



DÖNER DARBELİ DELİK DELME PERFORMANS ANALİZİ ve UYGUN UÇ SEÇİMİ: KAYSERİ HİMMETDEDE OCAĞI ÖRNEĞİ

Mehmet OSMANOĞLU

Askom Mühendislik, Ankara, TÜRKİYE
osmanoglu.mehmet@outlook.com

Önemli Katkılar (Highlights)

- Delgi veriminde pasa irilikleri (PİK) performansları kıyaslanarak değerlendirme yapılmıştır.
- Delgi hızı (PR) istatistikleri ile delici uç performansları analiz edilmiştir.
- Delici uç tipinin ve dizaynının delgi hızı(PR) ile pasa irilik kat sayısı (PİK) arasındaki ilişki incelenmiştir.
- Button tip delici uçların araştırma için kullanılan sahada daha az pasa kırıntısı ürettiği ve daha hızlı ilerlediği gözlemlenmiştir.



DÖNER DARBELİ DELİK DELME PERFORMANS ANALİZİ ve UYGUN UÇ SEÇİMİ: KAYSERİ HİMMETDEDE OCAĞI ÖRNEĞİ

* Mehmet OSMANOĞLU

Askom Mühendislik, Ankara, TÜRKİYE
osmanoglu.mehmet@outlook.com

(Geliş/Received: 07.10.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 06.08.2023)

ÖZ: Bu çalışmada Himmetdede ocaklarında kullanılan delici makineler ile delgi işlemi yapılmıştır. Delici uçlarının özelliklerine göre 3 farklı bit tipi kullanılmıştır. Button ve yarı balistik olarak adlandırılan bu delici uç tiplerinin işletme sahasında verimliliği kıyaslanması yapılmıştır. Delik delme verimlerinde gerçekleşen değişimlerin incelenmesi amacıyla arazide delik delme süreleri ölçülmüş ve buna bağlı olarak her bir delici ucun delme hızları (PR) hesaplanmış ve delik delme işlemi sonucunda açığa çıkan kırıntılardan temsili örnekler alınarak laboratuvarda elek serisi ile sınıflandırılarak her bir delik için pasa irilik katsayıları (PİK) hesaplanmıştır. Elde edilen bütün veriler birlikte değerlendirilerek farklı delici uç tipleri için delme verimlerinde gerçekleşen değişimlerin incelenmesi ile söz konusu granitoid ocaklarında gerçekleştirilen delme işlemi için uygun uç tipi belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Delgi Biti, İlerleme hızı, Pasa irilik kat sayısı (PIK)

Evaluation of Percussive Drilling and Selection of Suitable Bit: The Case of Kayseri Himmetdede Quarry

ABSTRACT: In this study, drilling was done with the drilling machines used in Himmetdede quarries. According to the characteristics of the drill bits, 3 different bit types were used. Efficiency comparisons of these drill bit types, called button and semi-ballistic, were made in the field of operation. To determine the changes inefficiency of drilling operations, penetration rates were observed on the field and drilling rates (PR) of each drill bit accordingly calculated. Then the coarseness index was calculated. As a result of the drilling operations the coarseness index was calculated for each hole by taking representative samples from exposed crumbs and classified by sieve series in the laboratory. Suitable bit type was tried to identify for the granitoid quarries by examining the all data together which includes the changes in efficiency of drilling operations.

Keywords: Drill bit, Penetration rate, Coarseness index (CI)

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Delme patlatma yöntemi ile üretim yapılan bir işletmede delik delme makinesinin seçiminden sonra uygun delici ucun seçimi de çok önemlidir. Delme işleminin maksimum verim de olabilmesi için delici uç seçimi yapılırken uç özellikleri ile delme işleminin yapılacağı formasyonun özelliklerinin ilintili olması gerekir. Bu nedenle delme işleminin yapılacağı formasyonun özelliklerine göre delik delme işleminde kullanılacak uç tipinin iyi belirlenmiş olması gerekir. Aksi halde delme verimliliği oldukça düşecek ve dolayısıyla da maliyet yükselecektir.

Açık ocak maden işletmeciliği çalışmalarında patlatmaya yönelik delme işleminin amacı, kayaya mekanik enerji uygulayarak içine patlayıcı maddelerin yerleştirilebileceği deliklerin oluşturulmasıdır. Kayaçlarda delme işlemi, delici uç tipleri, delme hızı, delinecek formasyonun fiziksel, mekanik ve jeoteknik özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler göz önüne alınarak delme işleminde istenen verimde

*Corresponding Author: Mehmet OSMANOĞLU, osmanoglu.mehmet@outlook.com

çalışılması durumunda hem işletme hem de üretim maliyeti önemli ölçüde etkilenmektedir. Delme işleminde uygun çalışma parametrelerinin belirlenmemesi sonucu uçlarda aşırı aşınma ve yüksek miktarda uç tüketimi kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle, uygun makine parametreleri ve uç tipinin seçimi önemli olmaktadır. Uygulamalarda çeşitli formasyonlar için çok farklı uç tipleri kullanılmaktadır. Yumuşak ve sert kaya oluşumlarının delinmesi, delgi uçlarının ömrünü önemli ölçüde azaltabilir. Bu, delme sırasında üretilen sıcaklığın ve dikkate alınan çalışma parametrelerinin birleşik etkisinden kaynaklanmaktadır [4]. Matkap ucunun aşınma hızı, kaya örneğinin aşınmasına bağlı olarak belirlenmiştir. Bu, kaya örneğinin silika (SiO₂) içeriğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, kaya özelliklerinin incelenmesi, optimum delme parametrelerinin ve matkap ucu tipinin seçiminde yardımcı olacaktır [1].

[2], yaptıkları çalışmada delik delme işleminde uç tipinin ve pasa irilik kat sayısının delik delme hızına etkisini incelemişlerdir. 3 farklı uç tipi için delik delme hızı ve pasa irilik katsayıları belirlemişlerdir. Pasa irilik katsayısı arttıkça delme hızının da arttığı belirlenmiştir [3], farklı uç tiplerinde yeraltında farklı formasyonlarda delme amacına göre delme hızları ve verimleri arasında kıyaslama bilgileri mevcuttur. [5] ve [7] yapılan çalışmalarda kaya formasyonlarındaki değişkenliklerin delinebilirliğe etkilerinin analizlerinden bahsedilmiştir.

Kazı mekaniği deneyleri gerçek boyutlu keskinlerin kullanıldığı tam boyutlu doğrusal kazı seti kullanılarak yapılan kesilebilirlik deneylerinden oluşmaktadır. Bu deneylerde kayacı kesmek için gerekli olan kesme kuvvetleri (Kesme kuvveti, FC; Normal kuvvet, FN) ve sarf edilen spesifik enerji (SE) belirlenir. Kazı deneyleri sonrasında ortaya çıkan pasaların bir elek seti ile 5 elenerek parça boyut dağılımı tespit edilerek buradan pasa irilik katsayısı (PİK) hesaplanmaktadır [9].

Çalışılan formasyonun değişkenliği göz önünde bulundurularak delici uç seçiminde sarf ve süre olarak en iyi performans gösteren özellikteki uç türlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında Kayseri Himmetdede bölgesinde bulunan maden sahalarında kullanılan delici makinelerin, bölge formasyonuna göre belirlenmiş delici uçlar ile patlatma/numune delik delme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında buton, balistik ve yarı balistik delgi ucu özellikleri olan ekipmanlar kullanılmıştır.. Çalışmalar sırasında makinenin çalışma parametreleri sabit tutularak farklı uç çeşitlerine bağlı olarak performans analizleri yapılmıştır. Bunun için arazide delme işlemi süresince zaman etüdü(kronometraj) çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu veriler birlikte değerlendirilerek hangi uç tipinin kullanımının uygun olacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

Delgi hızları seçilen delici uçlara göre aşınma dereceleri ile doğru orantılı olarak azalmıştır. Delgi işlemi esnasında çıkan pasalardan alınan numuneler ile pasa irilik katsayıları mukayese edilmiştir. Pasalardaki iriliklerinin artması veya azalması işletmeye ek bir işlem tanımlamadığı için PİK değerinin yüksek olması delgi hızının daha fazla olmasının etkenlerindedir.

2. MATERYALVEMETOT (MATERIALANDMETHOD)

2.1. Delici Makine ve Kullanılan Delici Uçlar (Drilling Machine and Drilling Bit)

Hammadde maliyetine etki eden masraf kalemlerinden birisi de delik delme maliyetidir. Delik delme maliyetlerine etki eden parametreler ise delici uç tipi, makinenin çalışma parametreleri ve kayacın özellikleridir. Uygun çalışma parametrelerinin belirlenmemesi sonucu uçlar da aşırı aşınma ve yüksek uç tüketimi kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle, uygun makine parametreleri ve uç tipinin seçimi önemli olmaktadır. Uygulamada çeşitli formasyonlar için çok farklı uç tipleri kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Himmetdede Granitoid ocağında delik delme işlemlerinde kullanılan Delici makineye (Şekil 1) farklı delici uçlar temin edilmiştir. Granitoid ocağında 3 farklı delici uç tipi kullanılmıştır.



Şekil1.Delici makinenin genel görünüş
Figure1.General view of the drilling machine

Delici ucun görevi, kullanılacağı formasyonda en iyi penetrasyon(ilerleme) oranı ile delik delmektir. Delici uç seçimi yapılırken aşağıdaki parametreler mutlaka değerlendirilmelidir;

- Kayaç Özellikleri
- Delici Tabanca Özellikleri
- Penetrasyon Oranı
- Servis Ömrü
- Bileme Aralıkları
- Delik Kalitesi

Çalışılacak olan zemine göre, farklı tipte tasarlanmış delici uçlar mevcuttur. Sert formasyonlarda küresel(spherical), yumuşak zeminlerde ise sivri (ballistic) butonlu bitler tercih edilmelidir [6].

.Maksimum penetrasyon oranı ile iyi delikler delebilmek için, formasyonun özelliklerine göre uç seçimi, en önemli parametrelerden biridir. Çatlaklı ve delik çökmesinin yaşanabileceği zeminler de retrac (bıçaklı) tip uç tercih edilmesi uygundur. Bitin arkasında bulunan bıçak şeklindeki yapı, delik ilerlemesi esnasında, delinen malzemenin uç arkasında toplanmasını, olası çökmelerde sıkışmayı engellemek amacı ile tasarlanmıştır [6].

Uçlar delik delerken doğal olarak aşınacaklar ve bir müddet sonra ömürlerini tamamlayacaklardır. Busüreyimaksimumdüzeydetutmakişletmemaliyetiaçısındanoldukçaönemlidir.Aşınandeliciuçları bilemek, uç ömrünü uzatmak için tercih edilebilir [6].

Himmetdede 'de bulunan madende ve serbest piyasa taleplerine hammadde sağlamak için Granitoid ocağında yapılan delme işlemlerinde, mevcut delici makinede uygun farklı uçlar kullanılması planlanmaktadır. Kullanılan uçların başlangıç aşamasındaki durumları Şekil 2'de ve uçların ömrünü tamamlamış olduğu durumları Şekil 3'de verilmiştir. Denenmesi planlanan farklı uçların, makine üzerindedğiştirilerekaynıformasyondadeliksayısvedelmemiktarişitolacakşekildekullanılmasına dikkat edilmiştir. Delici makinenin Granitoidteki delme işlemlerinde, çalışma parametreleri (baskı kuvveti, dönme hızı, akışkan hava basıncı, darbe basıncı) kullanılan uçların verimliliği gözlemlenmesi için tüm delme işlemlerinde sabit tutulmuştur.

Delici makinelerin sahadaki çalışmalarını kıyaslamalarının daha uygun yapılabilmesi için makine çalışma parametrelerinin sabitlenmesi gerekmektedir. Bu proje çalışmasında kullanılan delici makinenin çalışma parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil2.Çalışma kapsamında kullanılan delici uçların başlangıç durumları (a):tipi(Buton), (b):B tipi (Yarı Balistik), (c) : A tipi (Yarı Balistik)

Figure2. Initial states of the drill bit used in the work(a):(A)Type A(Button) (b):Type B(Semi-Ballistic) (c):Type A(Semi-Ballistic)



Şekil3.Çalışma kapsamında kullanılan delici uçların delgi işlemleri sonrası durumu (A):A tipi(Buton), (B) : B tipi (Yarı Balistik), (C) : A tipi (Yarı Balistik)

Figure3.Initial states of the drill bit used in the work (a):(A)Type A(Button)(b):Type B(Semi-Ballistic)(c):Type A(Semi-Ballistic)

Çizelge1.Delici makinenin çalışma parametreleri

Table 1.Working parameters of the drilling machine

Hava Basıncı	6 bar
Dönme Hızı	30–50 bar
Baskı Basıncı	BirinciDarbe50 bar İkinciDarbe85bar
Darbe Basıncı	Birincidarbe70bar İkinciDarbe95bar

2.2. Arazi Çalışmaları ve Uygulamalar (Field Works And Applications)

Arazi çalışmaları Himmetdede Granitoid ocağında gerçekleştirilmiştir. Ocakta delik delme öncesinde örtü kazı işlemleri yapılmaktadır (Şekil 4). Çalışmalarda ocakta uygulanan delik paterni planlama aşamasında uygulanmaktadır. Delici uçların kıyaslanması için Pasa İrilik Katsayısının (PIK) değerlendirilmesi önemlidir.

Arazi çalışmaları, delikler delinirken delme süreleri ve delik boylarının kaydedilmesi ve deliklerden açığa çıkan pasalardan örnek alınmasını (Şekil 5) kapsamaktadır. Bu çalışmaların sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için arazi çalışmaları sırasında deliklerden alınan kırıntılardan konikleme dörtleme şeklinde temsili numune alınmıştır.



Şekil 4. Açık ocak örtü kazı işinden bir görünüm
Figure 4. A view from the open pit cover excavation



Şekil 5. Delik delme işleminde çıkan kırıntılardan örnek alım işlemi
Figure 5. Sampling process from the part removed in the hole drilling process

Delik delme sırasında deliğe başlandığı andan delik bitimine kadar olan süreler kronometre ile ölçülmüştür. Delikler delinirken üç farklı süre tutulmaktadır. Bunlardan birincisi delme işleminin başlangıç zamanı ile bitiş zamanı arasındaki fark, ikincisi o delikte tabancanın iş yaptığı toplam süre, diğeri ise bir tij boyu delinmesinde geçen süre olmaktadır. Toplam delik süresi içinde hem delme işi hem de deliğin temizleme işi yapıldığından dolayı üç ayrı süre hesabı yapılmaktadır. Bu nedenle, delik delme süresi içinde deliğin temizleme zamanı, manevra hareketleri, tij değişim süreleri, pozisyon alma süreleri çıkarılarak net delik delme süresi (PR_{net}) her bir delik için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Delik boylarının değişken olması sebebiyle, her bir delikte bir tij boyu olan 3 metrelik mesafeler için net delgi süreleri de kayıt altına alınmıştır.

Daha sonra ölçülen delme sürelerinden her delik için brüt delme hızı (PR) ve net delme hızları (PR_{net}) Eşitlik 1 ve 2 yardımıyla hesaplanmıştır. Bu delme hızlarına ilişkin bazı veriler örnek olarak Çizelge 2' de verilmiştir.

$$PR = \frac{H}{T} \quad (1)$$

$$PR_{net} = \frac{H}{T_{net}} \quad (2)$$

Burada; PR: Brüt delme hızı (cm/dak), PR_{net}: Net delme hızı (cm/dak), T:Toplam delik delme süresi (dakika), T_{net}: Net delik delme süresi (dakika), H : Delik boyu (cm)

Çizelge 2. A-Yarı balistik uç ile beş adet delik için hesaplanmış net delme hızları

Table 2. A-Net drilling rates calculated for five holes with semi-ballistic bit

Delik No	Delik Delme Süresi	Delik Boyu	Ne Delik Delme Süresi	1TijDelme Süresi(3m)	Brüt Delme Hızı	Net Delme Hızı	Delik Verimi
	s	m	s	s	cm/dk	cm/dk	%
1	503	4,40	307	209	52,51	86,12	60,98
2	527	4,80	322	201	54,61	89,55	62,00
3	528	5,00	322	193	56,87	93,26	60,00
4	536	5,00	327	196	56,00	91,84	61,00
5	476	5,00	290	174	63,08	103,45	62,00

Delik verimleri ise brüt delme hızının net delme hızına oranı Eşitlik 3 yöntemi ile hesaplanmaktadır.

$$Delik Verimi = \frac{PR}{PR_{net}} * 100 \quad (3)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

3.1. Sahanın Jeolojisi (Geology of the Site)

Himmetdede genel olarak yaşlıdan gence doğru metamorfikler (şist-kireçtaşı), Granitoidik-granodiyoritik sokulum, piroklastikler ve gölsel tortullar yer almaktadır.

Bölgesel ölçekte bilinen, Kayseri'den Nevşehir'e doğru uzanan kıvrımlı bindirme zonunun bir parçası arazi çalışmalarında tespit edilmiştir. Bindirme zonu içerisinde yer alan, şistlerle beraber bulunan yaşlı kireçtaşları, metamorfik seri içerisinde yer almaktadır. Cevherleşme büyük olasılıkla bindirme zonu içerisinde taşınan metamorfize olmuş, boşlukça zengin kireçtaşlarının hidrotermal çıkışlara sebep olan tektonik aktive sırasında yeryüzüne çıkan sıcak suların taşıdığı metal içeriğini depolamasıyla cevherleşme için uygun ana kaya içerisinde oluşmuştur. Fakat burada tektonik aktivite tek başına cevherleşmeye kaynak olabilecek yeterlilikte değildir. Besleyici bir sokulum kütlesi de olmalıdır.

Çalışılan sahaların yakın çevresinde bulunan kaplıcalar, bölgede günümüzde de devam eden bir hareketlilik olduğunu göstermektedir. Zaten sahada da rastlanan hidrotermal breşler ve traverten oluşukları da bunun en iyi işaretidir. Değerli metalik maden yataklarının sıcak suların etkisiyle oluşup ve/veya zenginleştiği düşünüldüğünde bölgenin önemi daha da artmaktadır.

Yapılan hendek çalışmalarında silisleşmiş, arjilleşmiş, stokvork kuvars-karbonat damarcıklı porfiritik dokulu intruzif ve silisleşmiş killeşmiş metasedimentler gözlenmiştir. Özellikle altere porfiri sokulum içerisinde çok yoğun mangan ve demiroksitler gözlenmektedir.

Granitoid işletmesi içerisinde yapılan patlatma çalışmalarında formasyon içerisinde kılcal olarak damarlı yapıda sokulumlar gözlemlenmiştir. Açık ocak faaliyet alanında delme işlemi yapılan bölgeler genel itibariyle 2 bölümde toplanmaktadır. Üst kazı tabakası ve basamak patlatmalarından oluşan iki aşama üretim bölgeleri içinde killi formasyonda delici uçların net delme işlemi hızlarındaki farklılıkları

gözlemlenmektedir. Açık ocak faaliyeti genel tesis beslemesi, Himmetdede işletmesi talebi ile doğru orantılı gitmesinden ötürü uçların karşılaştırma imkânları net olarak aynı formasyonda delinebilmiştir.

3.2. Delici Uçların Performansı (Performance Of Drilling Bits)

Granitoid ocağında toplam olarak 1060 adet delik delme işleminde yaklaşık toplam 5016 m delik delinmiştir. Kullanılan delici makinelerin teknik özellikleri ve üretim metodu sebebiyle ortalama delik boyu 4-6 m'dir. Çalışma kapsamında üç farklı uç tipi kullanılarak her bir uç için eşit uzunlukta delikler delinmeye çalışılmıştır (Çizelge3). Her delikte kronometraj çalışması yapılmış ve her delikte oluşan kırıntılardan temsili kırıntı örnekleri alınmıştır. Arazi çalışmaları sırasında kaydedilen kronometraj verileri değerlendirilerek her bir uç tipi için delme performansları incelenmiştir. Yapılan çalışmalar süresinde elde edilen veriler delici uç tiplerine ve imalatçı firmalara göre değişkenlikler gözlemlenmiştir.

Çizelge 3. Ocakta delinen toplam delik mesafesi

Table 3. Total distance of holes drilled in the open pit

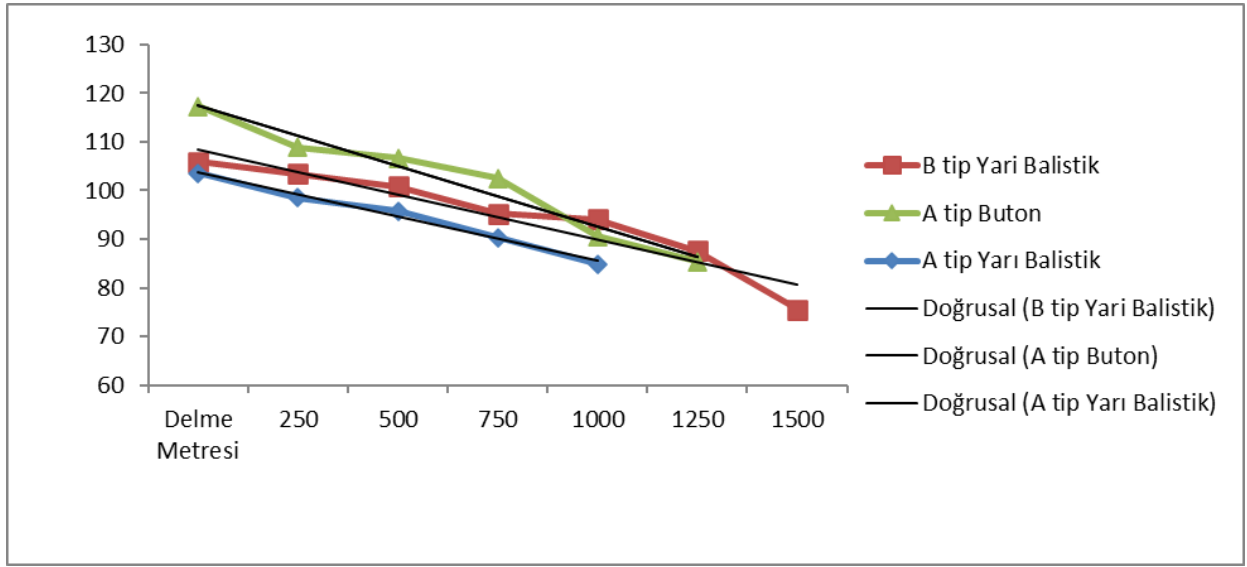
Uç Tipi	Yarı Balistik (Btip)	Yarı Balistik (Atip)	Buton (Atip)	Toplam
Toplam Delik Uzunluğu(m)	1844,9	1407,9	1763,2	5016

Delikler delinirken delik delme süreleri her bir delik için başlangıç ve son manevra süreleri arasındaki zamanlar tutulmuştur. Delme işleminin başlangıç zamanı ile bitiş zamanı arasındaki fark brüt delik delme süresi olarak alınmıştır. Bu süre içerisinde tij değiştirme, delik içi manevra ve delik temizleme süreleri dâhildir. Çalışma sırasında ikinci bir kronometre ile sadece tabancanın çalışma süresi yani sadece delme işleminde geçen süre tutulmuştur. Bu süre net delik delme süresi olarak alınmıştır. Bu süreler delik boyuna bölünerek ilerleme hızları (sırasıyla PR ve PRnet) belirlenmiştir. Kullanılan farklı tip uçların her biri için 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 metrelerindeki net delgi hızları Çizelge 4 'de verilmiştir. Toplam delik metrajlarında artış bitlerde aşınmayı getirmiş ve dakikada delik uzunluğu ters orantılı olarak azalmıştır. İlk delgi işlemi başlaması itibariyle net bir şekilde A tipi buton özellikte olan delici uçun diğerlerine göre daha uzun delgi yaptığı görülmektedir. Değerlendirildiğinde delici uçların kullanım ömürleri artıka hızlarında ortalama %10 civarı bir yavaşlama görülmektedir. Delik mesafelerinin artması ile buton tip delici uçların elmaslarındaki aşınma ve kayıpların artması delme hızlarında daha belirgin düşüşlerin olmasına sebep olmuştur. Delici uçların her biri için 250 metrelik mesafelerde ara değerler alınarak delgi hızlarının değerlendirmeleri mukayese edilmesi sonucu (Şekil 6) belirlenen formasyon ve ekipmanlar için A tip buton ucun uygun olduğu görülmektedir[8].

Her bir uç için ortalama brüt ilerleme hızları, ortalama net ilerleme hızları ve bu deliklerden elde edilen PİK değerlerinin ortalamaları Çizelge 5'de verilmiştir. Üretim yöntemi ve sonrasındaki çalışmalarda delikten çıkan kırıntıların (pasaların) bir önemi olmadığı için tane boyutu delme hızına etkisi efektif değerlendirilebilmektedir. Pasa irilik katsayısı artması delme işleminin hızıyla doğru orantılıdır. Daha küçük kırıntı üretilmediği için delgi ekipmanında aşınma ve ilerleme fazladır. Osmanoglu (2016).

Çizelge 4. Ocakta kullanılan farklı uçların metrelerce göre net delgi hızları*Table 4. Net drilling speeds according to meters of different bits used in the open pit*

Delme Metresi	Net Delme Hızı (cm/dk)		
	B Tip Yarı Balistik	A Tip Yarı Balistik	A Tip Buton
250	105,87	103,54	117,24
500	103,49	98,45	108,85
750	100,87	95,83	106,63
1000	95,24	90,37	102,54
1250	94,03	84,91	90,63
1500	87,57	-	85,35
1750	75,61	-	79,67

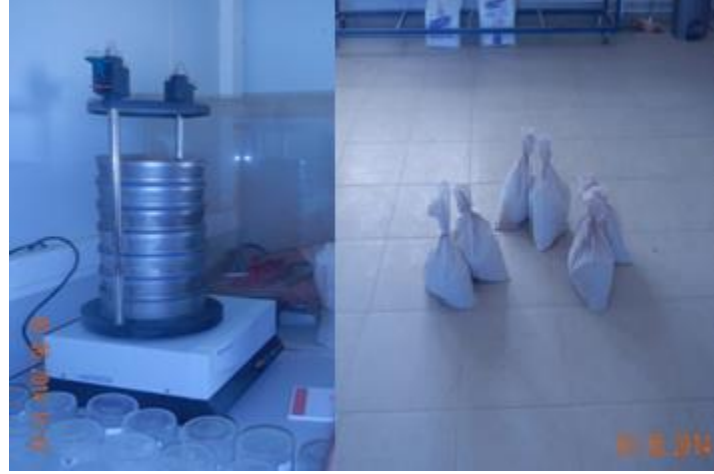
**Şekil 6.** Uçların Net Delme Hızı–Kümülatif delme mesafesi ilişkisi*Figure 6. Net Drilling speed of bits–Cumulative drilling distance relationship***Çizelge 5.** Ocakta kullanılan farklı uçların performansları*Table 5. Performances of different tips used in the open pit*

Uç Tipi	Ort.PR(cm/dk)	Ort.PRnet(cm/dk)	Ort.PİK
(BTip) Yarı Balistik	58,98	98,48	379,02
	55,08	90,33	425,32
	68,44	103,44	506,41
(ATip) Yarı Balistik	55,08	90,33	425,32
	68,44	103,44	506,41
	58,98	98,48	379,02
(A Tip) Buton	68,44	103,44	506,41
	58,98	98,48	379,02
	55,08	90,33	425,32

3.3. Pasa İrilik Katsayısının Belirlenmesi (Coarseness index (CI))

Delik delme işleminin performansını analiz etmek için her delikten temsili olarak yaklaşık 12 kg pasa (kırıntı malzeme) alınmış ve laboratuarda 2 kez konileme-dörtleme yapılarak numune miktarı azaltılmıştır. Delme işlemleri sırasında oluşan pasalar, $3\sqrt[3]$ yöntemine göre oluşturulmuş bir elek serisi

(4.75, 2.36, 1.18, 0.600, 0.300, 0.150 mm) ile otomatik titreşimli elek ile 5 dakika elenmiş (Şekil 7) ve elek analiz tabloları oluşturulmuştur. 6 adet elek kullanılarak yapılan elek analizleri sonucunda 7 ürün elde edilmiş ve oluşturulan bu elek analiz tablolarından bu ürünlerin kümülatif yüzde toplamları alınarak PİK değerleri hesaplanmıştır. Osmanoğlu (2016).



Şekil 7. Arazi çalışmasında alınan numuneler ve eleme işlemi
Figure 7. Samples taken during field work and sieving process

Btip-Yarı Balistik tip uç için 394, A tip-Yarı Balistik tip uç için 295 ve Atip-Buton Tip uç için 371 adet delik olmak üzere gerekli verilerin değerlendirilmesi Çizelge 7’de verilmiştir. Her uç tipi için eş değer alanlardan alınan 20 delik numunesi sonucunda üç farklı uç tipi için PİK değerleri hesaplanmış ve Çizelge 6–7 de verilmiştir [8]. 3 numaralı delikten örnek olarak yapılan bu çalışmada delgi sürecinde kullanılan bitlerin aşınmalarının az olduğu öngörüsü ile delikten çıkan pasaların tane boyunun dağılımının biraz daha küçük olduğu gözlemlenmektedir.

Arazi çalışması kapsamında yapılan delgilere eşlik edilerek her bir delgi biti için alın 20 numunenin tane boyutu dağılımının en yoğun olduğu tür buton tip olduğu görülmüştür. Literatürde belirtilen genel durumlar ve yine saha gözlemleri ile desteklenmesi ile oluşan urum buton tip bitin PİK değerinin fazla olması delme hızını ve bit ömrünün fazla olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6. Ocakta delinen 3 numaralı delik için pasa irilik katsayısının (PİK) hesaplanması

Table 6. Calculation of the rust coarseness coefficient (PIK) for the hole number 3 drilled in the quarry

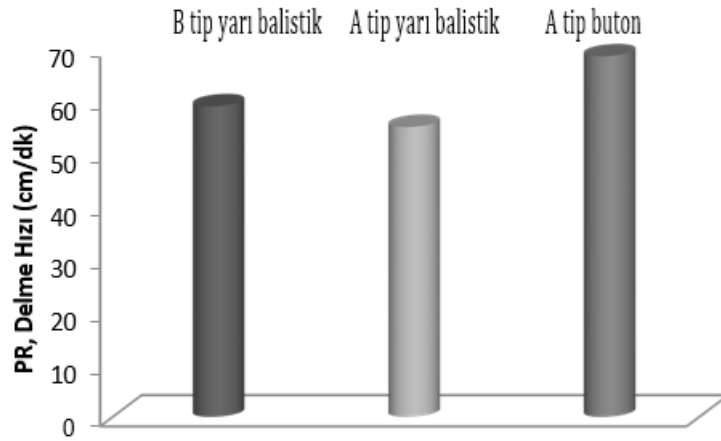
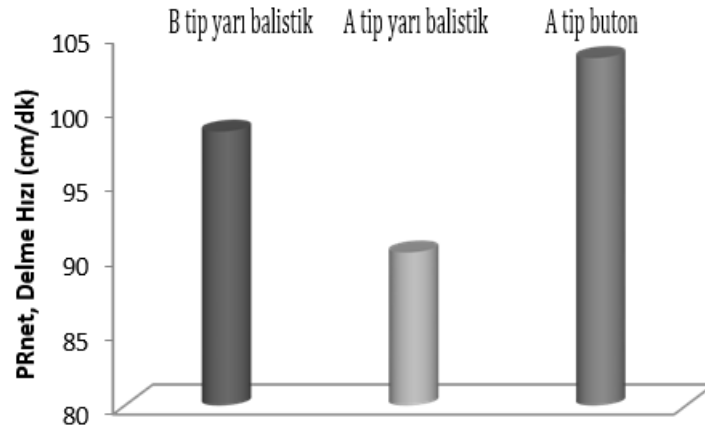
Numune	Ağırlık (g)	Yüzde (%)	%EÜ Toplamı
+ 4,75mm	265,26	8,90	8,90
+ 2,36mm	517,95	17,38	26,28
+ 1,18mm	507,80	17,04	43,32
+ 600mikron	389,79	13,08	56,40
+ 300mikron	378,72	12,71	69,11
+ 150mikron	347,39	11,66	80,77
- 150mikron	573,06	19,23	100,00
<u>Toplam</u>	2979,97	PİK	384,79

Çizelge 7. Kaya kütlesi için PİK değerler*Table 7. PIK values for rock mass*

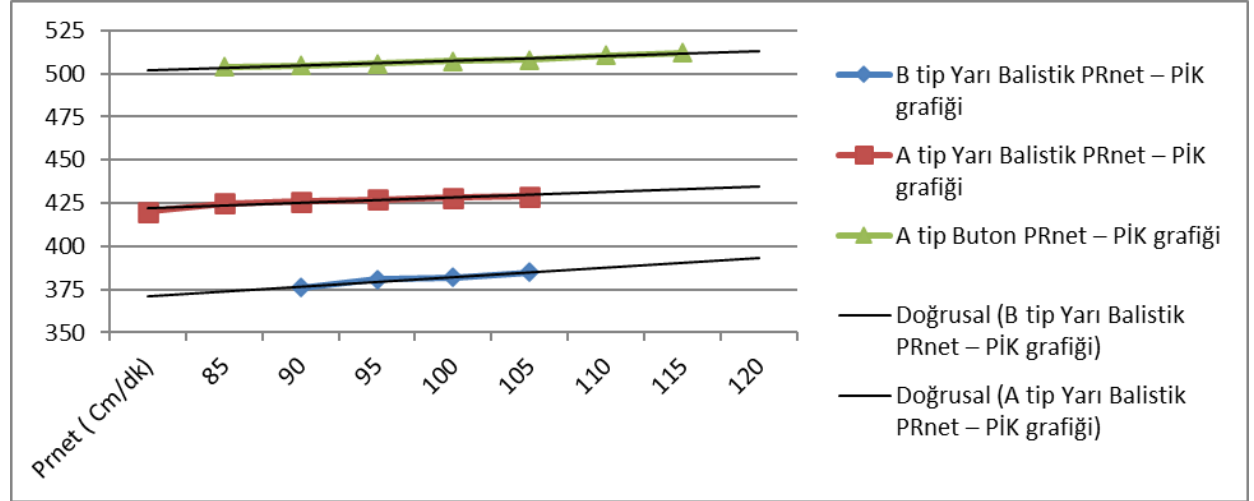
Uç Tipi	PİK Değeri (ORT±S.S.)	Numune Alınan Delik Sayısı	Toplam Delinen Delik Sayısı
Yarı Balistik (Btip)	383,04± 3.82	20	394
Yarı Balistik (Atip)	427,52± 1.06	20	295
Buton (Atip)	508,83± 3.72	20	371

Granitoid işletmesi çalışmalarının yürütüldüğü 3 farklı uç tipi için bütün deliklerin ortalaması alınarak elde edilen brüt delme hızı Şekil 8 de analiz edilmiştir. Brüt delme sürelerin içerisinde delici ekipmanın konumlanması, tijin sürülmesi, yeni tij eklenmesi vb. süreçlerin olması sebebiyle süre başına yapılan metraj değerleri düşük olduğu görülmektedir. Delgi bitinin delici makine tarafından harekete başlatılması ile yapılan tüm delme işlemi aşamasına net delme hızı denir. Bu veri ise Şekil 9'de bitler için mukayese edilmiştir.

Delgi süreleri çalışma işinde önemli verileri bizler ile paylaşmaktadır. Üretim öncesi hazırlıklardan olan ve önemli bir zaman tutan bu çalışmadır. Bu hazırlık faaliyetinin azalması ile günlük delik sayısında artma, iş gücünü doğru yönetme ve maliyetlerin doğru analizi sebebiyle efektif hale getirilmesi şirketlere kar/fayda sağlayacaktır.

**Şekil 8.** Ortalama brüt delik delme hızları*Figure 8. Average gross drilling speeds***Şekil 9.** Ortalama net delik delme hızları*Figure 9. Average net hole drilling speeds*

Çalışma sahasında, laboratuarda ve sonrasında yapılan hesaplamalarda elde edilen verilerin son kıyaslaması için PRnet- PİK grafiği hazırlanmıştır (Şekil 10). Hem tane boyutu olarak en yoğun olan veriyi üretmiş hem de delme hızlarına göre mukayese edildiğinde en kısa sürede en fazla delik uzunluğuna ulaşan A tip buton delici uç olmuştur.



Şekil 10. Delici Uçların PRnet-PİK grafiği

Figure 10. Drilling bits PRnet-PİK graphic

4. SONUÇ ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Sabit iş makineleri ve operatörler ile yapılan delme işlemlerinde, ilerleme hızları verimliliği dikkate alındığında en uygun uç tipinin buton olduğu görülmektedir. Yapılan saha çalışmalarında da kullanılan A tip buton ucun verimli olduğu gözlemlenmiştir. Çizelgeler incelendiğinde ocakta delme hızı (verimi) en yüksek uç tipi Buton (A tip) olduğu görülmüştür.

Operatörlerin rutin çalışmalarında ekipman değişimlerinde genel olarak gözle yapılan kontroller sonrasında delici uçların değişimi yapılmaktadır. Yarı balistik delici uçlar arasında B tip delici uç A yarı balistik uca göre daha fazla mesafe kat etmiştir. Farklı firmaların delici uç dizaynlarının (bitlerin üzerindeki elmasların konumları, elmas adetleri, soğutucu kanalların dizaynları vb.) farklı olması benzer bit tiplerinde de olsa değişik veriler ürettiği gözlemlenmiştir.

Pasa irilik katsayılarına göre en verimli uç tipinin Buton tip delici uç kullanılmasıyla elde edilmiştir. Bu da ucun delik yüzeyinden daha iri malzeme ayırdığını böylece delik içinde öğütmenin en az olduğunu göstermektedir. Delik içi öğütmenin az olması istendiği için (bazı operasyonlarda özel olarak istenebiliyor) buton tip bit verimliliği görülmüştür.

Daha hızlı delgi, daha az delik için tane boyutu oluşturması ekipmanın daha uzun kullanımı sağlamaktadır. Ürünlerin birim maliyetlerinin çok yakın olduğu varsayımı üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu sonuçlar göz önüne alındığında ocak için delik delme işleminde kullanılacak en uygun delici ucun Buton olduğunu göstermektedir.

Etik Standartlar Bildirimi (Declaration of Ethical Standards)

Çalışma etik standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Yazar Katkı Beyannamesi (Credit Authorship Contribution Statement)

Bu çalışmanın tüm aşamaları Mehmet Osmanoglu tarafından yürütülmüştür.

Çıkar Çatışması Beyannamesi (Declaration of Competing Interest)

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Destek / Teşekkür (Funding / Acknowledgements)

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında herhangi bir kurum veya kuruluştan maddi bir destek alınmamıştır.

Veri Kullanılabilirliği (Data Availability)

Bu çalışmadan elde edilen veriler diğer araştırmacılar tarafından kullanılabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] RK. Abbas, 'Yağlı matkap uçlarının aşınmasına ilişkin bir inceleme (aşınma azaltma ve niceleme için geleneksel ve son teknoloji yaklaşımlar)' Eng Başarısızlığı Anal 90, 554-584, 2018.
- [2] R. Altındağ, N. Şengün, E. Totiç, F. Ürün, 'Kireçtaşı Ocağındaki Darbeli Delme İşleminde Kayaç Özelliklerinin Delici Uç Aşınmasına Etkisi ve Uygun Delici Uç Seçimi.' TÜBİTAK Proje No: 109M02, 2011.
- [3] D. Akbay, R. Altındağ, 'Antalya-Kemer-Tekirova Güzergahında Açılan Altan Ayağ Tüneli (T3 Tüneli) Kaya Saplaması Uygulaması Delik Delme Performans Analizi', 3. Uluslararası Ulaşımında Yeraltı Kazıları Sempozyumu Kitabı, 5-11, 2013.
- [4] F.C. Appl, C.C. Wilson, I. Lakshman 'Kaya kesmede PDC kesicilerin kuvvetlerinin, sıcaklıklarının ve aşınmasının ölçülmesi', Aşınma 169(1), 9-24, 1993.
- [5] D.F.Howarth, J.C. Rowlands, 'Quantitative Assessment of Rock Tex tureand Correlation with Drill ability and Strength Properties', Rock Mech Rock Eng 20, 57-85.1987
- [6] İMMB (İş Makineleri Mühendisleri Birliği), 'Uygun Uç Seçimi', İş Makineleri Mühendisleri Birliği Dergisi 51,10, 2015.
- [7] S. Kahraman, N. Bilgin, C. Feridunoğlu, 'Dominant Rock Properties Affecting The Penetration Rate of Percussive Drills', International Journal of Rock Mechanics&Mining Sciences 40722711-723, 2003.
- [8] M. Osmanoğlu, 'Himmetdede Ocağında Döner – Darbeli Delik Delme Performans Analizi ve Uygun Uç Seçimi' Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta, TÜRKİYE 2016.
- [9] H. Tunçdemir, 'Kollu Galeri Açma Makinelerinin veya Benzer Makinelerin Cevher Kazısında Kullanımının Araştırılması' Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE, 2002.