

Delme Hızının Akışkan Ortam Basıncı ve Dönme Hızına Bağlı Değişiminin Araştırılması

İksan TUNCER*¹, Raşit ALTINDAĞ²

¹DSİ 18. Bölge Müdürlüğü, Emlak ve Kamulaştırma Şube Müdürlüğü, 32200, Isparta

¹(ORCID:https://orcid.org/0000-0001-7627-9907)

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

²(ORCID:https://orcid.org/0000-0002-5397-7312)

(Alınış / Received: 18.04.2018, Kabul / Accepted: 19.12.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 06.03.2019)

Anahtar Kelimeler

Delme hızı,
Delinebilirlik,
Kireçtaşı

Özet: Bir maden işletmesinde maliyet teşkil eden parametrelerin başında hammadde temini gelmektedir. Hammadde üretim maliyetlerinin en önemli parametrelerinden biri de patlatma deliklerinin delinmesi işidir. Delme işlemlerinde istenen verimde çalışılmaması durumunda hem işletmede iş organizasyonu hem de üretim maliyeti önemli ölçüde olumsuz yönde etkilenecektir. Bu çalışmada DSİ 18. Bölge Müdürlüğü'ne ait kireçtaşı ocağında kullanılan Atlas Copco Flexi ROC T35 model delici makineye ait akışkan ortam basıncı ve dönme hızı parametrelerinin değiştirilmesi sonucunda delik delme verimlerine etkisi incelenmiştir. Delik delme hızının belirlenmesi amacıyla Burdur ili, Çavdır ilçesinde bulunan kireçtaşı ocağında çalışılan ortamdaki delik delme süreleri ölçülmüş ve net ve brüt delik delme hızları hesaplanmıştır. Laboratuvar ortamında da kayaların fiziko-mekanik özellikleri ile kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen bütün veriler birlikte değerlendirilerek akışkan ortam basıncı ve dönme hızının delme hızı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak tüm akışkan ortam basınç değerlerinde ve her iki dönme hızında en iyi delik delme hızı 103 rpm dönme hızı değerinde elde edilmiştir.

Investigation of Change in Drilling Speed Depending on Fluid Ambient Pressure and Rotation Speed

Keywords

Drilling speed,
Drillability,
Limestone

Abstract: One of the most costly parameters in a mining operation is the raw material procurment. One of the most important parameters of raw material procurment cost is the drilling of blasting holes. If the drilling operations are not performed at the desired efficiency, both the working organization in business and the production cost will be significantly and adversely affected in the negative direction. In this study, the effect of drilling parameters on the fluid ambient pressure and rotational speed parameters of the Atlas Copco Flexi ROC T35 drilling machine used in the limestone quarry of DSİ 18th Regional Directorate was investigated. In order to determine the drilling speed, the drilling times of the working limestone in the limestone oven at Çavdır county in Burdur province were measured and clear and gross drilling speeds were calculated. The physico-mechanical properties and chemical properties of the rocks were also determined in the laboratory environment. By evaluating all the data together, effect of fluid ambient pressure and rotating speed on drilling speed are examined. As a result, the best drilling speed at all fluid ambient pressure and at both rotational speeds was obtained at a rotational speed of 103 rpm.

1. Giriş

Kayaçlarda delme işlemi, madencilik ve inşaat sektöründe birçok amaçla kullanılmaktadır. Delme işlemleri, madencilik sektöründe patlatma işleminin gerçekleştirileceği deliklerin delinmesi için yapılmaktadır. Delme işleminin zorluğu veya kolaylığı

kayacın delinmeye karşı gösterdiği dirence bağlıdır. Bu direnç kayaların fizikomekanik özelliklerinin yanında delinen ortamın jeoteknik özelliklerine ve çalışma parametrelerine göre de değişiklik göstermektedir. Ayrıca kayaların delinebilirliğinde kayacın dokusu, kuvars içeriği, mineral tane boyutu gibi mineralojik ve petrografik özellikleri de etkilidir.



Şekil 2. 1 ve 2 nolu ocak sahasının genel görünümü [5]



Şekil 3. Atlas Copco Flexi ROC T35 delici makine [6]

Çalışma sahasında gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde Atlas Copco'ya ait 89 mm çaplı, 5 kanallı, düz dolaşimli, yarı balistik butonlu, merkezden girintili drop center (DC) delici uç kullanılmıştır (Şekil 4).

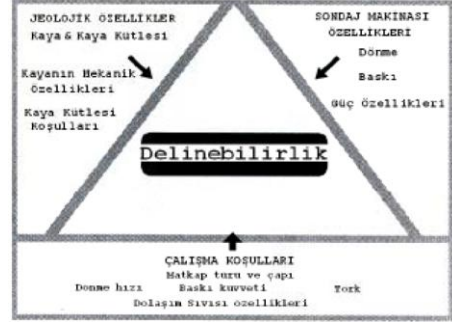


Şekil 4. Çalışmada kullanılan delici uç [6]

2.2. Metod

Delinebilirlik; bir matkabın kayacı içinde belirli bir zamanda kayacı delerek ilerlemesidir. Bir diğer ifade ile kaya kütlelerinde delik delme kolaylığıdır. Delme hızı ise kayacı içerisinde, m/dk, cm/dk veya mm/dk olarak ölçülür. Delinebilirlik ile delme hızı aynı kavram olarak tanımlanabilir. Delinebilirlik kolay ya da zor olarak delme hızı ise hızlı ya da yavaş olarak ifade edilir. Delinebilirliğe etki eden birçok parametre vardır. Bunlar; makine ekipmana bağlı parametreler (dönme hızı, baskı kuvveti, matkap tipi v.b.), delme işlemine bağlı parametreler (delme yöntemi, makinanın çalışma performansı ve bakımı, sondörün deneyimi v.b.) ile jeolojik parametrelerdir (kayaçların mekanik özellikleri, süreksizlikler, mineral bileşimi). Makine, ekipman ve delme işlemine bağlı

parametreler kontrol edilebilir parametreler olup, jeolojik özelliklere bağlı parametreler ise kontrol edilemeyen parametrelerdir [7]. Delinebilirliğe etki eden parametreler Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Delinebilirliğe etki eden parametreler [8]

Çalışmada, delme işlemleri esnasında bir basamakta gerçekleştirilen delik delme işlemlerinin yarısı akışkan ortam basıncı 5 bar ve dönme hızı 107 rpm iken gerçekleştirilmiş, aynı basamaktaki kalan delikler ise akışkan ortam basıncı 5 bar ve dönme hızı 103 rpm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Diğer basamakta gerçekleştirilen delik delme işlemlerinin yarısı akışkan ortam basıncı 7 bar ve dönme hızı 107 rpm olarak gerçekleştirilmiş, aynı basamaktaki kalan delikler ise akışkan ortam basıncı 7 bar ve dönme hızı 103 rpm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Diğer basamakta gerçekleştirilen delik delme işlemlerinin yarısı akışkan ortam basıncı 9 bar ve dönme hızı 107 rpm olarak gerçekleştirilmiş, aynı basamaktaki kalan delikler ise akışkan ortam basıncı 9 bar ve dönme hızı 103 rpm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Delme hızı

Çalışma sahasında 1 nolu ocakta toplam 180 adet ve 2 nolu ocak sahasında 229 adet delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir delikte delik boyuna göre kullanılan tijlerin ayrı ayrı PR_{Net} (m/dak) ve $PR_{Brüt}$ (m/dak) değerleri süreölçer ile tespit edilmiştir. $PR_{Brüt}$, delme işleminin başlangıç zamanı ile bitiş zamanı arasındaki geçen süreyi (toplam süre); PR_{Net} ise sadece delme işlemi için geçen süreyi (net delme süresi) belirtmektedir. İki ayrı zamanın tutulmasının nedeni ise, delik delme sürecinde hem delme işinin yapılması hem de deliğin temizlenmesi ve tij ilave edilmesinden dolayıdır. Brüt ve net delme hızı Eşitlik 1 ve 2 ile hesaplanmıştır.

$$PR_{Brüt} = \frac{H}{T} \quad (1)$$

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

Burada;

$PR_{Brüt}$:	Brüt delme hızı, m/dak
PR_{Net} :	Net delme hızı, m/dak
T :	Toplam delik delme süresi, dakika
T_{net} :	Net delik delme süresi, dakika
H :	Delik boyu, metre

2.2.2. Fiziko-mekanik özellikler

Arazi çalışmaları süresince ocak sahasında ölçüm (delik delme hızı) yapılan noktalardan alınan kayaç örneklerinden laboratuvar ortamında deney numuneleri hazırlanmış ve ilgili standartlara (ISRM ve TSE) uygun olarak hazırlanan numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Çalışmanın bu aşamasında kireçtaşının fiziksel özelliklerinden, ağırlıkça su emme ve hacimce su emme TSE 13755 (2009) [9], birim hacim ağırlık TSE, yoğunluk, porozite TSE 1936 (2010) [10], mekanik özelliklerinden sismik (V_p) hız Shore sertliği, Schmidt çekici sertliği, Tek eksenli basınç dayanımı, Endirek çekme dayanımı (Brazilian), Nokta yük dayanım indeksi deneyleri ISRM (2007) [11] standartlarında yapılmıştır. Bu deneylerin yapılmasının sebebi şöyle açıklanabilir: kayacın delinebilirliği ile ilgili özelliklerinin tam olarak ortaya konulması aşamasında katkı sağlayacak verilerdir.

Tablo 1. 1 nolu ocak sahasının fiziko-mekanik özellikleri [12]

	1 NOLU OCAK			
	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ort. Değer	Standart Sapma
Birim Hacim Ağırlık (d_h), (g/cm ³)	2.68	2.7	2.69	0.006
Ağırlıkça Su Emme (ASE), (%)	0.1	0.16	0.12	0.02
Hacimce Su Emme (HSE), (%)	0.17	0.33	0.25	0.06
Gerçek Yoğunluk (d_o), (kN/m ³)	26.51	26.61	26.55	0.06
Sismik Hız (V_p), (m/s)	6155.56	6474.19	6373	108
Schmidt Sertliği (N tipi)	28	47	35.8	6.3
Schmidt Sertliği (L tipi)	26	38	31.1	4.07
Shore Sertliği	54	70	61.2	4.38
Görünür Porozite (%)	0.17	0.33	0.25	0.06
Toplam Porozite (%)	0.18	0.41	0.26	0.33
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σ_c), (MPa)	57.32	97.86	72.91	16.72
Endirek Çekme Dayanımı (σ_t), (MPa)	6.27	8.3	7.61	0.73
Nokta Yük Dayanımı ($I_{s(50)}$), (MPa)	4.19	5.88	5.38	0.81

Tablo 2. 2 nolu ocak sahasının fiziko-mekanik özellikleri [12]

	2 NOLU OCAK			
	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ort. Değer	Standart Sapma
Birim Hacim Ağırlık (d_h), (g/cm ³)	2.66	2.7	2.68	0.02
Ağırlıkça Su Emme (ASE), (%)	0.1	0.22	0.15	0.05
Hacimce Su Emme (HSE), (%)	0.23	0.33	0.28	0.14
Gerçek Yoğunluk (d_o), (kN/m ³)	26.17	26.52	26.39	0.22
Sismik Hız (V_p), (m/s)	5777.33	6123.46	5975	132
Schmidt Sertliği (N tipi)	31	39	34.1	2.38
Schmidt Sertliği (L tipi)	26	37	30.8	3.88
Shore Sertliği	42	79	57.5	7.6
Görünür Porozite (%)	0.23	0.33	0.28	0.14
Toplam Porozite (%)	0.26	0.37	0.3	0.06
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σ_c), (MPa)	47.82	89.08	68.36	16.28
Endirek Çekme Dayanımı (σ_t), (MPa)	6.47	8.05	7.29	0.65
Nokta Yük Dayanımı ($I_{s(50)}$), (MPa)	3.92	5.77	4.56	0.84

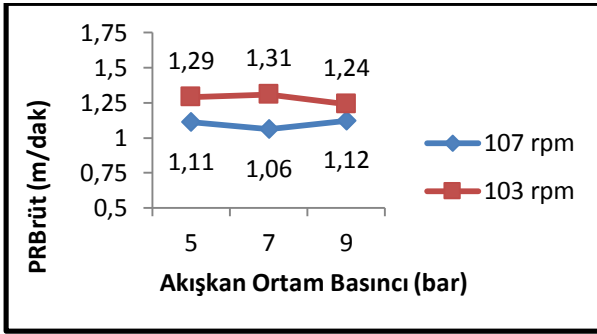
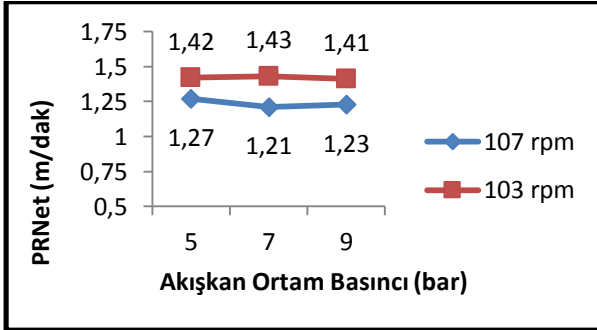
3. Bulgular

3.1. Delme hızı analizi

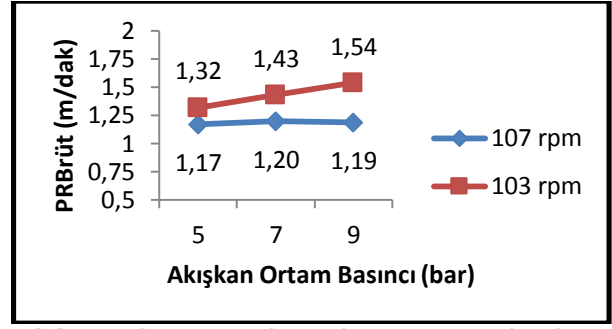
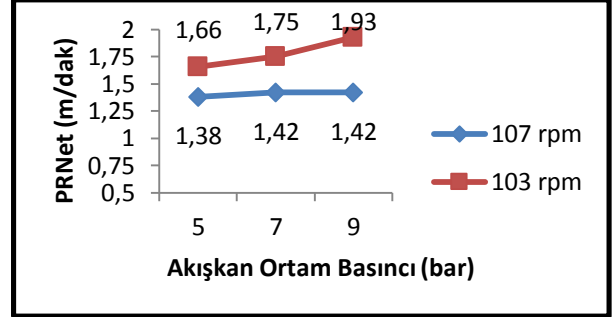
Ocaklarda gerçekleştirilen delik delme işlemlerinin $PR_{Brüt}$ ve PR_{Net} değerlerinin ortalamalarının makine çalışma parametreleri ile 1 nolu ocak sahası için nasıl değiştiği Tablo 3'te ve 2 nolu ocak sahası için nasıl değiştiği ise Tablo 4'de verilmiş olup, grafiksel olarak gösterimi ise 1 nolu ocak sahası için Şekil 6-7 ve 2 nolu ocak sahası için Şekil 8-9'da verilmiştir.

Tablo 3. 1 nolu ocak sahası PR_{Brüt} ve PR_{Net} değerleri [12]

		Dönme hızı (rpm)			
		107		103	
		PR Brüt Ort. (m/dk)	PR Net Ort. (m/dk)	PR Brüt Ort. (m/dk)	PR Net Ort. (m/dk)
Akışkan Ortam Basıncı (bar)	5	1.11	1.27	1.29	1.42
	7	1.06	1.21	1.31	1.43
	9	1.12	1.23	1.24	1.41

**Şekil 6.** 1 nolu ocak sahasının makine çalışma parametreleri ile PR_{Brüt} değerlerinin değişim grafiği [12]**Şekil 7.** 1 nolu ocak sahasının makine çalışma parametreleri ile PR_{Net} değerlerinin değişim grafiği [12]**Tablo 4.** 2 nolu ocak sahası PR_{Brüt} ve PR_{Net} değerleri [12]

		Dönme hızı (rpm)			
		107		103	
		PR Brüt Ort. (m/dk)	PR Net Ort. (m/dk)	PR Brüt Ort. (m/dk)	PR Net Ort. (m/dk)
Akışkan Ortam Basıncı (bar)	5	1.17	1.38	1.32	1.66
	7	1.2	1.42	1.43	1.75
	9	1.19	1.42	1.54	1.93

**Şekil 8.** 2 nolu ocak sahasının makine çalışma parametreleri ile PR_{Brüt} değerlerinin değişim grafiği [12]**Şekil 9.** 2 nolu ocak sahasının makine çalışma parametreleri ile PR_{Net} değerlerinin değişim grafiği [12]

4. Tartışma ve Sonuç

Delme işlemlerinde kullanılan delici makinelerin çalışma parametreleri ile delme hızı değerleri arasındaki ilişkinin ortaya konulması her zaman ilgi çeken bir araştırma konusu olmuştur.

1 ve 2 nolu ocak sahasında gerçekleştirilen delme işlemlerinde, delme hızlarının 103 rpm dönme hızındaki PR_{net} ve PR_{brüt} delik delme değerlerinin, 107 rpm dönme hızında ki PR_{net} ve PR_{brüt} delik delme hızlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

2 nolu ocak sahasının PR_{net} değerleri (Şekil 9) ve 1 nolu ocak sahasının PR_{net} (Şekil 7) incelendiği zaman, tüm akışkan ortam basıncı değerlerinde ve her iki dönme hızı değerinde de PR_{net1} < PR_{net2} olduğu görülmektedir. Bu durum 2 nolu ocak sahasının 1 nolu ocak sahasına göre daha kolay delineceği sonucunu vermektedir.

Bu çalışmadan elde edilen verilerin araştırmacılara veri oluşturması açısından bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı İrem Patlayıcı Mad. Doğ. Taş. Mad. Müh. Nak. İnş. Tur. San. ve Tic. Ltd. Şti. ile AK-YAL İnş. Tic. ve San. Ltd. Şti. şirketlerine teşekkür ederim.

Kaynakça

[1] Koçcaz, C.E., 2013. Göltaş (Isparta) Kireçtaşı Ocağında Darbeli Delme Performans Analizi ve

- Uygun Uç Seçimi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Yüksek Lisans Tezi, 76.
- [2] Çapık, M., 2014. Cankurtaran ve Salmankaş tünellerindeki kayaların delinebilirlik, aşındırıcılık, mekanik ve petrografik özelliklerinin araştırılması, net delme hızı ve bit tüketimi ile ilişkilendirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Doktora Tezi, 296.
- [3] Yaralı, O., ve Soyer, E., 2013 Assessment of relationships between drilling rate index and mechanical properties of rocks, Tunnelling and Underground Space Technology, 46-53.
- [4] Ataei, M., KaKaie, R., Ghavidel, ve Saeidi. O., 2015. Drilling rate Prediction of an open pit mine using the rock mass drillability index, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 130-138.
- [5] 1 ve 2 nolu ocak sahasının genel görünümü. <https://www.google.com/maps/@37.2326598,29.6168572,2812m/data=!3m1!1e3> (Erişim Tarihi: 11.01.2019).
- [6] Atlas Copco Flexi ROC T35 delici makine. <https://www.epiroc.com/en-id/products/drill-rigs/surface-drill-rigs/flexiroc-t35> (Erişim Tarihi: 11.01.2019).
- [7] Özdemir, A., 2007. Kayaların delinebilirliğini etkileyen jeo-mühendislik özellikleri, Sondaj Dünyası Dergisi, 5, 15-18.
- [8] Özdemir, A., 2011. Çambaşı regülatörü ve hes tünel güzergahındaki kayaların bazı mühendislik özellikleri ile delinebilirlikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Lisans Tezi, 248.
- [9] TSE 13755, 2009. Doğal taşlar - Deney metodları- Atmosfer basıncında su emme tayini, TSE, Ankara.
- [10] TSE 1936, 2010. Doğal taşlar - Deney yöntemleri- Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini, TSE, Ankara.
- [11] ISRM (International Society for Rock Mechanics), 2007. Rock Characterization, Testing and Monitoring - ISRM Suggested Methods. E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, 2011 p., Oxford.
- [12] Tuncer, İ., 2018 Küçükalan Göleti ve Sulaması İnşaatı Kireçtaşı Ocağı Patlatma Deliği Delme Performans Etüdü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Yüksek Lisans Tezi, 161.