servis hizmetlerinin (elektrik, su, haberleşme, taşımalar, pasa nakli vs.) kurulum aşamasından kuyunun tamamlanmasına kadar eksiksiz ve zamanında sağlanmasına ihtiyaç duyulur.

Vaka çalışmalarında (Yusufeli – Balya) da paylaşıldığı üzere doğru makine ve doğru planlama ile çalışılsa bile bazı servis aksaklıkları ve ekibin öğrenme sürecinde olması gibi hususlar da işin hızına etki edebilmektedir. Ama yine de bu aksaklıklara rağmen çok daha uzun sürelerle, kazı çevresini örseleyerek, ideal formdan uzak, pek çok iş sağlığı ve güvenliği riski taşıyan alternatif yöntemlerle kıyaslandığında BKAM ile kuyu açmanın en doğru seçenek olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Başyukarı kuyu açma makinelerinin kullanımı özellikle ülkemizde ve bizim gibi sığ derinliklerde madencilik yapan ülkelerde zaman içinde giderek artacaktır.

Teknolojinin sağladığı imkanların da makine üreticileri tarafından her yeni model BKAM'a adapte edildiği de yıllar içinde gözlemlenmektedir. Daha akıllı, yetenekli, delgi sırasında kaya özelliklerini ölçme, tüm parametreleri delgi sırasında kayıt altına alma gibi özellikleri ile yeni nesil başyukarı makineler ile kuyu açma işini bir adım daha kolaylaştıracaktır. Vardiya dönüşümlerinde operatör değişiklikleri olması, bilgi eşitliği ve doğru bilgi aktarımı açısından sorun teşkil ederken, otomatik kayıt özelliği kullanıcılara kolaylık sağlayacaktır.

Eksikliği çok net hissedilen sapma kontrolü tüm makinelerde olması gereken bir özelliktir. Operatörler, kuyuda sapma olacağı endişesi ile makineyi tam kapasite ile kullanamamakta ve bu hassasiyet nedeniyle çok kontrollü olmak durumunda kalmaktadırlar. Sapma kontrolü özelliğinin gelecek modellerde standart bir özellik olması işin tamamlanma sürelerini olumlu yönde etkileyecektir.

Homojen olmayan, çatlak, süreksizlik, fay zonu, yeraltı su seviyelerine bağlı olarak aşırı su gelişleri operasyonları olumsuz etkilemek dışında uzun dönemde kuyu duraylılığına da etki etmektedir. Kuyuya kazı sırasında duraylılık kazandırmak için ön güçlendirme tekniklerinden yararlanılmalıdır.

Olumsuz formasyon koşulları bize, BKAM ile yapılan kuyuların, uzun dönem için düşünüldüğünde, tahkimat ile desteklenmesi gerektiği sonucunu düşündürmektedir. Kuyuların açıldıktan sonra nihai kaplamasının yapılması veya ihtiyaç duyulan ayakta kalma süresine göre geçici tahkimat yapılması konusunda çalışmalar yapılmalıdır. Bu amaçla en hızlı desteklemenin tünellerde de olduğu gibi püskürtme beton uygulamasını akla getirmektedir. Uzaktan kumandalı robotik püskürtme beton uygulaması kısa dönem için kuyulara duraylılık kazandırabilir. Uzun dönem için prefabrik segment kaplama, çelik kaplama, CTP boru kaplama veya beton kaplama seçenekleri düşünülebilir.

Başyukarı kuyu açma makinelerinin metan gazı içeren ortamlarda da çalışabilmesi kömür madenleri için büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Atex sertifikalı BKAM makinelerinin varlığı elle ve çok riskli ortamlarda, uzun sürelerde yapılan işleri hem hızlandıracak hem de pek çok yaralanma riskini bertaraf edecektir.

Maden planlayıcıları artık madenlerinin genel ihtiyaçları için başyukarı delme yöntemini değerlendirme fırsatına sahiptir. Planlama aşamasında sorulması gereken temel sorular bulunmaktadır.

İhtiyaç duyulan çap ve uzunlukta kuyu, mevcut teknoloji seviyesine sahip makinelerle yapılabilir mi? Doğru makine kapasitesi ne olmalıdır? Zemin koşulları ihtiyaç duyulan boyutlarda kuyu için uygun mudur? Yeraltında kuyu dibine erişim var mıdır? Ya da en erken erişim tarihi planlamaya uygun mu? Kazı sırasında oluşacak pasanın yüklenerek nakledilmesi ile başa çıkabilir misiniz? Kuyu içine girebilecek yer altı sularını kontrollü bir şekilde uzaklaştırabilir misiniz?

Zemin özellikleri ve tasarım ile ilgili hususların yanıtlanması nispeten kolay olsa da değiştirilemeyen ve kontrolümüz dışında kalan zemin şartlarının uygunluğunun değerlendirilmesi projenin başarılı olması için, maden planlayıcılarının büyük çaplı başyukarı sondaj projelerini planlarken hem tasarım hem de kuyu açma konusunda bilgi ve deneyime sahip kişi ve kurumlardan destek almaları önerilir.

Sonuç olarak ülke genelinde tez yazım tarihi itibarıyla mevcut 3 adet modern BKAM makinesi ile bilinen 18.355,35 m, çoğunlukla dikey ve kısmen eğimli, 1,2 m ile 4,5 m arasında değişen çaplarda farklı amaçlar için kuyular yapılmışken İsveç'te ve sadece Kiruna madeninde 3 yıllık bir sözleşme süresi içinde 17 farklı BAKM ile 50.000 m kuyu yapıldığını ifade edecek olursak, derinleşen yeraltı maden işletmeleri için uygulaması giderek artacak bir yöntem olacağını söylemek yanlış olma

## KAYNAKLAR

- [1] B. E. Fatih Yazar, «3. Tünelcilik Kısa Kursu - İstanbul Fuar Merkezi,» İstanbul, 2014.
- [2] R. R. Tatiya, «Excavations in upward direction – raising,» %1 içinde *Surface and Underground Excavations, 2nd Edition*, London, UK, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2005, pp. 439-467.
- [3] J. M. Torlach, «Vertical Opening Development In Underground Mines,» Department of Minerals and Energy Western Australia, 29 5 1998. [Çevrimiçi]. Available: [chrome-extension://https://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Safety/MSH\\_SB\\_039.pdf](https://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Safety/MSH_SB_039.pdf). [Erişildi: 5 Mayıs 2024].
- [4] H.-7. ©. S. A. 2018, «Raise Boring Tools And Systems User Manual,» 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.raise-boring-user-manual-eng-2018.pdf>. [Erişildi: 14 2 2024].
- [5] Herrenknecht, «<https://www.herrenknecht.com/en/pborusucts/pborusuctdetail/boxhole-boring-machine-bbm/>,» 2024. [Çevrimiçi].
- [6] L.-C. CHANG, «The Raise Bore Construction Method Used In Shaft No. 1 Of The Hsuehshan Tunnel,» 2005.
- [7] *Sandvik Mining and Construction*, SANDVIK, 2013.
- [8] Zhiqiang Liu, Yiping Meng , ScienceDirect, «Key Technologies Of Drilling Process With Raise Boring Method,» *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, cilt 7, no. 4, 2015.
- [9] Terry Greenwood, Atlas Copco, Raiseboring in Mining and Construction, Örebro, Sweden: Marcus Eklind, 2012.
- [10] S. Mining, Raise Boring Heads User Manual, Sandviken, Sweden: Sandvik, 2012.

- [11] «TRB Raise Boring,» 3 6 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.rhinoraiseboring.com/files/pages-from-mqw-feb-2018-sc5a9c2475735e9.pdf>.
- [12] T. Erdoğan, Interviewee, *Sandvik Raise Boring ile madenlerde kuyu açmak artık daha kolay*. [Röportaj]. 1 Haziran 2013.
- [13] «estcutters,» Shandong EAST Engineering Tools Co, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.estcutters.com/Products/RBMRCDRollerCutter>. [Erişildi: 5 1 2024].
- [14] H. C. C. B. D. T. T. E. ,. D. E. A. ,. O. S. ,. A. G. A. K. Aydin Shaterpour-Mamaghani, «Suggestion of new models for predicting performance of raise boring machines based on indentation tests,» *Tunnelling and Underground Space Technology*, no. 138 (2023) 105181, 2023.
- [15] «GmbH, Micon-Drilling,» 3 6 2024. [Çevrimiçi]. Available: [https://www.micon-drilling.de/Download/RaiseBore\\_draft\\_230726\\_web.pdf](https://www.micon-drilling.de/Download/RaiseBore_draft_230726_web.pdf).
- [16] M. D. G. Kai Schwarzburg, «RVDS,» Nienhagen, 2023.
- [17] «Terratec,» 3 6 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://terratec.co/raise-boring-machine/>.
- [18] «Epiroc,» 3 6 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.epiroc.com/en-mn/products/rock-drilling-tools/raiseboring>.
- [19] «Tumi raiseboring,» 3 6 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.tumirb.com/#Maquinas>.
- [20] «Herrenknecht,» 3 6 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.herrenknecht.com/en/products/productdetail/raise-boring-rig-rbr/>.
- [21] H. C. Aydin Shaterpour-Mamaghani, «Factors Affecting the Selection and Performance of Raise Boring Machines (RBMs) and Case Studies from Turkey,» %1 içinde *26th International Symposium On Mine Planning & Equipment Selection*, Luleå, Sweden, August 29-31, 2017.
- [22] J Ooi Rio Tinto, Australia, «Raisebore stability and support at deep depth and highly,» *Caving 2022 - Y Potvin (ed.)*, pp. 891-906, 2022.

- [23] C. Erdoğan, «Larjor West West Shaft Geotechnical Report,» Avesoro Resources, Larjor, Liberia, 2024.
- [24] H. C. C. B. & D. T. T. M. & E. A. A. Shaterpour-Mamaghani, «Lessons learnt from raise boring operation in the Efemcukuru Gold Mine, Turkey,» %1 içinde *ISRM International Symposium Eurock 2020 – Hard Rock Engineering*, Trondheim, Norway,, 2020,14-19 June.
- [25] «Thesis final,» scribd, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.scribd.com/document/473516830/Thesis-final-pdf>. [Erişildi: 8 1 2024].
- [26] H. C. C. B. Nuh Bilgin, «Shaft and Raise Boring Machines,» %1 içinde *Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries*, London, UK, Taylor & Francis Group, LLC, 2013, pp. 277-293.
- [27] «Tumi Raise Boring SBM 800 Manuel,» Lima, 2013.
- [28] Fichtner Consulting, «Particular Technical Specification Underground Excavation and Raise Boring,» Stuttgart, Germany, 2015.
- [29] Rob Regan - Mine Safety Operations Branch - Nsw Trade & Investment, «Guideline MDG 1030 Guideline for raiseboring operations,» 2013.
- [30] Janus Marais, Bergteamet, «Work Procedure, Performing Maintenance on reamer at the bottom of the shaft,» Bergteamet, Östersund, Sweden, 2019.
- [31] NSW Government, M. Stephens, «Water inrush from Raisebore Hole,» 2011.
- [32] Izak Bredenkamp, Master Drilling, «Remote Control Shotcrete Application for Raisebore Shaft,» Fochville, South Africa, 2024.
- [33] Alperen Eroğlu, Süperlit Borusan A.Ş., «TMMOB Makine Mühendisleri Odası,» Süperlit Borusan A.Ş., [Çevrimiçi]. Available: [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/010\\_25.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/010_25.pdf). [Erişildi: 8 5 2024].
- [34] G. W. H. G. J Ooi, «Raisebore stability and support at deep depth and highly defected rock mass condition: Oyu Tolgoi case study,» Perth, Australia, 2022.

- [35] Tayfun Erdoğan, Sargın İnşaat ve Makine San. Tic. A.Ş., «Ekipmanlar,» Sargın İnşaat ve Makine San. Tic. A.Ş., [Çevrimiçi]. Available: [https://sargininsaat.com/tr/?page\\_id=940](https://sargininsaat.com/tr/?page_id=940). [Erişildi: 14 1 2024].
- [36] B. Stack, Encyclopedia of tunnelling, mining and drilling equipment, Hobart: Mining Hobart Muden Publishing Company , 1995.
- [37] K. H. W. K. Bruemmer, «Alman Kömür Madenlerinde kuyu açma deneyimi ve yeni gelişmeler,» %1 içinde *Hızlı Kazı ve Tünel Açma Konferansı*, Nevada, 1976.
- [38] M. Grieves, Shaft sinking today, a boring business tomorrow, Mining Engineers, The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Dec. 1981, pp. 1705-1709.
- [39] I. R. Muirhead, «Madencilikte mekanize kazı, yarın için bir meydan okuma,14,» %1 içinde *Kanada Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Vancouver, , 1982.
- [40] Shaterpour-Mamaghani, Aydin - İTÜ, «26th International Symposium On Mine Planning & Equipment Selection,» %1 içinde *Factors Affecting the Selection and Performance of*, Luleå, Sweden, 2017.
- [41] «[www.herrenknecht.com/en/products/productdetail/boxhole-boring-machine-bbm/](http://www.herrenknecht.com/en/products/productdetail/boxhole-boring-machine-bbm/),» Herrenknecht, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.herrenknecht.com/en/products/productdetail/boxhole-boring-machine-bbm/>. [Erişildi: 4 Mayıs 2024].
- [42] «Edilmac dei F.lli Maccabelli s.r.l.,» Edilmac, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.edilmac.com/en/raise-boring/raise-robots/>. [Erişildi: 10 1 2024].
- [43] M. Calderwood, «Robotic Shaft Lining,» Cleveland, 2014.
- [44] G. Boyle, «Remote Shotcrete Shaft Lining,» Cannington, Australia, 2013.