



## Silopi Harbul açık işletmesi delme-patlatma çalışmaları incelemesi

**Suud AGİTOĞLU\***

Ciner Group-Silopi Maden İşletmesi, Silopi, Şırnak

[agitoglu@hotmail.com](mailto:agitoglu@hotmail.com) ORCID: 0000-0003-2863-9191, Tel: (532) 7207171

**Nuray ALPASLAN**

Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Geoteknik ABD, Batman

[nuray.alpaslan@batman.edu.tr](mailto:nuray.alpaslan@batman.edu.tr) ORCID: 0000-0001-6430-1222, Tel: (488) 2173601(4104)

**Mustafa AYHAN**

Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği, Maden İşletme ABD, Diyarbakır

[mayhan@dicle.edu.tr](mailto:mayhan@dicle.edu.tr) ORCID: 0000-0003-4631-8842, Tel: (0 412) 248 84 03 (3568)

Geliş: 25.09.2019, Revizyon: 21.01.2020, Kabul Tarihi: 27.01.2020

### Öz

Açık işletme maden sahasında delme-patlatma çalışmaları dekapaj işinin en önemli ayağını oluşturmaktadır. Bu çalışmada Silopi Harbul açık işletmesinde yapılan delme – patlatma çalışmaları yerinde gözlemlenmiş ve patlatma parametreleri tespit edilmiştir. Teorik yaklaşımlardan yararlanılarak ön tasarımlar hazırlanmış ve sahada uygulanmaya başlanmıştır. Uygulanan paternler yerinde takip edilerek sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Bu sonuçlar üzerinde hacimsel verim yorumlanmış, özgül şarj oranları karşılaştırılmıştır. Patlatma sonucu oluşan dekapaj yığını temsil edebilecek fotoğraflar alınmış ve görüntü boyut analiz programı Split Desktop 4.0 ile boyut analizi yapılmıştır. Boyut analizinden elde edilen sonuçlar, formasyon bazında karşılaştırılmıştır. Çalışma sahasında kurulu bulunan Şev izleme istasyonu IBIS Radar sistemi kullanılarak izleme alanında gerçekleştirilen deneme atımlarının atım saatlerinde şev stabilitesi üzerinde hareket etkisi araştırılmıştır. Dekapaj çalışmalarının yapıldığı Gercüş, Midyat ve Cudi jeolojik formasyonlarındaki patlatmalar hacimsel verim açısından, özgül şarj değerleri karşılaştırılmıştır. Cudi formasyonunda 110 mm delik çapının, Gercüş ve Midyat formasyonunda 160 mm delik çapının daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Boyut analizi bakımında uygulanan deneme atımların tümünde sonuçlar 0-635 mm boyut aralığının ve saha yükleme-taşıma ekipmanları tarafından yüklenebilir olduğu gözlenmiştir. Cudi formasyonunda yapılan atımlar için alınan IBIS anlık şev izleme istasyonu verilerinin incelemesinde 6 saatlik yer değiştirmenin -1,4 mm ile -0,15 mm aralığında olduğu ve patlatmasız zaman dilimleri ortalamasına yakın bir değerde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Cudi formasyonunda uygulanan delme patlatma faaliyetlerinin şevlerin stabilitesini olumsuz yönde önemli ölçüde etkilemediği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Asfaltit kömürü, Boyut analizi, Delme, Hacimsel verim, Harbul filonu, Patlatma, Silopi

\* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.624367

## Giriş

Açık İşletme madencilik çalışmalarının zor kazı şartları için Delme-Patlatmalı kazı kaçınılmazdır. Bu tür işletmelerde dekapaj ve cevher kazı çalışmalarının önünü açan birincil unsur delme - patlatma işlemlerinin verimliliğidir. Delme-Patlatmadaki verimi etkileyen birçok parametre vardır, bunlardan kayaların kendi yapısı (jeomekanik, jeokimyasal, petrografik özellikleri vs.) ve kayaların bir arada bulunduğu ortam özellikleri (yapısal jeoloji, tabakalanma, süreksizlik sistemi, su varlığı vs.) sabit olup, değiştirilemezler. Sadece delik paterni, delik makinası, patlayıcı madde ve bağlantılı alt parametreler değiştirilebilirler. Sabit ve değiştirilemeyen parametrelere uyumlu bir şekilde değiştirilebilir parametreler üzerinde değişiklikler yapılarak verimlilik değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Delme-Patlatma çalışmaları için sahada kayacın delinebilirliği ve patlatılabilirliği değerlendirildikten sonra, delik paterni, makine ve patlayıcı madde seçimi kararları verilmektedir. Bu kararların teorik yaklaşım ve deneysel veriler ile belirlenmesi, maliyet ve güvenlik yönünden önem arz etmektedir.

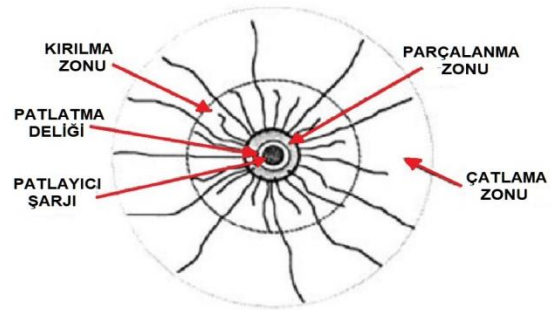
Delme Patlatma hakkında birçok araştırmacı çalışmış olup verim, boyut analizi ve sarsıntı hakkında yapılan çalışmalar öne çıkmaktadır.

Bayrakçı (2007), Aydın Linyit İşletmeleri delme patlatma işlemlerinin iyileştirmesi konulu çalışmada, patlatma sonrası gözlemlerin önemine değinerek, mevcut durum patlatma çalışmalarında yapılan hataları tespit ederek işletme kaya karakteristiklerine göre optimum bir patern önerisi geliştirmiştir.

Sayınbatur (2011), açık ocak maden işletmelerinde patlatma delikleri ve patern tasarımı üzerine bir araştırma konulu çalışmada; SLİ işletmesindeki patlatma çalışmaları incelemiş, delme-patlatma maliyetinin tek başına düşürülmesinin bir verim olarak gösterilemeyeceği ve ardışık diğer faaliyetler üzerinde etkisinin analiz edilmesinin daha önemli olduğuna değinerek, işletmede

uygulanan kare düzenine yakın şaşbeş yönteminin eşkenar üçgen şaşbeş yöntemi olarak değiştirilmesi gerektiğini önermiştir.

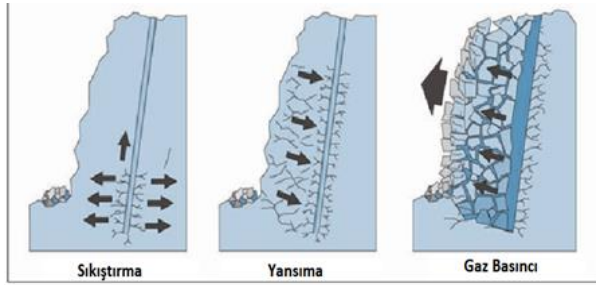
Patlatma mekanizması; saniyenin binde biri gibi kısa bir sürede, çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gazın ortaya çıkardığı enerji ile oluşmaktadır. Patlatma deliği cidarları vasıtası ile kayaca aktarılan bu enerji, kayacı belli zonlarda, uzaklaşma ile ters orantılı parçalanma etkisi altına almaktadır (Şekil 1). Bir delik içerisinde patlatma bölgesi birincil zonda parçalanma bölgesi, ikinci zonda kırılma, üçüncü zonda çatlama ve dördüncü zonda sismik bölge etkisi oluşturur (Kahrıman, 2002).



Şekil 1. Patlatma deliği etki zonları plan kesiti (Esen, 2003)

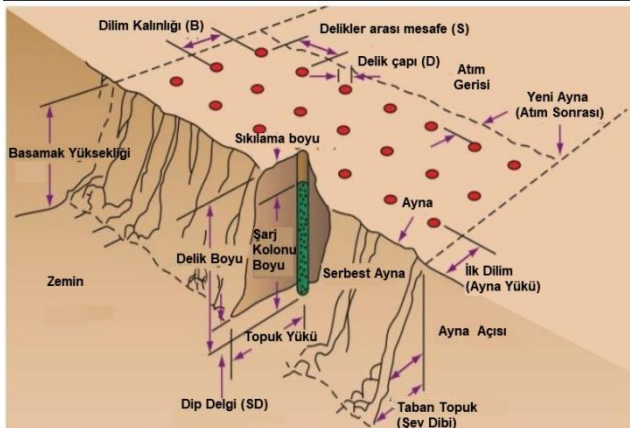
Patlayıcı maddeler, çevreden herhangi bir etkenin kimyasal katkısına ihtiyaç duyulmaksızın, ısı, darbe veya sürtünme sonucu hızlı bir şekilde reaksiyona girip, genelde gaz ürünleri ortaya çıkaran organik ve inorganik bileşimlerdir (Şekil 2). Bu kavramda çevreden herhangi bir etkenin katkısının olmaması özellikle vurgulanarak, atmosferik gazın konsantrasyon ve miktarına bağlı patlama sınırı olan metan gibi gazlar bu kavram dışında bırakılmıştır. Bu kavram altında değerlendirilen dinamit, atmosferik ortamın nitelik ve miktarına bakılmaksızın gerekli mekanik şok ile reaksiyon başlatabilmektedir (Sayınbatur, 2011). Patlayıcı Maddelerin teknik özellikleri, detonasyon hızı, detonasyon basıncı, kuvvet, yoğunluk, duyarlılık, suya dayanıklılık gibi özelliklerdir. Detonasyon patlama şoku anlamında olup, hızı ve basıncı parçalamaya mekanizması için önemli faktörlerdir. Duyarlılık detonasyonun başlaması için gerekli fiziksel etki olup, patlayıcılarda

“kapsüle duyarlı”, “yemlemeye duyarlı” kavramları ile belirtilmektedir (Bayraktaroğlu, 2003).



Şekil 2. Delik kesitinde kayaç parçalanma mekaniği (Fernberg, 2008)

Patlama mekanizmasının ürettiği enerji ile istenen parça boyutunun elde edilmesi için patlatma deliklerinin geometrik düzeni önemlidir. Deliklerin bir birlerine göre konumu etki alanlarının kesişimi bu konuda belirleyici faktördür. Birim patlayıcıya düşen birim kayaç yükü dengelendiğinde optimum bir parçalama elde edilebilmektedir. Ateşleme geometrisi ve düzeninde ateşleme elemanlarının (kapsüllerin) gecikmelerinden yararlanılarak oluşturulan tasarımlar ile istenilen yönlerde serbest yüzeyler oluşturulmakta ve patlayıcı enerjisinden en uygun şekilde yararlanılmaktadır. Delik geometrisinin önemi; tıkanan, işlevsizleşen, delmede veya şarj esnasında atlanan deliklerin atım sonrası çevresinde oluşturduğu olumsuz etkiden anlaşılmaktadır. Ateşleme geometrisi gecikme sırası yanlış bağlanan veyahut yanlış yönden başlatılan bir atımın oluşturduğu verimsiz patlatmalardan anlaşılmaktadır (Şekil 3).



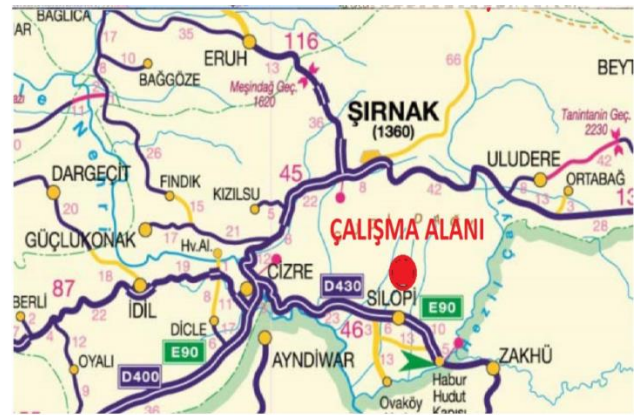
Şekil 3. Basamak patlatmaları tasarım

parametreleri (Dyno Nobel,2010)

Bu çalışmada Şırnak İli Silopi İlçesinde Aksu Köyü mevkiinde bulunan Harbul asfaltit kömürü açık işletmesinin dekapaj kazısı delme-patlatma çalışmaları değerlendirilerek, delik paterni, delik çapı, ateşleme sistemi değişiminin hacimsel verim üzerinde etkisi araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Şırnak ili, Silopi ilçesi, Aksu Köyü sınırlarında bulunan ve hukuki durumu Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü uhdesinde bulunan 12450 Sicil Nolu (Eski IR 2429) ruhsat sahası 2003 yılında Silopi Elektrik Üretim A.Ş. tarafından Rödövens Sözleşmesi karşılığı 30 yıl işletilmek üzere alınmıştır. Ruhsat dâhilinde 3 adet bilinen filon mevcuttur. Bunlar Harbul, Silip ve Üçkardeşler filonlarıdır. Ciner Grubu kuruluşu olan Silopi Elektrik Üretim A.Ş. Rödövens karşılığı aldığı sahanın Asfaltit Kömürünü değerlendirmek üzere 3 x 135 Mw/h kurulu gücü olan 3 ünite Akışkan yataklı termik santral kurmuştur. Termik santral Şırnak İli, Silopi İlçesi, Çalışkan Beldesi'nin kuş uçuşu 4.5 km kuzeybatısında ve Görümlü Beldesinin 3.5 km güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 4).

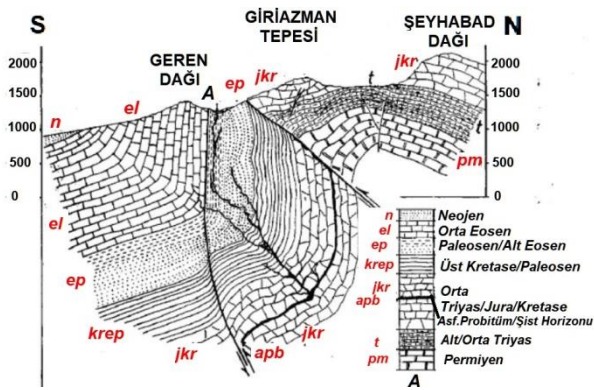


Şekil 4. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Kenar kıvrımları bölgesinde yer alan çalışma sahası, Arab bloku ile Anadolu levhasının muhtemelen miyosen sonlarına doğru çarpışması sonucu şekillenmiştir. Bölgedeki sıkışma rejimi, kuzeydeki kenet kuşağı doğrultusu ile uyumlu rejijonal yapı şekilleri

oluşturmuştur. Şekil değişimi önceleri kıvrımlanma ile karşılanmış, devam eden yan basınçlar ile büyük kırık hatlar oluşmuştur (Işıganer, 1985).

Şırnak Silopi İlçesi Aksu köyü mevkiindeki Harbul asfaltit filonu; vadinin S-SW yamaçlarında Midyat formasyonunun dik duran kalker banklarının hemen altında, Gercüş formasyonu kumtaşı tabakaları sınırına çok yakında, kırmızı, yumuşak, killi tabakalar arasında, çoğunlukla kaba yamaç molozunun örttüğü bir asfaltit filonudur. Harbol filonu hakkında jeolojik kesiti Şekil 5'te verilmiştir (Lebküchner, 1969).



Şekil 5. Harbul filonu kesiti (Lebküchner, 1969)

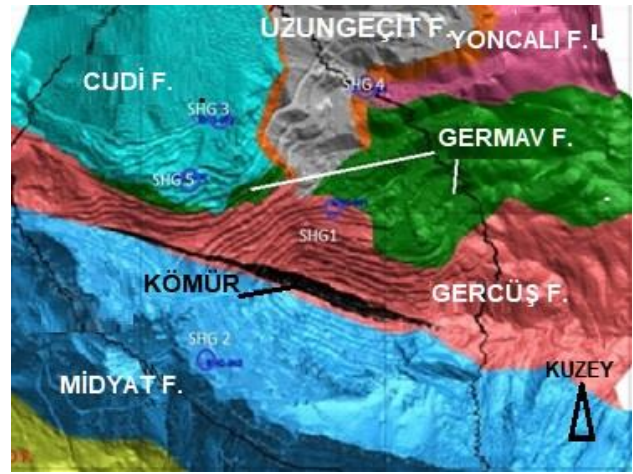
Çalışma alanı güney kısmında, doğu-batı doğrultusunda uzanan sırtları oluştururlar. Bej, bej-gri, kirli beyaz renkli, orta sert- bazen sert bir kireçtaşıdır. Alt kısımlarda yer yer karstik ve breş yapılı ince tebeşir ara tabakalıdır. Çoğunlukla 0.25-0.50m., bazı yerlerde 0.80-1.00m ye ulaşan kalınlıkta iyi tabakalanma gösterir. Formasyon kalınlığı 400-450 m olduğu tahmin edilmektedir. Yaşı Lütésiyen olarak verilmiştir (Işıganer, 1985).

Karasal koşullarda çökelmiş, silttaşı, kil, kumtaşı, çamurtaşı, anhidrit, dolomitik kireçtaşı seviyelerinden oluşur. Formasyon kalınlığı 600-700 m olduğu tahmin edilmektedir. Formasyonun yaşını eski çalışmacılar paleosen-alt eosen olarak vermişlerdir. Gercüş formasyonunun tipik rengi, kahve-kırmızı,

kiremit kırmızı bordo renk ve şarabidir. Lagün çökellerinin rengi ise yeşilimsi gri, koyu gri ve siyahımsı gridir (Işıganer, 1985).

Bu grupta kalın dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşları mevcuttur. Formasyonun tip kesiti, Şırnak-Uludere ilçesi güneyindeki Cudi dağında izlenir. Cudi grubu masif, orta-kalın tabakalı, açık gri, gri, koyu gri, siyahımsı gri, bej, sarımsı gri, kahverengimsi siyah renkli dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşur. Egemen kaya türü dolomittir (Altınlı, 1966).

Çalışma sahası formasyonların plan görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Açık ocak ve çevresi jeolojik formasyonların plan görüntüsü

Çalışma sahasında, işletme tarafından 2017 yılında güncel jeoteknik veriler almak amacıyla, 5 adet jeoteknik sondaj yapılmış ve deneysel analizler yapılarak açık ocak sınırları dâhilinde karşılaşılabilecek tüm kayaç türleri/formasyonları temsilen güncel jeoteknik parametreler elde edilmiştir. Tablo 1'de jeoteknik sondajların lokasyonları yön ve derinlik bilgileri verilmiştir.

Tablo 2' de yapılan sondajlardan elde edilen farklı kayaç ve zemin numuneleri üzerinde yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir.

Tablo 1. Jeoteknik kuyu lokasyon, yön ve derinlik bilgileri

Kuyu Adı	Amaç	Doğu	Kuzey	Z(m)	Azimet	Eğim	Derinlik(m)
SHG-001	Jeoteknik	288767.00	4135041.00	1222.00	0	-90	377
SHG-002	Jeoteknik	288238.42	41344424.66	1315.199	0	-90	500
SHG-003	Jeoteknik	288218.78	4135364.63	1468.496	0	-90	376
SHG-004	Jeoteknik	288845.00	4135486.00	1281.00	0	-90	561
SHG-005	Jeoteknik	288106.395	4135141.821	1433.487	0	-90	123

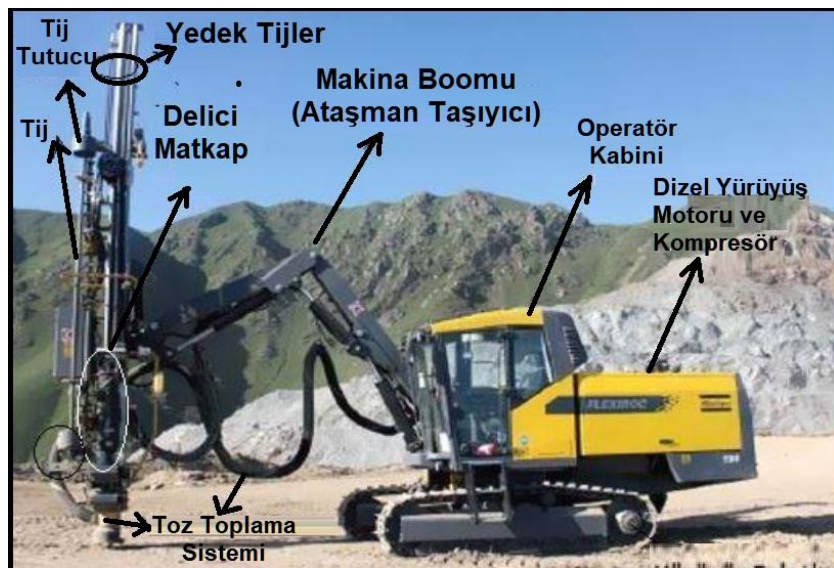
Tablo 2. Formasyonların kayaç parametreleri

Birim	Sınıfı	Birim Hacim Ağırlık ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (c) (kPa)	İçsel Sürtünme Açısı ( $\theta$ )	Tek eksenli Basınç Dayanımı (kPa)	GSI	mi
Gercüş	0-20 m Zemin Zayıf Kaya	18.9 24.7	730	5	28140	30	8
Midyat	Sağlam Kaya	25.68	7590	17			
Germav	Cudi Kondağı Zemin Atölye Zayıf Kaya	17.3 25.21	400	9	31690	25	16
Cudi	Zayıf Kaya	26.11			25110	45	4
Uzungeçit	Zemin	21.4	60	30			
Bulakbaşı	Zayıf Kaya	24.9			24180	45	8
Asfaltit	Sağlam Kaya	13.94	7800	30.5			

Dekapaj çalışmalarında delme-patlatmalı kazı yöntemi uygulanmaktadır. Delici Makinalar ile delinen delikler patlatılmakta, patlatılan malzeme dizel hidrolik ekskavatörler ile kamyonlara yüklenmekte ve kamyonlar vasıtası ile döküm harmanlarına dökülmektedir. Açık ocak geometrisi batı ucu açık, doğu-batı doğrultulu, kuzey-güney kanatlı bir vadi

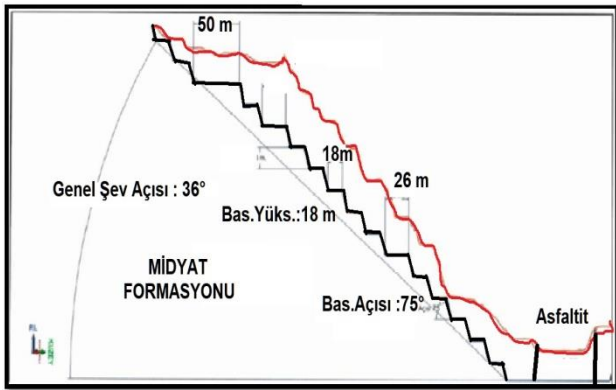
şeklinde. Mevcut durumda döküm harmanları kuzey – kuzey doğu ve batı yönlerinde bulunmaktadır.

İşletmede dekapaj çalışmaları ve kömür üretim çalışmalarında geneli 89 mm çaplı delik delen modern makineler kullanılmaktadır (Şekil 7).



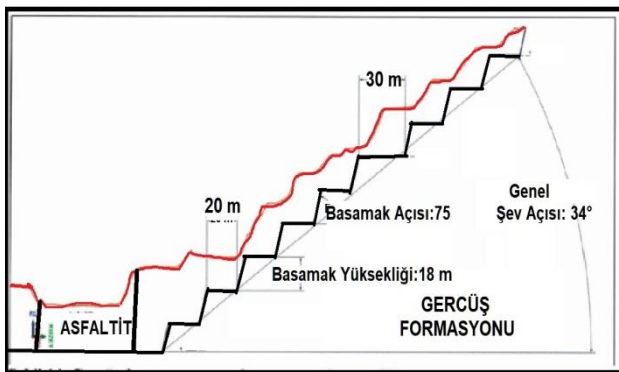
Şekil 7. İşletmede kullanılan tipik bir delici makine

Maden ömrü kazı projesi parametreleri olarak; Midyat formasyonundaki basamaklarda; basamak yüksekliği 18 m., genişliği 16 m., basamak açısı  $75^\circ$  dir. Ara emniyet basamakları; her beş basamakta bir basamak, basamak yüksekliği 18 m., genişliği 26 m., basamak açısı  $75^\circ$ , Emniyet Basamağı ; basamak yüksekliği 18 m., genişliği 50 m., basamak açısı  $75^\circ$  dir. Genel Şev Açısı:  $36^\circ$  (Şekil 8).



Şekil 8. Midyat formasyonu dekapaj kazı basamak parametreleri kesit görüntüsü

Gercüş Formasyonundaki basamaklarda; basamak yüksekliği 18 m., genişliği 20 m., basamak açısı  $75^\circ$  dir. Ara emniyet basamakları; her beş basamakta bir basamak, basamak yüksekliği 18 m., genişliği 30 m., basamak açısı  $75^\circ$  dir. Emniyet Basamağı ; basamak yüksekliği 18 m., genişliği 50 m., basamak açısı  $75^\circ$ , Genel Şev Açısı:  $33-34^\circ$  dir (Şekil 9).



Şekil 9. Gercüş formasyonu dekapaj kazı basamak parametreleri kesit görüntüsü

## Uygulama ve Başarımlar

Açık işletme sahasında dekapaj ve kömür üretiminde deneysel olarak belirlenmiş tasarımlar uygulanmaktadır. Sahada Gercüş, Midyat ve Cudi olarak üç ayrı formasyonda dekapaj çalışmaları yürütülmektedir. Bu formasyonların her biri ve formasyonlarında kendi içinde değişken zonları belirlenmiş olup, deneysel yaklaşımlar geliştirilmiş ve uygulamalar bu tespitlere göre yapılmaktadır. Saha uygulama kayıtları ve gözlemlerden yararlanılarak Tablo 3'teki değerler tespit edilmiştir. Teorik yaklaşımlardan yararlanılarak oluşturulan deneysel atımlar içinde sahada bölge tespiti, deliklerin aplikasyonu, işaretlenmesi, patlayıcı şarjı ve kapsül bağlantıları yerinde yönlendirilerek sonuçlar kaydedilmiştir. Bu sonuçlar hacimsel ve parça boyutu verimi açısından değerlendirilmiştir.

Aynı zamanda patlayıcı madde ateşleme elemanları, kapsüllerle ilgili olarak sarsıntı karşılaştırma testleri de yapılmıştır. Sahada mevcut atımlarda elektriksiz kapsüller kullanılmaktadır. Ancak saha atımları izleme sürecinde malzeme temini kaynaklı sahada kullanılmak zorunda kalınan emniyetli fitil ateşleme sistemi ile Nonel kapsül ateşleme sisteminin sarsıntı üzerinde etkisi Minimate Blaster cihazı ile ölçülerek sonuçlar analiz edilmiştir. Diğer bir taraftan sahada duraylılık yönünden kritik bölgeleri izlemek amacıyla kurulan IBIS Anlık Şev İzleme istasyonu (Şekil 10) görüş alanı dâhilinde bulunan bölgede gerçekleştirilen atımların anlık şev izleme istasyonu yer değiştirme, hız, ivme grafikleri üzerinde etkisinin araştırması amacı ile grafiksel veriler alınarak analiz edilmiştir.

Tablo 3. Mevcut durumda uygulanan tasarım parametreleri

Formasyon	Delik Çapı (mm)	Delikler arası mesafe (m.)	Dilim Kalınlığı (m.)	Tasarım Geometrisi
Midyat	89	3-4 m	2 - 3 m	Şeşbeş
Gercüş	89	2.5-4 m	2 - 3 m	Şeşbeş
Cudi	89-102	2 - 3 m	2 - 3 m	Şeşbeş



Şekil 10. IBIS şev izleme istasyonu

Boyut analizi için, atım sonrası alınan yığın fotoğrafları üzerinde Split Desktop 4.0. Programı kullanılarak boyut analizi yapılmıştır. Ölçekleme (Scaling) komutu ölçüleri bilinen referans nesne anlamına gelir, ölçekleme nesnelere seçilerek, cm., mm. inch vb. ölçek seçenekleri ile ölçek verilir (Ünlü, 2006). Literatür taraması yapılarak araştırmacıların patlatma tasarım parametre yaklaşımları tespit edilmiştir. Bu yaklaşımlar bir araya getirilerek saha karakteristik Tablo 4'te verilen jeoteknik veriler ile değerlendirilmiştir. Kazı sahasında mevcut 3 ayrı formasyon için her formasyonda 2-3 farklı patern parametre

değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda çalışma sahasında formasyonlarda çalışmakta olan makinaların delik çaplarına (89 mm, 110 mm ve 160 mm.) uygun paternler geliştirilmiştir. Patern geliştirilirken, dilim kalınlığı için saha formasyonlarının jeoteknik kayaç karakteristiklerini kullanabileceğimiz Pearse Bağıntısı (1) tercih edilmiştir. Delikler arası mesafe Tamrock (2), Sıkılama boyu için Gustafsson-Olofsson formülleri uygulanmıştır.

$$B = Kr \cdot 10^{-3} \cdot d \sqrt{\frac{Pd}{\sigma_c}} \quad (1)$$

Formül (1)'de verilen  $B$ ; dilim kalınlığı (m),  $Kr$ ; kayaç faktörü,  $d$ ; delik çapı (mm),  $Pd$ ; delikteki patlatma basıncı (MPa),  $\sigma_c$ ; kayaç çekme direnci (MPa)'dir.

$$S = 1,25 * B \quad (2)$$

Formül (2) de verilen  $B$ ;dilim kalınlığı(m),  $S$ ; delikler arası mesafedir.

Tablo 4. Parametre hesabı için kullanılan saha jeoteknik veriler

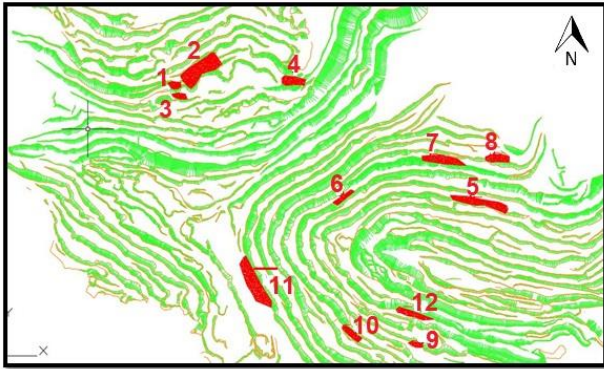
Kayaç Parametreleri	Sert Kireçtaşı	Orta Sert Kireçtaşı	Orta Sert Çamurtaşı	Sert Çamurtaşı	Yamaç Molozu-Kireçtaşı bloklu	Çatlaklı Killi Kireçtaşı
Çekme Dayanımı	32.2	23.1	31.7	32.8	44.3	56.7
Birim Hacim Ağırlığı	2.41	2.57	2.57	2.47	2.54	2.61
RQD	59.8	26.89	30.7	47.2	25	75

Bu hesaplamalarda çalışma sahasında Formasyonlarda çalışmakta olan makinaların delik çaplarına (89 mm,110 mm ve 160 mm.) uygun paternler geliştirilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Tasarımlanan parametre sonuçları

	Mıdyat Formasyonu				Gercüş Formasyonu				Cudi Formasyonu			
	89	89	160	160	160	160	89	89	110	110	89	89
Delik Çapı (mm)	89	89	160	160	160	160	89	89	110	110	89	89
Basamak Yüksekliği (m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Delik Taban Payı (m)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Delik Boyu (m)	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85	9.85
Delik Eğimi	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Dilim Kalınlığı (m)	2.43	3.59	4.37	6.46	5.33	4.65	2.96	2.59	3.27	2.1	2.64	1.7
Delikler Arası Mesafe	3.04	4.49	5.46	8.07	6.66	5.81	3.71	3.23	4.08	2.63	3.3	2.13
Delik Düzeni	Şeşbeş											
Sıklama Boyu (m)	2.43	3.59	4.37	6.46	5.33	4.65	2.96	2.59	3.27	2.1	2.64	1.7
Kolon Şarj Boyu (m)	7.42	6.26	5.48	3.39	4.52	5.2	6.89	7.26	6.58	7.75	7.21	8.15
Kolon Şarj Miktarı (kg)	36.9	31.1	88.1	54.5	72.6	83.5	34.2	36.1	50	58.8	35.8	40.5
Yemleme (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Özgül Şarj (kg/m <sup>3</sup> )	0.56	0.21	0.41	0.12	0.23	0.34	0.35	0.48	0.42	1.19	0.46	1.25

Teorik yaklaşımlar ile oluşturulan ön tasarımlar Şubat 2018 ayında sahada uygulanmıştır. Uygulama yapılan lokasyonlar ocak halihazır haritası üzerinde gösterimi Şekil 11'de verilmiştir.



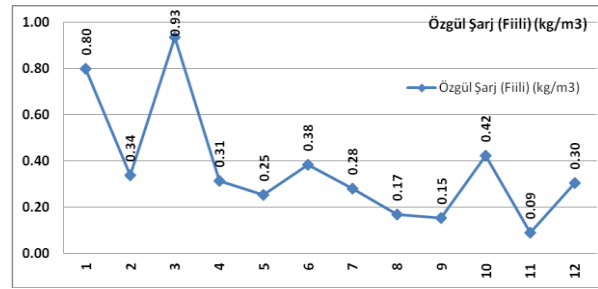
Şekil 11. Ön tasarımlı deneme atım bölgeleri halihazır plan üzerinde gösterimi

Atımlarda saha mevcut durum gerçekleşen 2017 yılı atımlarının özgül şarj ortalaması 0.37 Kg/m<sup>3</sup> olup, deneme atımları için gerçekleşen özgül şarj, Şekil 12'de verilen grafikte gösterilmiştir. Grafikten anlaşılacağı üzere Cudi formasyonu deneme atımları olan 1, 2, 3, 4 nolu atımlardan, 1 ve 3 nolu atımlarda belirgin bir şekilde yüksek özgül şarj değerleri oluşmuştur. 2 ve 4 nolu atım paternlerinin özgül şarjı düşük olup verim artmıştır. 5., 6., 7. ve 8. Atımlar Gercüş formasyonu atımları olup 89 mm delik

Tablo 6. Deneme atımları ve boyut analiz kod karşılıkları

Deneme Atım No	Boyut Analiz Kodu	Delik Çapı	Delikler arası mesafe	Sıralar arası mesafe (m.)	Özgül Şarj (Fili)
----------------	-------------------	------------	-----------------------	---------------------------	-------------------

çapı için 5. Atım paterni, 160mm' lik delik çapı için 8. Atım paterni verimli olmuştur. 9., 10., 11. ve 12 atımlar Mıdyat formasyonu atımları olup, 89 mm delik çapı için 9. Atım, 160mm çap için 11. Atım paterni daha verimli olmuştur.



Şekil 12. Deneme atımları özgül şarj grafiği

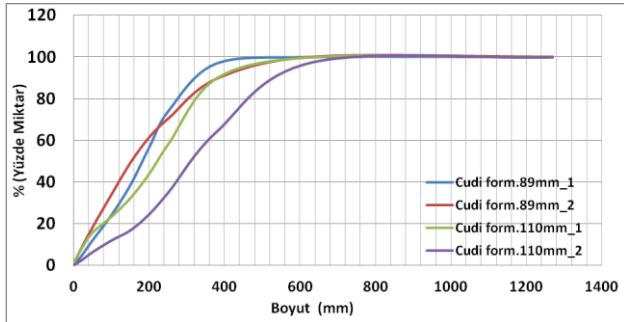
Çalışma sahasında uygulanan deneme patlatmalarında kazılan hacimde parça boyutu analizi için Split Desktop 4.0 programı kullanılmıştır. Sahada patlatılmış malzeme yığınının yığını temsil edebilecek ortalama bölgelerden görüntü alınarak patlatma sonucu oluşan parça boyutu program aracılığı ile hesaplanmıştır. Split desktop programına girilen çalışma isimleri ile ait olduğu atım numaraları Tablo 6'da verilmiştir.



			(m.)		(kg/m <sup>3</sup> )
1	Cudi form. 89mm_1	89 mm	2.5	1.7	0.80
2	Cudi form. 89mm_2	89 mm	3.3	2.5	0.34
3	Cudi form. 110mm_1	110 mm	2.5	2	0.93
4	Cudi form. 110mm_2	110 mm	4	3.25	0.31
5	Gercüs_1 (89mm)	89 mm	3.7	3	0.25
7	Gercüs_2 (160mm)	160 mm	5.8	4.5	0.28
9	Midyat form. 89mm_2	89 mm	4.5	3.6	0.15
10	Midyat form. 89mm_1	89 mm	3	2.4	0.42
11	Midyat form. 160mm_1	160 mm	8	6.5	0.09
12	Midyat form. 160mm_2	160 mm	5.5	4.5	0.30

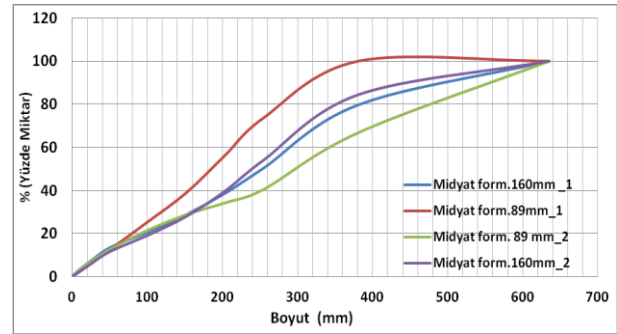
Yapılan deneme patlatmalarından 10 atımın görselleri üzerinde analiz yapılmıştır. Her formasyonun kendi içinde farklı çaplarda ve paternlerde yapılan atımları kendi aralarında boyut analiz karşılaştırma grafikleri üretilmiştir.

Cudi formasyonu için yapılan deneme atımları sonucu oluşan yığımlarda alınan görüntüler ile yapılan boyut analiz sonuçları ile ilgili grafik Şekil 13'te verilmiştir.



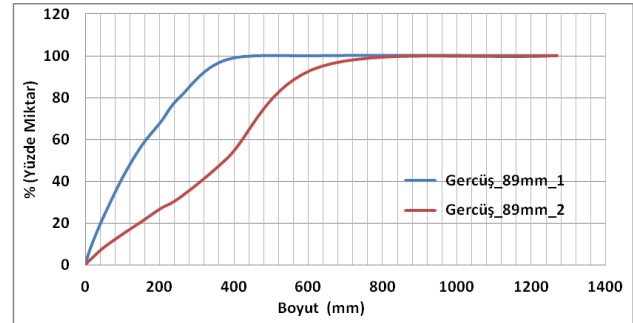
Şekil 13. Cudi formasyonu atımları boyut analiz karşılaştırma grafiği

Midyat formasyonunda yapılan atımların boyut analiz sonuçları karşılaştırma grafiği Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil 14. Midyat formasyonu atımları boyut analiz karşılaştırma grafiği

Gercüş formasyonunda yapılan atımların boyut analiz sonuçları karşılaştırma grafiği Şekil 15'de verilmiştir.

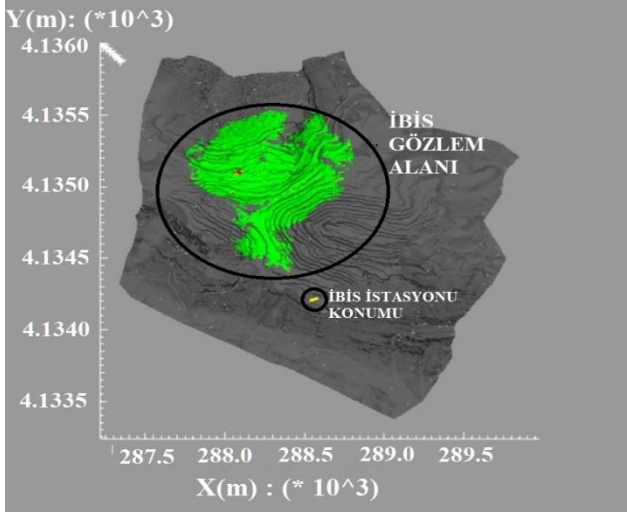


Şekil 15. Gercüş formasyonu atımları boyut analiz karşılaştırma grafiği

Şev izleme istasyonu yönlendirildiği cephe yönünde, sağa sola 75 derece, aşağı yukarı 15 derece olmak üzere bir tarama alanında radar nokta okumaları yaparak önceki okumaları ile anlamlı bir şekilde karşılaştırılabilecek bir veriye dönüştürmektedir (IDS Geo Radar, 2018).

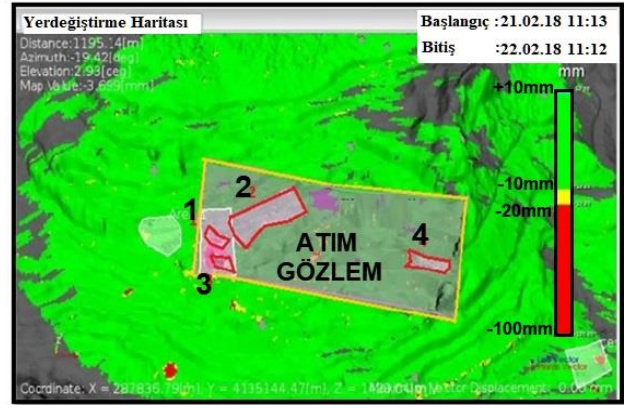
Mevcut durumda istasyonun bakış açısı Şekil

16'da verildiği gibidir. Stabilité yönünden diğér bölgelere göre zayıf olan Cudi, Germav ve Gercüş formasyonlarının geçişi olan bindirme hattı gözlenmektedir.

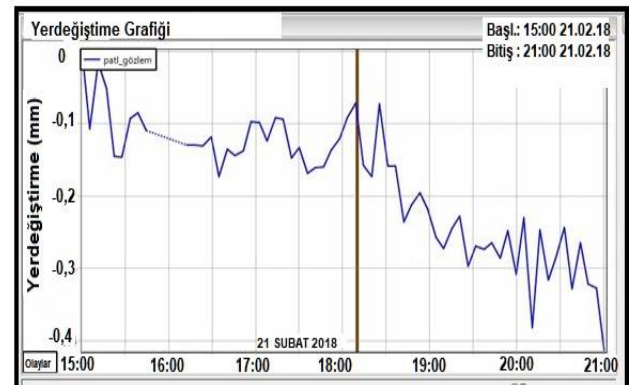


Şekil 16. Gercüş formasyonu atımları boyut analiz karşılaştırma grafiği

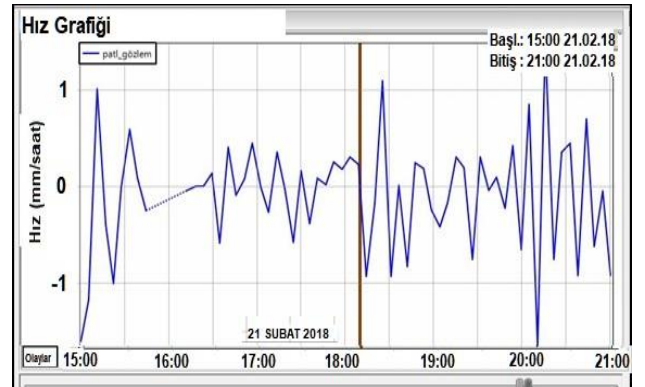
Deneme atımları gözlemi için IBIS programında çizilen birleştirilmiş alan Şekil 17'de verilmiştir. IBIS istasyonu bilgisayarı, gerçekleştirdiği radar okuma verilerini kaydetmekte ve kayıtlı olan herhangi bir zaman aralığı için harita ve grafikler üretebilmektedir. Bu grafikler; yer değıştirme, hız, hızlanma, zamanın hıza oranı değışkenlerinin zamana göre değışimi çizilmektedir. Programa yağış, patlatma saati gibi veriler girilerek grafiklerde gösterilebilmektedir. IBIS programına Cudi deneme atımlarının tümünü kapsayan "atım\_gözlem" adında bir alan tanımlanmıştır. Atımların yapıldığı zamanı (21.02.2018 Saat18:10) kapsayacak şekilde aynı gün 15:00–21:00 zaman aralığı için yer değıştirme grafiği Şekil 18'de, Hız grafiği Şekil 19'da verilmiştir. Programa girilen Patlatma saati 18:10, grafiklerde görülmektedir. Şekil 18 ve 19'da verilen grafikler incelendiğinde atım saati olan 18:10'da anlık bir pik yaptığı gözlenmekte ancak 6 saatlik duruma bakıldığında daha yüksek yer değıştirme ve hızlar ile karşılaşılabilir.



Şekil 17. IBIS'te Cudi formasyonu atımları için çizilen alanlar



Şekil 18. IBIS'te Cudi formasyonu atımları alanı (patl\_gozlem) 6 saatlik yer değıştirme grafiği



Şekil 19. IBIS'te Cudi formasyonu atımları alanı (patl\_gozlem) 6 saatlik hız grafiği

## Sonuçlar ve Tartışma

Açık işletme maden sahasında delme-patlatma çalışmaları dekapaj işinin en önemli ayağıdır. Delme – patlatma çalışmaları mevcut durumu gözlemlenmiş, parametreleri tespit edilmiştir.

Aralık 2017 mevcut patlatma uygulamaları sahada ayrıntılı incelenmiş ve yapılan hesaplamalar neticesinde; 1.440.149 m<sup>3</sup> dekapaj hacmi için toplam 527 200 Kg ANFO, 7.691 Kg Dinamit kullanıldığı tespit edilmiştir. Özgül Şarj 0.37 Kg/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir.

Cudi formasyonu deneme atımları 89 mm delik çapı uygulaması için iki ayrı patern geliştirilmiştir. 2. Atım için gerçekleşen özgül şarj 0.34 kg/m<sup>3</sup> olmuştur. 1. ve 2. Atımlar karşılaştırıldığında, uygun verimde olan 2. Atım patern uygulamasında özgül şarj %8 azaltılmıştır. Cudi formasyonunda 110 mm. delik çapı 3. ve 4. deneme atımı yapılmıştır. 4. Atım için gerçekleşen özgül şarj 0.31 kg/m<sup>3</sup> olmuştur. Cudi 3. ve 4. atımlar karşılaştırıldığında, 4. Atım patern uygulamasında özgül şarj %16 azaltılmıştır.

Gercüş formasyonu 89 mm delik çapı için yapılan 5. ve 6. Deneme atımlarında; 5. Atım 0.25 kg/m<sup>3</sup> özgül şarj elde edilmiştir. 5. Atım özgül şarjında %32 azalma sağlanmıştır. Gercüş formasyonu 160 mm delik çapı için yapılan 7. ve 8. Deneme atımlarında; 8. Atım 0.17 kg/m<sup>3</sup> özgül şarj elde edilmiştir. 8. Atımda %54 azalma sağlanmıştır.

Midyat formasyonu 89 mm ve 160 mm delik çapları için yapılan 9, 10, 11 ve 12 nolu atımlarda 160mm daha verimli olduğu görülmüştür, kırılğan yapıdaki bölgelerde yapılan atımlarda özgül şarj %50 üzerinde azalma sağlanırken, 160 mm delik çapı 12 nolu atım paterni ile özgül şarjda %19 azalma sağlanmıştır.

Yapılan deneme atımlarında hacimsel verim ve parça boyutu açısından, Gercüş ve Midyat formasyonlarında 160 mm delik çapının, Cudi formasyonunda 110 mm delik çapının daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Sarsıntı analizleri sonucunda nonel kapsüllerin çevre ve şev stabilite güvenliği açısından daha güvenli olduğu teyit edilmiştir. Şev İzleme İstasyonu ile Cudi bölgesi atımlarında yapılan incelemede, deneme atımları 6 saatlik izleme aralığında -1.4 mm ile -0.15 aralığında bir yer değiştirme tespit

edilmiş olup, patlatmasız izleme zaman dilimlerindeki değerlere yakın bir değer olduğu, patlatma faaliyetlerinin olumsuz yönde bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Yapılan deneme atımlarının tümünde boyut analizi sonuçları ve saha gözlemlerine göre yüklenebilir ve nispeten patarsız malzeme elde edilmiştir. Deneme atımları sonucunda, özgül şarj 0.37 Kg/m<sup>3</sup>'ten 0.28 Kg/m<sup>3</sup>'e düşmüş, yaklaşık %24 iyileştirme sağlanmıştır. Deneme atımlarında seçilen 110 mm ve 160 mm delik çapları için uygun patern kullanılması halinde, özgül şarjın 0.09 Kg/m<sup>3</sup> azaltıldığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda (patlayıcı birim fiyatı:0.50 \$/Kg) birim kazı hacmi maliyetlerinde 0.045 \$/m<sup>3</sup> tasarruf sağlandığı belirlenmiştir.

## Kaynaklar

- Alkaş, İ., (1989). Üçkardeşler, Harbul, Silip (Silopi - Mardin) asfaltit filonlarında 1985-1986 yıllarda yapılan sondajlara ait rapor, MTA, Ankara, 1-18.
- Altınlı, İ., (1966). Doğu ve Güneydoğu Anadolu jeolojisi. MTA, 66, 35-77.
- Bayrakçı, E., (2007). Aydın Linyit İşletmesinde delme-patlatma işlemlerinin iyileştirilmesi, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Bayraktaroğlu, B., (2003). Kömür dekapajında optimum delme-patlatma tasarımı Garp Linyitleri İşletmesinde bir saha çalışması, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dyno Nobel, (2010). Blasting and Explosives Quick refernce guide, Austuralia,1
- Esen, S., Onederra, I. ve Bilgin, H.A., (2003). Modelling the size of crushed zone around a blasthole, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Science*, 40, 485-495.
- IDS Geo Radar, (2018). IBIS-FM Real-time critical monitoring and long term planning at great operating distance, Italy, <https://idsgeoradar.com/products/interferometric-radar/ibis-fm> , Erişim tarihi Mayıs 25, 2018.
- Işıganer, T., (1985). Mardin-Silopi-Harbul (Aksu) ve Üçkardeşler Asfaltit Filonlarına ait Jeoloji Raporu, MTA, Ankara.
- Kahriman, A., (2002). *Maden ve taş ocaklarında kaya patlatma tekniği*, İstanbul Ün. Yayını, İstanbul.

- Lebküchner, R.F., (1969). Güneydoğu Türkiye'deki asfaltik maddelerin zuhur ve teşekkülleri, *MTA* 72, 124-145.
- Olofsson, S.O., (1988). *Applied explosives technology for construction and mining, applied explosives technology*, Sweden.
- Sayınbatur, O. (2011). Açık ocak maden işletmelerinde patlatma delikleri ve patern tasarımı üzerine bir araştırma, Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- SEÜAŞ ÇED, (2010). Şırnak-Silopi termik santrali, santrale yakıt sağlayan asfaltit sahası ve kireçtaşı sahaları kapasite artışı projesi ÇED Raporu, SEÜAŞ.
- Ünlü, A.Ö., (2006). TKİ-Garp Linyitleri İşletmesi açık ocaklarında delik geometrisinin parça boyutu ve dekapaj maliyeti üzerinde etkisi, Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

## Examination of drilling-blasting Works in Silopi Harbul surface mining site

### Extended Abstract

Design development was aimed in order to evaluate and improve the current conditions of stripping at Silopi Harbul Open Mining Site in terms of volumetric efficiency, dimension analysis and stability. In this context, applied drilling-blasting parameters were determined. The preliminary designs were prepared with theoretical approaches, and started to be implemented on site. The patterns implemented were monitored on site and respective results were recorded. The volumetric efficiency was interpreted, and specific charge rates were compared based on these results. The photographs representing the stripping bulk were taken, and subjected to dimensional analysis with the image dimensional analysis software Split Desktop 4.0. The results obtained from the dimensional analysis were compared based on formation. The dynamic effect of the testing pulses created at the monitoring site by using the slope monitoring station IBIS Radar system installed on the worksite, on stability of the slope at pulse hours was investigated. December 2017 was chosen as the sample month for drilling-blasting implementation detection of the field. Sample month was examined in detail and the results of the calculations are as follows; Specific Charge Rate was detected as  $0.37 \text{ Kg/m}^3$  by using 527 200 Kg ANFO and 7.691 Kg Dynamite for  $1.440.149 \text{ m}^3$  stripping. Two different patterns were developed for Cudi formation with 89 mm slot diameter. Specific charge rate was detected as  $0.34 \text{ kg/m}^3$  in the 2<sup>nd</sup> Pulse. When 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> pulses are compared, specific charge rate decreased by 8% in the 2<sup>nd</sup> Pulse which was at the suitable efficiency. 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Pulses were conducted on Cudi formation with 110 mm slot diameter and specific charge rate was found as  $0.31 \text{ kg/m}^3$  in the 4<sup>th</sup> Pulse. In the 4<sup>th</sup> Pulse pattern application, specific charge rate decreased by 16%. In the 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> Pulses carried out for Gercüş formation with 89 mm slot diameter;  $0.25 \text{ kg/m}^3$  specific charge rate was obtained in the 5<sup>th</sup> Pulse. A 32% decrease of the specific charge was achieved in the 5<sup>th</sup> Pulse. In the 7<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> Testing Pulses carried out for Gercüş formation with 160 mm slot diameter;  $0.17 \text{ kg/m}^3$  specific charge rate was obtained in the 8<sup>th</sup> Pulse. A 54% decrease of the specific charge rate was achieved in the 8<sup>th</sup> Pulse. It was found out that 160 mm slot diameter was more efficient in the 9, 10, 11 and 12<sup>th</sup> Pulses carried out

for Midyat formation with 89mm and 160mm slot diameters, and pulses performed in areas with brittle structure showed a decrease over 50% of specific charge rate, while a %19 decrease in specific charge rate was achieved at 160 mm slot diameter in the 12<sup>th</sup> pulse. In the examination carried out with IBIS Slope Monitoring System on Cudi region pulses, a displacement between -1.4 mm and 0.15 mm was found in the six-hour observation period, that it was a close to the values in the non-blasting observation period and it did not affect the slope stability of blasting activities negatively. Dimension analysis results were evaluated. In the 1<sup>st</sup> pulse performed on Cudi formation of 89 mm slot diameter, 97,04% quantitative rate for dimension range between 0-381 mm was found; 89,57% in the 2<sup>nd</sup> pulse, 90,01% in the 3<sup>rd</sup> pulse performed on 110 mm slot diameter and 64,32% in the 4<sup>th</sup> pulse. In the combined results, material quantity of the Cudi formation for dimension range between 0-635 mm was found as 99,23%. In the 5<sup>th</sup> pulse performed on Gercüş formation with 89 mm slot diameter for the dimension range between 0-381 mm, the quantity rate was found as 98,11% and in the 7<sup>th</sup> pulse performed on 160 mm slot diameter was found as 50,81%. Combined result for the dimension range between 0-635 mm was detected as 97,01%. In the 9<sup>th</sup> pulse performed on Midyat formation with 89 mm slot diameter for dimension range between 0-381 mm 66,89% quantity rate was found; 100% in the 10<sup>th</sup> pulse, 79,77% in the 11<sup>th</sup> pulse performed on 100 mm slot diameter and 84,46% in the 12<sup>th</sup> pulse was found. All of the material quantity rates of performed testing pulses of Midyat formation for the dimension range between 0-635 mm were 100%. According to the dimensional analysis results and field observations, transportable and materialless material was obtained. It was found out in the testing pulses performed for volumetric efficiency and particle dimension that 160 mm slot diameter was more efficient in Gercüş and Midyat formations, and 110 mm slot diameter was more efficient in Cudi formations. As a result of the performed testing pulses, specific charge rate dropped from  $0.37 \text{ Kg/m}^3$  to  $0.28 \text{ Kg/m}^3$ , and a 24% improvement was achieved. It was determined that using suitable patterns for 110 mm and 160 mm slot diameters during testing pulses decreases specific charge by  $0.09 \text{ Kg/m}^3$ . Therefore, excavation volume costs per unit (unit cost of explosive:  $0.50 \text{ \$/Kg}$ ) decreases  $0.045 \text{ \$/m}^3$ .

**Keywords:** Asphaltite coal, Size Analysis, Drilling, Volumetric efficiency, Harbul Phylon, Blasting, Silopi