

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERMER OCAKLARINDA PİROTEKNİK KAYA KIRICI
MALZEMELERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Afşin GÜNEŞ

**Danışman
Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2017**



© 2017[Afşin GÜNEŞ]

TEZ ONAYI

Afşin GÜNEŞ tarafından hazırlanan " Mermer Ocaklarında Piroteknik Kaya Kırıcı Malzemelerin Kullanılabilirliğinin Araştırılması" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Raşit ALTINDAĞ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Kerim KÜÇÜK
Dokuz Eylül Üniversitesi



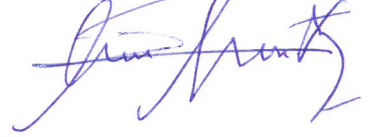
Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Afşin GÜNEŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI.....	i
TAAHHÜTNAME.....	i
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1.Zayıf Patlayıcılar	9
1.1.1. Piroteknikler	9
1.1.2. Propellantlar	9
1.2. Kuvvetli Patlayıcılar.....	9
1.2.1. Birincil Patlayıcılar	10
1.2.2. İkincil Patlayıcılar	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Deliciler.....	17
3.1.2. Elmas Tel Kesme Makinaları.....	20
3.1.3. Elmas Teller	21
3.1.4. Piroteknik Kaya Kırıcılar	22
3.1.5. Paletli Ekskavatör ve Hidrolik Kırıcılar.....	26
3.2. Yöntem.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	34
4.1. Mermer Ocağının Jeolojisi, Geometrisi ve Mermerin Yapısı	35
4.2. Kayacın Fiziksel-Mekanik ve Kimyasal Özellikleri	37
4.3. Mermer Blok İşletmeciliğinde Pasa İlerletim Yöntemleri	38
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	70

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MERMER OCAKLARINDA PİROTEKNİK KAYA KIRICI MALZEMELERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Afşin GÜNEŞ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ

Mermer ocaklarında ekonomik değeri olan kayaçların blok şeklinde alınabilmesi için koordineli bir şekilde pasa ilerletme çalışmaları yapılmaktadır. Ocağın yapısına ve şekline göre değişik yöntemler geliştirilmeye çalışılsa da şimdiye kadar uygulanmakta olan en yaygın yöntem ekskavatörün ucuna ataşman olarak takılan hidrolik kırıcı ile ocağı genişletme veya pasa sökme çalışmalarıdır.

Bu tez çalışmasında, Eğirdir bölgesinde Barla Mermer Maden San. Tic. Ltd. Şti.'ne ait bej mermer ocağında iki farklı yöntem; Hidrolik Kırıcı ve Piroteknik Kaya Kırıcı+Hidrolik kırıcı ile pasa ilerletme yöntemlerinin ekonomik değeri olmayan bölgelerde pasa ilerletme performans analizleri incelenmiştir. En uygun söküm ve/veya pasa ilerletme yönteminin bulunabilmesi için farklı bölgelerde kayaç yapısına bağlı olarak hidrolik kırıcı ve piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı yöntemlerinin uygulaması yapılmıştır. Belirlenen bölgelerde işletmeye ait sondaj makineleri ile delikler delinerek, elmas tel kesme makinaları ile alt ve yan kesim işlemleri yapılmıştır. Belirlenen alanların alt ve yan kesim işlemleri tamamlandıktan sonra ilk olarak ekskavatörün ucuna ataşman olarak takılan hidrolik kırıcı ile söküm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise, delik delme makineleri ile gevşetme amaçlı delikler delinip piroteknik kaya kırıcı ile gevşetilen bölge, hidrolik kırıcı ile söküm işlemi gerçekleştirilerek pasa bölgeleri boşaltılmıştır.

Bu iki yöntemin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını belirlemek için yerinde ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında; birim zaman, birim maliyet, idame yatırım giderleri, titreşim değerleri, ses ölçümleri, iş güvenliği ve çevre dostu açısından değerlendirmeler yapılmıştır. Piroteknik kaya kırıcıların kullanımı için farklı paternler denenerek en uygun delikler arası mesafe 2,5 m olarak belirlenmiştir. Piroteknik kaya kırıcı+Hidrolik kırıcı yönteminin ilk kez mermer ocaklarında pasa ilerletiminde kullanımı araştırılmış ve hem teknik hem de esneklik bakımından hidrolik kırıcı yönteminden daha uygun olduğunun sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Piroteknik kaya kırıcı, hidrolik kırıcı, pasa, gevşetme paterni, birim zaman, birim maliyet.

2017, 70 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF PYROTECHNIC ROCK BREAKER MATERIALS IN MARBLE QUARRIES

Afşin GÜNEŞ

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ

To expose block marble which have economic value, it is generally necessary to excavate and relocate large quantities of waste rock in marble quarries. Although various methods have been tried to be developed according to the shape and structure of the quarry, the most common method has been applied such as hydraulic hammer which is attached to the excavator for quarry expansion or waste rock removal up to now.

In this study, two different methods such as hydraulic hammer and pyrotechnic rock breaker+hydraulic hammer were applied to the beige marble quarry of Barla Marble Mining Co. in Eğirdir region for waste rock excavate and investigated performance analyses. Hydraulic hammer and pyrotechnic rock breaker+hydraulic hammer methods were applied depending on the rock structure in different regions of marble quarry which have non-economically valuable in order to find the most suitable waste rock excavate method. Therefore, holes were drilled with drilling machines and diamond wire cutting machines were used to bottom and sides cut of rocks in the determined areas. After the cutting operations of these areas were completed, excavate process were conducted with hydraulic hammer firstly. Then, the loosening holes were drilled with drilling machines in another waste rock area for loosening with pyrotechnic rock breakers and these areas were excavated with hydraulic hammer.

In-situ measurements and observations such as unit time, unit cost, investment cost, vibration values, sound measurements, work safety and in terms of environment friendly were carried out to determine the advantages and disadvantages of these two methods. The most suitable patterns for pyrotechnic rock breakers were tried and the best drilled spacing were determined as 2.5 m. The use of pyrotechnic rock breaker+hydraulic hammer method for excavate waste rock in marble quarries for the first time was investigated and it was concluded that it is more suitable than hydraulic hammer method both in terms of technical and flexibility.

Keywords: Pyrotechnic rock breaker, hydraulic hammer, waste rock, loosening pattern, unit time, unit cost.

2017, 70 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof.Dr. Servet DEMİRDAĞ yönetiminde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez konumun belirlenmesinde, arazi ve laboratuvar çalışmalarımın her aşamasında eleştiri ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Prof.Dr. Servet DEMİRDAĞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında Maden Mühendisliği Bölümü'nde her türlü kolaylık ve çalışma ortamı sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Prof. Dr. Ata Utku AKÇİL'e ve bölüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği Barla Mermer Maden San. Tic. Ltd. Şti. mermer ocağı işletmesinde saha ve büro çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen yönetim kurulu başkanı İsmail GÜLEŞ'e, maden mühendisleri; Mehmet Cem ORHAN ve Murat Kemal EFENDİOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamın piroteknik kaya kırıcı malzemelerin kullanımı çalışmaları sırasında yardım, eleştiri ve katkılarıyla bana teknik destek veren maden mühendisleri; Ethem Onur DEMİRBAŞ'a, Celal Onur ÜNER'e, ve Serhat BAYHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Afşin GÜNEŞ
ISPARTA, 2017

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. 2016 Yılı maden ihracatının mal gruplarına göre dağılımı (%).....	2
Şekil 1.2. 10 yıllık doğal taş ihracatı (Milyon USD)	3
Şekil 1.3. Hidrolik kırıcı ve pasanın yüklenme durumu	5
Şekil 1.4. Gazların çatlaklara yayılması.....	8
Şekil 1.5. Patlayıcıların sınıflandırılması	8
Şekil 1.6. Piroteknik kaya kırıcılar	11
Şekil 3.1. Delik delme işleminde kullanılan delici, tij takımı, tabanca ve bit.....	19
Şekil 3.2. Büyük ve hızlı tip delici	20
Şekil 3.3. Raylı ve köprülü elmas tel kesim makinaları.....	21
Şekil 3.4. Sinterize elmas tel ve sinterize elmas teli oluşturan parçaları	22
Şekil 3.5. Piroteknik kaya kırıcılar	22
Şekil 3.6. Piroteknik kaya kırıcıların delik içine yerleştirilmesi ve	24
dirençlerinin ölçülmesi	24
Şekil 3.7. Piroteknik kaya kırıcıların manyeto ile ateşleme işlemi	24
Şekil 3.8. Piroteknik kaya kırıcı kullanımından sonraki parça boyutları	25
Şekil 3.9. Titreşim ve ses ölçerler	26
Şekil 3.10. Riper ve panterin mermer ocaklarında söküm işlerinde kullanımı	27
Şekil 3.11. Hidrolik kırıcı ile söküm işlemi	29
Şekil 3.12. Çalışmada izlenen yöntemin akım şeması	31
Şekil 4.1. Çalışmaya konu olan mermer ocağına ait uydu görüntüsü	35
Şekil 4.2. Mermer ocağının genel görünümü	35
Şekil 4.3. Bademli-1 ve Bademli-2 ocaklarının genel görünüşü	37
Şekil 4.4. Söküm yapılacak bölgelerin alt ve yan kesimlerinin yapılması	39
Şekil 4.5. İki yöntemin birim maliyetler bakımından karşılaştırması	42
Şekil 4.6. İki yöntemin birim süreler bakımından karşılaştırması	42
Şekil 4.7. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe	43
Şekil 4.8. Delikler arası mesafenin 1 m ve 1,5 m olduğu dörtgen delik düzeni	44
Şekil 4.9. Delikler arası mesafenin 2 m ve 2,5 m olduğu dörtgen delik düzeni	45
Şekil 4.10. Delikler arası mesafenin 3 m olduğu dörtgen delik düzeni ile	46
delikler arası mesafenin 2,5 m olduğu üçgen delik düzeni	46
Şekil 4.11. Delikler arası mesafenin birim maliyete etkisi	47
Şekil 4.12. Gevşetme öncesi ve sonrası aynanın genel görünümü	47
Şekil 4.13. Gevşetme sonrası yüzeyde oluşan çatlaklar	48
Şekil 4.14. Gevşetme sonrası hidrolik kırıcı ile kırma işlemleri.....	48
Şekil 4.15. Gevşetme yapılmadan ve yapıldıktan sonraki hidrolik kırıcı	51
çalışma süreleri.....	51
Şekil 4.16. Ses ve titreşim ölçer cihazları	57
Şekil 4.17. Delikler arası mesafenin 1 m olduğu piroteknik kaya kırıcı.....	58
kullanımından kaynaklanan titreşim değerleri	58
Şekil 4.18. Delikler arası mesafenin 2,5 m olduğu piroteknik kaya	59
kırıcı kullanımından kaynaklanan titreşim değerleri.....	59
Şekil 4.19. Gevşetme öncesi ve sonrası piroteknik kaya kırıcının.....	60
kullanılmadığı bölgelerdeki çatlak kontrolü	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye ihracatı ile maden ihracatının karşılaştırılması	2
Çizelge 3.1. Deliciye (Rok) ait teknik özellikler.....	19
Çizelge 3.2. Büyük ve hızlı tip deliciye ait teknik özellikler	20
Çizelge 3.3. Elmas tel kesme makinesinin teknik özellikleri.....	21
Çizelge 3.4. Hidrolik kırıcıların teknik özellikleri	30
Çizelge 3.5. Paletli ekskavatörlerin teknik özellikleri	30
Çizelge 4.1. Kayacın fiziksel-mekanik ve kimyasal özellikleri.....	38
Çizelge 4.2. Rok ve Atlas Copco delicilerin birim giderleri.....	40
Çizelge 4.3. Rok ve Atlas Copco delicilerin toplam giderleri	40
Çizelge 4.4. Rok ve Atlas Copco delicilerin karşılaştırılması	40
Çizelge 4.5. Atlas Copco delici ile delinen delik boyları ve adetleri	41
Çizelge 4.6. Belirlenen bölgelerde uygulanan hidrolik kırıcı ve piroteknik	41
kaya kırıcı + hidrolik kırıcı ölçüm değerleri.....	41
Çizelge 4.7. Uygulanan gevşetme paternleri ve hidrolik kırıcı çalışma süreleri	49
Çizelge 4.8. Hidrolik kırıcının pasa ilerletimindeki çalışma süreleri.....	50
Çizelge 4.9. Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı pasa ilerletim	52
yönteminde birim maliyet tablosu	52
Çizelge 4.10. Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı pasa ilerletim.....	52
yönteminin maliyet tablosu	52
Çizelge 4.11. Hidrolik kırıcı ile pasa ilerletim yönteminin maliyet tablosu	54
Çizelge 4.12. İdame yatırımı için kullanılacak birim kalem tablosu	55
Çizelge 4.13. İdame yatırım değerleri ve ekskavatörlerin kullanım ömürleri	56
Çizelge 4.14. Ses ölçüm değerleri.....	61

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
cm ³	Santimetreküp
dB	Desibel
dk	Dakika
h	Saat
HP	Horsepower (Beygir gücü)
İMMİB	İstanbul Maden ve Metaller İhracatçı Birlikleri
kg	Kilogram
Kw	Kilowatt
LOI	Kızdırma kaybı
lt	Litre
m	Metre
MİGEM	Maden İşleri Genel Müdürlüğü
mm	Milimetre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
MPa	Mega pascal
TİM	Türkiye İhracatçılar Meclisi
TL	Türk lirası
TS	Türk standartı
V	Volt
Vb	Ve benzeri
Vs	Vesaire

1. GİRİŞ

Madencilik, tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren, çağlara adını veren (yontma taş devri, cilalı taş devri gibi) günlük hayatta insanların bütün yaşam alanlarında vazgeçilmez olan temel sektörlerden biridir. Günlük hayatta insanların kullanması kaçınılmaz olan araçlar, telefonlar, bilgisayarlar, temizlik ürünleri, binalar, yollar vb., hemen hemen temel ihtiyaç olan her şey, madencilik faaliyetleri sonucu elde edilen ürünler sayesinde sağlanmaktadır. Milyonlarca yılda oluşan yeraltı zenginliklerimiz, mühendislik bilimini ve gelişen teknolojiyi kullanarak, belli bir plan dahilinde, çevreye duyarlı bir şekilde insanoğlunun, ülkenin ve dünyanın ihtiyaçları göz önüne alınarak efektif bir şekilde üretilmelidir.

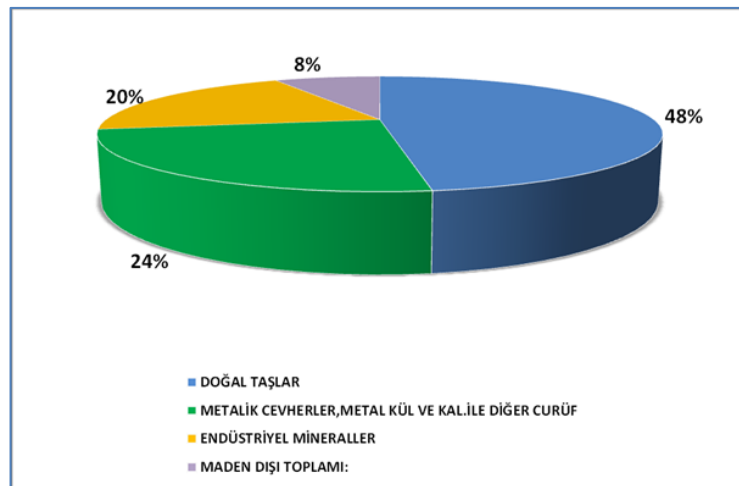
Madencilik, hem ekonomiye doğrudan yaptığı katkı, hem de imalat sektörüne sağladığı girdileri yüksek olmakla birlikte sektörler arasında en yüksek katma değer ve istihdam oluşturma kapasitesine sahiptir. Türkiye, karmaşık jeolojisi ve tektoniğinin sonucu olarak çok çeşitli maden kaynaklarına sahiptir. Ancak, bu karmaşık jeoloji ve tektonik, aynı zamanda maden yataklarının küçük boyutlu ve çok parçalı olmasının da bir nedenidir. Çeşitlilik açısından dünyanın zengin ülkelerinden biri olmasına karşın, gerek toplam rezerv yönüyle ve gerekse tek tek yatak boyutları kıyaslandığında, Türkiye'nin maden potansiyelinin bazı madenler dışında çok yüksek olmadığı görülmektedir. Türkiye'de hemen hemen her türden maden yatağına rastlanmaktadır. MTA tarafından yapılan bir araştırmaya göre günümüzde dünyada ticareti yapılan 90 çeşit madenden bugüne kadar sadece 13'ünün ülkemizde varlığı saptanamamıştır. Ülkemiz, geri kalan 50 çeşit maden açısından zengin ya da çok zengin, 27 çeşit maden bakımından ise yetersiz kaynaklara sahiptir (Anonim, 2007, Yetim, 2012). Bu yeraltı zenginlikleri farklı ülkelere ihracatı yapılarak ekonomiye katkı sağlamaktadır. Türkiye ihracatı ile maden ihracatını karşılaştırılacak olunursa (Çizelge 1.1) 2016 yılında 142,1 milyar USD olarak gerçekleşen ülkemiz toplam ihracatından %2,7 pay alan madencilik sektörü ihracatı, bir önceki yıla göre %3,1'lik azalışla 3,79 milyar USD olarak gerçekleşmiştir (TİM, 2016).

2016 yılında en fazla ihraç edilen maden ürün grupları arasında Doğal taşlar 6,5 milyon ton ve 1,8 milyar dolarla ilk sırada yer alırken bu ürün grubunu 3,63 milyon

ton ve 930 milyon dolar ile Metalik Cevherler, 10 milyon ton ve 760 milyon dolarla Endüstriyel Mineraller, 219 bin ton ve 291 milyon dolarla Ferro Alyajlar, Mineral Yakıtlar ile diğer ürünlerin ihracatı takip etmektedir (Şekil 1.1). Bu dönemde blok mermer-traverten, 4,36 milyon ton ve 860 milyon dolarla 2016 yılında toplam maden ihracatımız içinde en fazla ihraç edilen ürün olurken, işlenmiş mermer 1,53 milyon ton ve 695 milyon dolarla ikinci, Krom cevherleri 1,21 milyon ton ve 245,1 milyon dolarla üçüncü, Tabii Boratlar ve konsantreleri 693 bin ton ve 227,2 milyon dolarla dördüncü, işlenmiş Traverten 436 bin ton ve 199,7 milyon dolarla beşinci sırada yer almıştır (İMMİB, 2016).

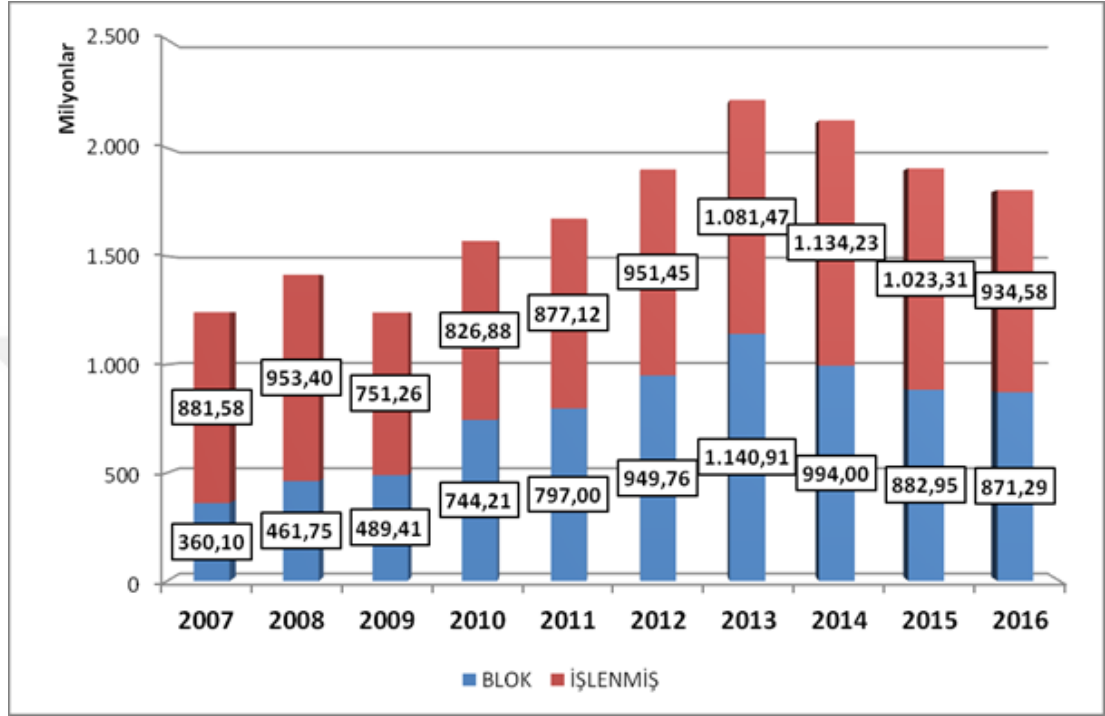
Çizelge 1.1. Türkiye ihracatı ile maden ihracatının karşılaştırılması (TİM, 2016)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Toplam İhracat (x 1.000 \$)	113.685.989	134.571.338	151.860.846	151.707.002	157.622.057	143.729.741	142.138.850
Maden İhracatı (x 1.000 \$)	3.655.300	3.876.465	4.181.381	5.042.322	4.646.945	3.906.820	3.786.686
Maden İhracatının Toplam İhracatta Payı (%)	3,2	2,9	2,8	3,3	2,9	2,7	2,7



Şekil 1.1. 2016 Yılı maden ihracatının mal gruplarına göre dağılımı (%) (İMMİB, 2016)

2016 yılında Doğal taş ihracatı 2015 yılına göre miktarda %0,04, değerinde de %5,26 oranında azalış kaydederek, 6,5 milyon ton karşılığı 1,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Aşağıdaki Şekil 1.2’de, son 10 yılda gerçekleşen doğal taş ihracatı gösterilmektedir.



Şekil 1.2. 10 yıllık doğal taş ihracatı (Milyon USD) (İMMİB, 2016)

Mermer ocakları ve diğer maden ocakları sanayii ve endüstrinin gelişimini etkileyen en önemli sektördür. Ülkemizdeki gelişmelere bağlı olarak sanayii ve endüstrinin sağlanabilmesi için mermer ocaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle benzer şekilde mermer işletmesi yapan tesislerinin sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Mermer ocakları ve benzeri gibi doğal kaynakların, doğal çevreye etkisi minimum düzeyde tutulacak şekilde ve ülke ekonomisine maksimum düzeyde katkı sağlayacak şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Mermer ocak işletmeciliğinde amaç, mermer fabrikaları ve piyasanın istediği boyutlarda kıraksız ve çatlaksız blok çıkartmaktır. Bu blokların çıkarılması için günümüzde diğer madenlerde olduğu gibi rezerv, topografya vb. durumlara bağlı olarak açık veya kapalı ocak işletmeciliği yapılmaktadır. Kapalı ocak işletmeciliği ile mermer üretiminin kısıtlı uygulamaları mevcut olmakla beraber, oda-topuk yöntemi kullanılarak bazı ülkelerde yüksek sermaye gerektiren, ender rastlanan ve iyi bir pazar payına sahip kayaçların açık

işletmeye uygun olmayacak derinliklerde bulunması durumunda kullanılmaktadır (Özçelik, 1999). Ülkemizde ise Antalya'nın Finike bölgesinde yaklaşık 10 yıl önce Limra ocağında yeraltı üretim yöntemi deneme çalışmaları yapılmış olmakla birlikte, günümüzde yeraltı üretim yöntemi ile mermer ocak işletme yöntemi bulunmamakta ve bütün mermer ocakları açık ocak şeklinde işletilmektedir.

Mermer ocaklarında açık işletme yöntemi kullanılarak yapılan üretimde, örtü tabakası olarak bilinen atmosfer şartlarından en çok etkilenen ayrıışmış, çatlaklı olan üst seviyelerde bulunan birimler elmas tel kesme yöntemi ile temizlenerek ana kütleyle ulaşılmaya çalışılmaktadır. Mermer ocak işletmeciliğinde üretim öncesi hazırlık aşaması olarak bilinen bu süreçte istenilen kaliteye sahip blok ve moloz üretmek oldukça zordur. Düzenli boyutlara sahip blokların veya ekonomik değeri olan molozların üretiminin ancak bu süreçten sonra ve daha alt kademelerde gerçekleştirilebileceği öngörülmektedir. Üretim yöntemi olarak mermer ocaklarında günümüz teknolojisinde Elmas Tel Kesme ve Zincirli Kollu Kesici yöntemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Elmas tel kesme yöntemi, kesim yapılacak bölge belirlendikten sonra sondaj olarak tabir edilen delicilerle aynaya bir dik ve iki yatay olmak üzere bu deliklerin birbirleriyle irtibatlandırılması sonucunda kesici elmas telin bu deliklerden geçirilerek elmas tel kesme makinesinin volanının tahriki ile kesme işlemi gerçekleştirilmektedir. Çalışma alanları elmas tel kesme makinası kullanılarak 6-8 m yüksekliğe, 10-50 m genişlikte ve farklı uzunluklardan oluşan kademelerden oluşmaktadır. Zincirli Kollu Kesici yönteminde ise, delik delmeye gerek kalmadan kol boyuna bağı olarak hem yatay hem de düşey kesimler ayna boyunca yapılabilmektedir. Her iki yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte kombine olarak ta kullanılabilirler.

Mermer ocaklarında ekonomik değere sahip düzgün blok ve moloz elde etmek, alterasyona uğramış kısımların yanı sıra, makro ve mikro çatlakların ve mermercilikte kesinlikle arzu edilmeyen diagonal ve paralel yarıkların fazlaca geliştiğı bir yapının olduğu durumlarda ocak verimleri düşük olabilmektedir. Bu ekonomik değeri olmayan veya pasa olarak tanımlanan bölgelerde mermer ocaklarında kesim yapılmakta (ilerleyeceğimiz bölgenin alt ve yan kısımları elmas tel ve/veya zincirli kollu kesici yardımı ile kesilip ana kayacıtan ayırıp serbest hale

getirilmesi) ve hidrolik kırıcı paletli iş makineleri ile bu alanlar boşaltılmaktadır (Şekil 1.3). Bu işlemin sonucunda kamyonu yüklenecek boyuta gelen kayaç parçaları kırılan bölgeden alınarak hafriyat sahasına götürülmektedir. Bu işlemler sırasında hidrolik kırıcı iş makineleri sürekli olarak tam gazda çalışmakta, aşırı sarsıntı oluşmakta ve bu işlem için gereğinden fazla zaman harcanmaktadır. Bunun sonucunda iş makinelerinde beklenmedik arızalar oluşmakta ve iş makinelerinin ömürlerini de azaltmaktadır. Özellikle sert formasyonlardan oluşan bu bölgelerde alanın boşaltılması oldukça zaman almakta ve iş makinelerinin yıpranma hızını da arttırmaktadır. Bu alanların geç boşaltılması sonucunda üretimin devamlılığını da engellemektedir.



Şekil 1.3. Hidrolik kırıcı ve pasanın yüklenme durumu

Pasa ilerletim işlemi yapılırken ilerlenecek bölgenin alt ve yan kesimleri yapıldıktan sonra direkt aynada kırma işlemi yapılabileceği gibi, çok sert olan formasyonlarda parsellere ayrılarak ta aynada kırma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Maddi değeri olmayan ve pasa olarak tanımlanan bölgeleri parsellere ayırmakta ayırıyeten işçilik ve zaman isteyen bir işlemdir. Kesim yapılan bölgenin çevresinin müsait olması durumunda (çevresinde makine, elektrik hattı, su hattı, hava hattı vb. malzemelerin

olmaması) iş makinelerinin ripper, panter ataşmanları ile veya su yastıkları sayesinde çarptırma şeklinde devirme veya söküm işlemleri uygulanabilir. Bu işlemler yapılırken ayna genişliğinin yeterli mesafede olması gerekmektedir. Bu söküm işlemlerinde birinci kırma işlemi aynada gerçekleştirildikten sonra devrilme aşamasında hidrolik kırıcı yardımı ile ikinci kırma işlemini yapıp, kırılan malzeme hafriyat kamyonlarına yüklenerek pasa döküm sahasına gönderilmektedir. Mermer ocaklarında her ne kadar hidrolik kırıcının söküm işlemlerinde kullanılması istenmese de, ekonomik değeri olan doğal taşı alabilmeleri için hidrolik kırıcı yardımı ile ocağın pasa kısmını ilerletmek üretimin devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

Mermer ocaklarında üretim veya hazırlık aşamalarında (ekonomik değeri olmayan bu bölgelerin) mermerin ana yapısına zarar vermesinden dolayı diğer madencilik işlemlerinde kullanılan patlayıcı maddeler kullanılmamaktadır. Çünkü, mermer ocaklarında elde edilecek ürünün blok olması ve kesildiğinde 1cm ile 5cm (veya daha fazla) kalınlığında plakalar elde edilmesi gerektiğinden kırık ve çatlak içermemeleri gerekmektedir. Eğer bu ocaklarda geleneksel patlayıcılar kullanılırsa var olan çatlaklar açılarak parçalama etkisi oluşturmakta ve ekonomik değere sahip blok ve moloz alınmasını engellemektedir. Ayrıca mermer ocaklarında özel durumlar ve ocaklar (granit vb.) hariç patlayıcı ile hazırlık ve/veya üretim yapmak ilgili kanun ve yönetmeliklerle yasaklanmıştır. Bu nedenle mermer ocaklarında genellikle pasa ilerletme çalışmaları hidrolik kırıcı (paletli ekskavator) iş makinelerinin saatlerce çalışması ile yapılmaktadır. Özellikle sert formasyonların olduğu bölgelerde bu kırıcılar oldukça yavaş ilerlemekte, sağlam kayaca zarar vererek makinaya gelen titreşim ve darbelerden dolayı iş makinelerinin ömrü kısalmakta, yakıt masrafı artmakta, gereğinden fazla zaman harcanmakta ve operatör memnuniyetleri azalmaktadır.

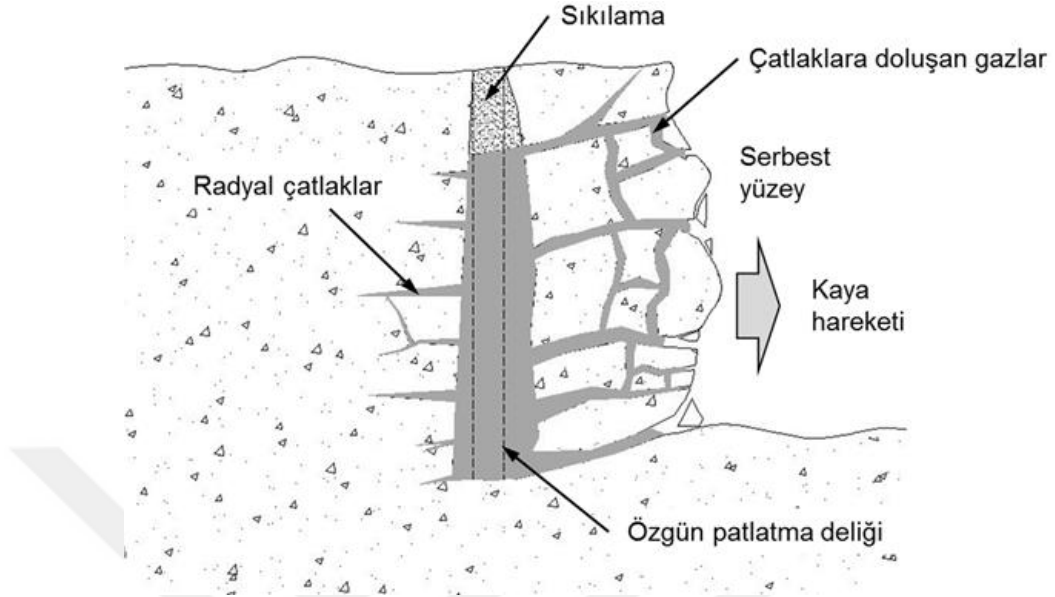
Bu nedenle günümüzde; madencilik, metro-tünelcilik, yol, boru hattı, baraj-hidroelektrik santralleri ve inşaat vb. birçok alanda delme patlatma yöntemi mekanik kazıya göre daha esnek oluşu, her türlü arazi şartı, topografya ve kaya şartlarına uygunluğu, ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması ve farklı paternlerin uygulanabildiği en yaygın kazı yöntemlerinden birisidir. Ülkemizde kentsel dönüşüm

süreçlerinde de delme patlatma yaşam alanlarının içinde dahi güvenli bir şekilde yapılmaktadır. Patlatmanın kaçınılmaz olduğu bu alanlarda; yersarsıntısı ve hava şokundan (gürültü) kaynaklanan çevresel problemlerle sıkça karşılaşmakta ve tartışılmaktadır (Kahriman, 2004 ve Karadoğan vd., 2012). İyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında; patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin, patlatma sonucunda oluşacak yersarsıntısı, taş savrulması ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi için, patlatma tasarımında herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilecek en fazla patlayıcı madde miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar gerçekleştirebilmek önemlidir (Kahriman vd., 1999, Kahriman vd., 2006).

Patlatma sonucu kaya kütlelerinde meydana gelecek hasar, patlama sırasında oluşan yer sarsıntısının kaya kütlelerine göre değişiklik gösterebilen kritik bir en yüksek parçacık hızı (PPV: peak particle velocity) değeriyle ilgilidir. Aynı kayada, aynı tür ve aynı miktardaki patlayıcı madde ile yapılan bir patlatmada, aynı mesafede en fazla PPV oluşturan patlatma şablonu en yüksek birim deformasyonu oluşturacağı için, en iyi parçalanmayı sağlayacağı düşünülebilmektedir. Buradan yola çıkarak, patlatma deliğine yakın bölgede meydana gelen PPV ölçümlerini kullanarak kaya içerisindeki patlayıcı performansları karşılaştırabilmektedir. Bununla birlikte, önceden belirlenen bir patlatma şablonu için (aynı aralık ve yük mesafeleri için), aynı kaya tipinde, farklı patlayıcılardan eşit miktarlarla yapılan patlatmalarla, patlayıcı şarjından sabit bir mesafede ölçülmüş sarsıntı değerleri en yüksek delik birim deformasyonunu oluşturan patlayıcı maddeyi tanımlamak için kullanılabilir (Yılmaz, 2013).

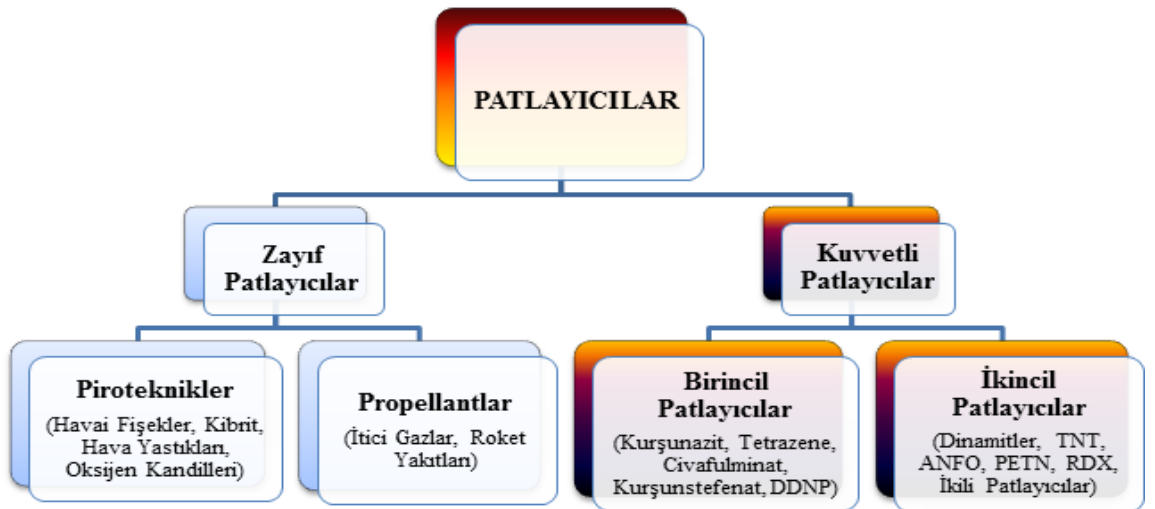
Patlatma ile kaya parçalamada başlıca iki farklı kırılma mekanizması vardır. Bunlardan birincisi, patlayıcı madde infilak kuvvetiyle kaya kütlelerinde yaratılan gerilme dalgalarının oluşturduğu yük (sok dalgası) ve diğeri ise infilak ürünü genişleyen gazların oluşturduğu delik içi basıncıdır (itme enerjisi) (Fourney, 1993, Jimeno vd., 1995, Yılmaz, 2013). Çatlakların ilerlemesine yardım eden diğeri bir faktör ise gaz basıncıdır. Basınç dalgalarının yayılması sırasında ve sonrasında, yüksek basınçlı patlayıcı gazları (Şekil 1.4) çatlakları genişletmekte ve uzatmaktadır.

Bu genişleme hacim artışına, kayaçta süreksizliğe ve patlayıcı gaz basıncının düşmesine neden olmaktadır (Yılmaz, 2013).



Şekil 1.4. Gazların çatlaklara yayılması (Yılmaz, 2013)

Patlama olayı aslında hızlı bir yanma tepkimesidir. Yanmanın hızı aynı zamanda patlayıcı maddenin gücü ile doğru orantılıdır. Birim zamanda hacim genişlemesi, ısı artışı, yayılan gaz miktarı vb. faktörler patlayıcının gücünü ve dolayısıyla sınıfını (Şekil 1.5) belirlemektedir (Çelik, 2017). Çelik (2017), patlayıcıların sınıflandırılmasını ve tanımlamalarını aşağıdaki şekil ve açıklamalar ile yapmıştır;



Şekil 1.5. Patlayıcıların sınıflandırılması (Çelik, 2017)

1.1.Zayıf Patlayıcılar

Fiziksel bir müdahale ile yanma olayı sonucu gaz hâline geçerek çoğalmakta ve hacim genişlemesine bağlı olarak hızla yayılmaktadır. Etkinliği düşük olduğu için kara barut ve dumansız barut da zayıf patlayıcılar sınıfına girmektedir.

1.1.1. Piroteknikler

Kimyasal bir reaksiyona girdiğinde ısı, ışık, gaz, sis veya ses verme özelliği olan madde bilimidir. Kökeni tam olarak bilinmese de birçok kaynakta ilk olarak Çin’de ortaya çıktığı belirtilmektedir (Barut; Piroteknik bir karışımdır odun kömürü, potasyum nitrat ve kükürt). Piroteknikler insanoğlunun bildiği en eski maddeler arasında yer almakta olup önemli günlerde kutlamalar için havai fişek olarak çok erken çağlardan beri kullanılmaktadır. Piroteknik, iki Yunanca kelime olan 'pyr' (ateş) ve 'techne' (sanat) kelimelerinin birleşiminden türetilmiştir, ateş yaratma sanatı olarak tanımlanabilmektedir.

1.1.2. Propellantlar

Kelime teknik manada “itici güç sağlayan araç” anlamına gelmektedir. Bir tepkime sonucu hacim genişlemesine dayalı olarak, itici gücün meydana gelmesi için kullanılan malzemeler bu adla anılmaktadır. Bu olay aslında etkinliği düşük bir patlama olarak da nitelendirilebilir. Roket yakıtı bu amaçla kullanılmakta ve itme etkisiyle roketlerin bir noktadan başka bir noktaya fırlatılması sağlanmaktadır.

1.2. Kuvvetli Patlayıcılar

Zayıf patlayıcılara göre daha dayanıklı olmaları sebebiyle ateşlemek için daha güçlü tetikleyiciye ihtiyaç duyulması, ancak patlama etkilerinin çok daha yüksek olmasıdır. Ateşleme için genellikle zayıf patlayıcılara (kapsül) ihtiyaç duyulmaktadır. Kapsül patladığında patlayıcı maddeye ani ve keskin bir darbe vurur, bu darbe kimyasal olarak bağlanmış molekülleri birbirinden ayırıp parçalar. Bu olay başlama noktasından hareketle, her yöne dairesel olarak genişleyip yayılmak suretiyle ilerler

ve tüm moleküllerin parçalanmasının oluşturduğu patlama şeklinde sonuçlanmaktadır. Buna örnek olarak; TNT ve plastik patlayıcılar verilebilir. Kuvvetli patlayıcıların pek çoğu kapalı bir sistemde olmadıkları veya bir şok tesirine maruz kalmazlarsa tutuşturuldukları zaman patlamazlar, sadece yanarlar. Ancak bu patlayıcılar kapalı bir sistemde, dar bir hacim içerisinde tetiklenirse bu defa tepkime patlama ile sonuçlanır ve yıkıma yol açmaktadır.

1.2.1. Birincil Patlayıcılar

Son derece hassas olup patlatılmaları için çok az enerjiye gereksinim vardır. Genellikle, ikincil patlayıcıların ateşlenmesini sağlayan başlatıcı olarak kullanılmaktadırlar.

1.2.2. İkincil Patlayıcılar

Kısmen hassas olup patlatılabilmeleri için önemli miktarda başlatma enerjisi veren detonatörler gereklidir. Birincil patlayıcılara göre daha fazla güce sahip olduklarından yıkım, parçalama gibi işlemlerde kullanılmaktadırlar (kimyasal maddeler ve tehlikeleri).

Bu sınıflandırmada olan Piroteknik kaya kırıcılar, özellikle azot, karbondioksit ve buhardan oluşan zararsız bir gaz hacminin açığa çıkarak yüksek basınç üretmek için kartuş içinde infilaklı olmayan kimyasal bileşiğin ateşlendiğinde çok hızlı bir şekilde reaksiyona girmesi esasına dayanan malzemelerdir. Bu piroteknik kaya kırıcılar, sıkılama yapılmış delikte bulunan kartuşun ateşleme sonucu oluşturduğu gaz, mikro kırıkların, doğal kırık ve çatlakların içine girerek ardalanmalı parçalanma oluşturmaktadır. Bu işlemlerde, B sınıfı Patlayıcı ruhsatı gerektirmemekte olup A sınıfı piroteknik kaya kırıcı ruhsatı ile yapılmaktadır. Aynı zamanda kullanılan piroteknik kartuşlar tehlikesizdir. Çünkü doldurulmuş deliklerin üzeri kauçuk paspaslar ile örtülerek taş sıçraması önlenabilmekte, gürültü ve aşırı basınç en aza indirilebilmekte ve zemin titreşim değerleri düşük düzeylere çekilebilmektedir. Genelde inşaat kazılarında (kentsel alanlarda kaya kazıları, betonarme yıkım, kanal açma, temel kazıları, geçit ve tüp geçit kazılar, tünel hassas alanlarında genişletme)

yerüstü madencilik ve taş ocakçılığı (patarlama, ana nakliye yollarında patarlama, kırıcı tikanıklıkları, taşocağında boyutlu taş üretimi), güçlendirilmiş beton yıkımı, dalgakıran taşı üretimi, mikser tamburunda donmuş beton kırma, yüzme havuzu kazıları, yüksek gerilim hatlarının temel kazıları ve doğal gaz boru hatlarının yakınında vb. kapalı ve hassas alanlarda özel bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Şekil 1.6), (Anonim, 2017).



Şekil 1.6. Piroteknik kaya kırıcılar

Özsarıkamış (2015), Piroteknik kaya kırıcı kartuşlarının klasik patlayıcılardan ayıran özelliklerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır;

- ✓ Patlayıcılar paketleri içinde patlayabilir durumdayken, kaya kırıcı kartuşlar paketleri içinde patlamazlar.
- ✓ Patlayıcılar infilak için tasarlanmışken, kaya kırıcı kartuşlar infilak etmezler.
- ✓ Patlayıcılar yüksek sarsıntı seviyeleri ve yan kayaçlara hasar veren yüksek şok dalgası oluştururken, kaya kırıcı kartuşları kontrol edilebilir düşük sarsıntı seviyelerinde basınç dalgası oluşturur.
- ✓ Patlayıcılar ile yapılan kaya kırma aktivitelerinde kontrol oldukça zordur, yüksek miktarlarda taş fırlaması görülebilirken, zehirli gazlar ve duman oluştururlar. Ancak kaya kırıcı kartuşlar ile yapılan kırma aktiviteleri, düşük taş fırlaması ile göz ardı edilebilir tozlanma ve zararlı gaz salınımı oluşturur.
- ✓ Kaya kırıcı kartuşları ile yapılan kaya kırmalarda araziye tekrar dönüş süresi dakikalar ile tanımlanabilir. Ancak konvansiyonel patlatmalarda arazi tahliyesinden sonraki dönüş süresi şantiyelere göre bir kaç saate kadar çıkabilir.

- ✓ Kaya kırıcı kartuş, 50 metrelik çap içinde maksimum 80 ile 85 desibel arasında ses çıkartır.
- ✓ Patlayıcı maddeler taşıma ve kullanma ruhsatı gerektirir. Kaya kırıcı kartuşlar için ruhsat gerekmemektedir.

Bu nedenle bu çalışma kapsamında, mermer ocaklarında pasa söküm işlemlerinde kullanılan iş makinelerinin yukarıda bahsedilen problemlerden dolayı işlerini kolaylaştırmak için bu formasyonların gevşetilmesi işlemlerinde piroteknik kaya kırıcılar kullanarak pasa ilerletme çalışmalarının nasıl yapılacağı araştırılmıştır. Bu gevşetme işlemlerinde ana kayaya zarar vermeden, sadece var olan çatlakların açılması prensibine dayanarak farklı gevşetme paternleri uygulanmıştır. Böylece iş makinelerinin gereksiz kullanımlarının önüne geçilerek, yakıt tasarrufu, iş makinelerinin ömürleri ve zaman tasarrufu konularında incelemeler ve hesaplar yapılmıştır. Piroteknik kaya kırıcılar sayesinde titreşim minimum, kaya fırlaması minimum ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Literatür incelendiğinde mermer ocaklarında, piroteknik kaya kırıcıların pasa bölgelerini ilerletmek amaçlı kullanımı ile ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamaktadır. Kapalı ve hassas alanlarda piroteknik kaya kırıcıların farklı sektörlerle yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Mermer ocaklarında da pasa olarak tanımlanan ekonomik değeri olmayan bölgelerde söküm işlemini kolaylaştırmak için bu piroteknik kaya kırıcıların kullanılması ile hidrolik kırıcı iş makinelerin daha kolay çalışabileceği beklenmektedir. Çünkü piroteknik kaya kırıcılar ile formasyonda var olan çatlaklar açılarak yapının gevşek bir malzeme haline gelmesi sağlanacaktır. Böylece iş makineleri ile bu alanlar daha kısa sürede boşaltılacak, daha az yakıt tüketilecek ve iş makinelerinin ömürleri artacaktır.

Bu tez kapsamında iki farklı yöntemin, (hidrolik kırıcı ve piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı ile pasa ilerletmek) Isparta/Eğirdir bölgesinde Barla Mermer Maden San. Tic. Ltd. Şti.'ne ait bej mermer ocağında ekonomik değeri olmayan bölgelerin (pasa alanlarının) ilerleme işlemlerindeki performans analizleri incelenmiştir. Bu çalışmada bej mermer ocağında, en uygun söküm ve/veya pasa ilerletme yönteminin bulunabilmesi için farklı bölgelerde kayaç yapısına bağlı olarak

hidrolik kırıcı ile söküm ve piroteknik kaya kırıcılar kullanıldıktan sonra hidrolik kırıcı ile söküm yöntemlerinin uygulaması yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda hidrolik kırıcı ile söküm işlemi ve piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı ile söküm işlemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. Yapılan bu incelemelerin sonucunda piroteknik kaya kırıcıların efektif kullanılabilmesi için en uygun delik paterni belirlenerek; birim zaman, birim maliyet, idame yatırım giderleri ve iş güvenliği gibi parametreler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda mermer ocaklarında pasa alanlarının boşaltılması işlemlerinde piroteknik kaya kırıcıların kullanılmasının hem teknik hem de esneklik anlamında kullanılabilirliği araştırılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Konu ile ilgili araştırmalar yapıldığında, mermer ocaklarında piroteknik kaya kırıcılar ve patlayıcılar ile pasa malzemesinin iletilmesi ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Genel olarak mermer ocaklarında elmas tel kesme ve kollu kesicilerin çalışma kapasiteleri ve kesim performansları konularında yapılmış çalışmalara rastlanılmaktadır. Ayrıca patlatma çalışmaları madencilikte, açık ve yeraltı ocaklarında yaygın bir şekilde görölmekle beraber, mermer ocaklarında kullanıldığına dair bilimsel çalışmalara rastlanılmamaktadır.

Özçelik (1999), mermer ocaklarında kullanılan elmas tel kesme makinelerinin çalışma koşullarını araştırmıştır. Demirdağ (2001), bej mermer ocağında elmas telle kesim performansının analizlerini yaparak en uygun elmas tel ve boncuk çapının belirlenmesi konularında çalışmıştır. Özçelik (2008), mermer kesimi için tek telli elmas boncuk test makinesini geliştirmiştir. Çopur (2010), farklı doğal taş ocaklarında zincirli kollu kesicilerin kesim performans analizlerini yapmıştır. Kanbir ve Özçelik (2012), optimum çalışma koşullarını belirleyerek Afyon gri mermerinin kesiminde farklı amperaj ve dönme hızında kesimler yaparak kesilebilirlik abakları geliştirmişlerdir. Hekimoğlu (2012), zincirli kollu kesicilerin kesim performansı, kesme hızı ve keski aşınması konusunda çalışmalar yaparak keski konum ve sıralamalarında değişiklikler yapılması gerektiğini belirtmiştir. Sarıışık ve Sarıışık (2010) ve Sarıışık ve Sarıışık (2013), yurtiçinde üretilen yeni bir zincir kollu kesicinin blok üretimini ve kesme performansını incelemişlerdir. Avunduk vd. (2014), bej mermerinin mekanik özellikleri ile zincir testereli ve elmas telli makinelerin kesme performansı arasındaki ilişkileri araştırmışlardır.

Madencilikte açık ocak ve yeraltı ocaklarında yapılan patlatmaların; çevresel etkileri, hava şoku, hasar kriteri konularında çok miktarda bilimsel çalışmalar bulunmaktadır; Erkoç (1998), Bilgin vd. (1998), Bilgin vd. (1999), Arpaz (2000), Arpaz ve Ceylanoğlu (2001), Erıkı vd. (2004), Onur vd. (2006), Özer (2008), Doğan (2010), Karadoğan vd. (2012), Aksoy ve Kahriman (2014). Fakat patlayıcıların mermer ocaklarında kullanılmasına yasal olarak izin verilmediğinden uygulamalara yönelik bilimsel çalışmalara rastlanılmamıştır.

Sahari (2012), Piroteknik ve propellant gibi malzemelerin, hassaslık sorununun ortaya çıkabileceği yıkım işleri, beton kırma, taş ocağı ve diğer inşaat işlerinde de kullanılabildiğini belirtmiştir. Gürültü, hava şokunun ve kaya fırlamasının minimum olduğunu, bununla birlikte yumuşak kayalarda kullanımının uygun olamayabileceğini vurgulamıştır. Writer (2012), Piroteknik kaya kırıcıların yıllardır kullanıldığını ve bu malzemeler sayesinde çevre ve güvenlik problemlerinin azaldığını (titreşim, kaya fırlaması, ses, toz ve gaz salınımı vb.) belirtmiştir. Özsarıkamış (2015), 3.Boğaz Köprüsü ve Kuzey Marmara Otoyolu projesinde, piroteknik kaya kırıcı kartuşların kullanımı ile birlikte çevresel etkileri değerlendirmek ve ilgili formasyona ait maksimum parçacık hızını tespit etmek için çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda, kırma enerjisi seviyesinden dolayı piroteknik kaya kırıcıların kullanımları esnasında çevreye düşük seviyelerde zararlı enerji salımı yaptıklarını belirtmiştir. Böylece, riskli yapıların olabildiğince yakınında, kaya kırma işleminin, yapıya herhangi bir fiziksel zarar vermeden piroteknik kaya kırıcılar ile yapılabileceğini vurgulamıştır.

Piroteknik kaya kırıcıların doğaltaş sektörü dışında; genelde kanal açma çalışmalarında, yerleşim alanındaki kaya-taş hafriyatlarında, tünel-tüp geçit çalışmalarında, doğal gaz boru hatlarının yakınında vb. alanlarda kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar mevcuttur. Yapılan bu çalışmalarda, piroteknik kaya kırıcıların yerleştirileceği delik çapının önemi ve uygun delik çaplarına göre farklı gramajlarda piroteknik kaya kırıcıların üretiminin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Piroteknik kaya kırıcıların kullanımında delik çapının yanlış seçimi, malzemenin yüksek basınç üretmeden yanmasına ve de sadece maliyeti arttırmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra ekskavatörlere ataşman olarak takılan hidrolik kırıcıların şantiyelerde ocak genişletme çalışması ile ilgili yapılan çalışmalara rastlanmaktadır. Yapılan incelemelerde hidrolik kırıcının aynı zamanda inşaat sektöründe de aktif olarak kullanıldığı görülmektedir.

Bu tez çalışmasında; bej mermer ocağında çeşitli bölgelerde, farklı delikler arası mesafelere sahip paternler hazırlanarak en uygun mesafe ve optimum özgül şarj miktarı belirlenmiştir. Hidrolik kırıcı ve piroteknik kaya kırıcıların avantajları ve dezavantajları belirlenerek, her iki yöntemin karşılaştırılması yapılmış (piroteknik

kaya kırıcılar+hidrolik kırıcı ve hidrolik kırıcı ile doğaltaş ocaklarında pasa ilerletme çalışmaları) birim zaman, birim maliyet, optimum ilerleme yöntemi vb. konuları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile mermer ocaklarında en uygun pasa ilerletme yönteminin belirlenmesi amaçlanarak, piroteknik kaya kırıcıların mermer ocaklarında ilk defa kullanımının teknik ve bilimsel olarak uygunluğu belirlenmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Mermer ocaklarında genellikle pasa ilerletme çalışmaları paletli ekskavatöre atışman olarak takılan hidrolik kırıcılar ile yapılmaktadır. Özellikle sert formasyonların olduğu bölgelerde bu kırıcılar oldukça yavaş ilerlemekte, makine arızaları ve kırıcı uçlarda kırılma oranları artabilmektedir. Bu nedenle iş makinelerinin ömrü kısalmakta, yakıt masrafı artmakta, gereğinden fazla zaman harcanmakta ve operatör memnuniyetleri azalmaktadır. Bu nedenle bu tez kapsamında mermer ocaklarında pasa söküm işlemlerinde kullanılan iş makinelerinin giriş bölümünde bahsedilen problemlerden dolayı işlerini kolaylaştırmak için bu formasyonların gevşetilmesi işlemlerinde piroteknik kaya kırıcılar kullanarak pasa ilerletme çalışmalarının nasıl yapılacağı araştırılmıştır. Bu çalışmalar için belirlenen pasa alanlarında, elmas teller ile alt ve yan kesimleri yapılarak bazı alanlar direkt hidrolik kırıcı ile söküm yapılmış, bazı pasa alanları ise uygun gevşetme paternleri kullanarak gevşetildikten sonra hidrolik kırıcı ile söküm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerin yapılmasında kullanılacak materyal ve yöntem aşağıda tanımlanmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Deliciler

Madencilik ve inşaat sektörlerinde kullanılan, birbirlerinden farklı özellikleri olan, sektöre göre hizmet veren çeşitli deliciler bulunmaktadır. Madencilik sektörünün içerisinde amaca göre deliciler birbirlerinden farklılık göstermektedirler. Madencilik sektörleri incelendiğinde delik delme işlemi hemen hemen madenciliğin tamamında kullanılmaktadır. Taş ocaklarında (kuvars, agrega, dolomit vb.), metalik madenlerde (altın, krom, demir vb.) büyük ve hızlı tip olarak tanımlanan deliciler kullanılmaktadır. Genellikle bu tip ocakların işletme yöntemi delme-patlatma ile gerçekleştirilmekte olup pasa ilerletiminde ve cevher ilerletiminde de delme birincil işlemdir. İlk olarak delik delinecek alan belirlenir ve topografyayı düzeltme işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra büyük ve hızlı tip deliciler delik delinecek sahaya gelir ve belirlenen noktaların delme işlemi başlar. Delik delme işlemi bittikten sonra deliklerin içerisine patlayıcılar yerleştirilip sıkılama işlemi gerçekleştirilir. En son

olarak yüzey bağlantıları yapılır ve 0,75 mm elektrik kablosu yardımı ile güvenli mesafeye kadar hat çekilip manyetoya bağlanır. Sahaya ulaşım yolları kapatıldıktan sonra manyeto yardımı ile ateşleme işlemi gerçekleştirilir. Patlatma işlemi tamamlandıktan sonra ateşleyici sahayı kontrol eder ve patlamış bölgenin malzemesi iş makinaları yardımı ile belirlenen bölgeye sevk edilmektedir.

Büyük ve hızlı tip deliciler sayesinde maden şantiyelerinde delik delme işlemleri kolay yapılmaktadır. Delicilerin birden fazla markası ve modeli bulunmaktadır. Hepsinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları olabilmektedir. Delici seçimine karar verirken, önce hangi amaç için kullanılacağını bilmesi ve işin tanımının yapılması gerekmektedir. Madencilik sektöründe doğaltaş ocaklarında da deliciler kullanılmaktadır. Doğaltaş için kullanılan delicilerin çalışma prensibi büyük ve hızlı tip delicilerden biraz farklıdır. Genellikle bu tarz deliciler çalışma prensibinde nişan alıp dikey olarak delinen delik ile yatay olarak delinen deliğin birbirine çakıştırılmasıdır. Dikey ve yatay deliklerin birbirine çakıştırılmasından sonra bu deliklerden elmas tel geçirilerek kesme işlemi yapılmaktadır. Doğaltaş ocaklarında da deliciler marka ve model olarak birbirlerinden farklılıklar göstermekte olup elektrik veya hava ile delme işlemini gerçekleştiren deliciler mevcuttur. Delik delme işleminde en önemli parametreler; kompresörün ürettiği hava miktarı, hava ile birlikte pistonu harekete geçiren tabanca sistemi ve bitin dizaynıdır.

Doğaltaş ocaklarında üretimi veya pasayı ilerletmek için de delik delmenin önemli bir yeri olduğu görülmektedir. Bu tezin amacında da belirtildiği gibi doğaltaş ocaklarının ilerletilmesinde ki elmas tel ile kesim için gerekli klasik delmelerin yanı sıra piroteknik kaya kırıcıların da pasa ilerletiminde kullanılabilmesi için hızlı ve düzgün dikey deliklerin delinmesi gerekmektedir. Barla Mermer San. Tic. Ltd. Şti bünyesinde yer alan delicilerden biri, piroteknik kaya kırıcılar için, tij takımı, tabancası ve biti değiştirilerek 76 mm çapında delik delmek için yeniden dizayn edilmiştir (Şekil 3.1). Deliciye ait teknik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Delik delme işleminde kullanılan delici, tij takımı, tabanca ve bit

Çizelge 3.1. Deliciye (Rok) ait teknik özellikler

Motor Cinsi ve Gücü (hp)	Dizel, 200
Kompresör kapasitesi (bar)	12
Kızak uzunluğu (mm)	4400
Yürüyüş sistemi	Tekerlekli
Delik çapı (mm)	90
Delme modu	Alttan darbeli
Tij değişimi	Manuel
Delik delme hızı (m/h)	10-15

Doğaltaş ocaklarında pasa ilerletiminde delme-gevşetme ile ilerleme çalışmalarında mermer ocakları için tasarlanan deliciler yavaş kalabilmektedir. Bunun için hızlı ve büyük tip deliciler yardımı ile de daha hızlı delik delme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Barla Mermer San. Tic. Ltd. Şti. piroteknik kaya kırıcılar ile gevşetme işlemi işi için dışarıdan (büyük ve hızlı tip delici) hizmet alımı gerçekleştirmiştir (Şekil 3.2). Bu deliciye ait teknik özellikler Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Büyük ve hızlı tip delici

Çizelge 3.2. Büyük ve hızlı tip deliciye ait teknik özellikler

Motor cinsi ve gücü (hp)	Dizel, 225
Kompresör kapasitesi (bar)	10,5
Kızak uzunluğu (mm)	8240
Yürüyüş sistemi	Paletli
Delik çapı (mm)	64 - 115
Delme modu	Üstten darbeli
Tij değişimi	Hidrolik tij değişme sistemi
Delik delme hızı (m/h)	50-60

3.1.2. Elmas Tel Kesme Makinaları

Günümüzde mermer ocaklarında en çok uygulanan yöntem elmas tel kesme yöntemidir. Elmas tel kesme yönteminde kullanılan makinalar; raylı olabileceği gibi köprülü olan çeşitleri de mevcuttur. Raylı sistemlerde birbirine eklenebilen raylar mevcut olup bu rayların üzerinde hareket edebilen bir güç ünitesi ve bu güç ünitesine bağlı düşeyde, yatayda konumlandırılabilen kasnaktan oluşmaktadır. Köprülü olan tel kesme makinalarında ise, bir köprünün üzerinde hareket edebilen güç ünitesi ve bu güç ünitesine bağlı yatay da veya düşeyde konumlandırılabilen kasnaktan oluşmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Raylı ve köprülü elmas tel kesim makinaları

Bu çalışma kapsamında sökümü ve gevşetme yapılacak alanların alt ve yan kesim işlemlerinde kullanılan elmas tel kesme makinesine ait teknik özellikler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Elmas tel kesme makinesinin teknik özellikleri

Motor Gücü	55 KW (75 hps), 1200 d/dak, 380 Volt
Yürüyüş Sistemi	0.75 KW, 1 hp hız kontrollü
Makine Kontrolü	Makine paneli üzerinden
Kesme Kapasitesi	10–12 m ² /h, kayaç özelliklerine ve elmas tele göre değişmektedir.
Kurulum	2 adet, 3’er metrelik rayın üzerine güç ünitesi yerleştirilir
Tel Kapasitesi	60-110 m
En/Boy/Yükseklik	Modellere göre değişmektedir
Ağırlık	1850 kg

3.1.3. Elmas Teller

Mermer ocak işletmeciliğinde, mermer bloklarının ana kayadan ayrılmasında kesme işlemini yapan asıl eleman elmas tellerdir. Elmas teller; çelik halatın üzerine özel olarak imal edilmiş elmas boncuklar, yaylar, sıkma ve pulların dizilmesi ile genellikle 5–10–15 m uzunluklarında elde edilmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Sinterize elmas tel ve sinterize elmas teli oluşturan parçaları

Mermer ocağında hazırlık ve/veya üretim amaçlı belirlenen bölgelerin ana kayadan ayrılması işlemlerinde tel kesme makineleri ile elmas teller kullanılmıştır.

3.1.4. Piroteknik Kaya Kırıcılar

Piroteknik kaya kırıcılar, azot, karbondioksit ve buhardan oluşan zararsız gaz açığa çıkaran, yakıldığında hemen tepki veren kimyasal bir yapıya sahiptir. Ateşlendiğinde açığa çıkan gaz, kayaç yapısındaki doğal çatlak ve mikro kırıkların içerisine girerek parçalanma oranının artmasını sağlamaktadır. Minimal taş sıçraması, düşük titreşim nedeniyle daha fazla kontrol ile kaya ve beton kırma işlemlerini gerçekleştirmekte, az gürültü ve lokalize ekipmanın temizlenmesi için çok az kişisel çaba gerektirmektedir. Piroteknik kaya kırıcı kartuşlar, talebe göre değişik çapları mevcut olup ve şarj ağırlıkları marka seçimine göre değişiklik gösterip, çevreye duyarlı alanlarda ya da mevcut altyapıya yakın kaya kırma veya yıkım işlerinde tercih edilmektedir (Şekil 3.5), (Anonim, 2017).



Şekil 3.5. Piroteknik kaya kırıcılar

Piroteknik kaya kırıcının daha verimli olabilmesi için uygulanacak bölgenin masif, sert ve serbest yüzeyinin olması gereklidir. Piroteknik kaya kırıcıların da kendilerine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Avantajları; değişik boyut ve ağırlıkları geniş bir kullanım alanının olmasına olanak sağlamaktadır. Normal patlayıcılara nazaran titreşim, ses ve taş fırlaması olayları oldukça azdır. Pasa bölgelerinin ilerletilmesinde uygulama yapılan bölgeye hidrolik kırıcıya nazaran hız kazandırmaktadır. Hidrolik kırıcı maliyetini azaltmakta ve iş güvenliğine uygun bir malzemedir. Titreşim, standart değerlerin altında seyrettiği için blok alınacak bölgelerdeki ticari değeri olan kayalara zarar vermemektedir. Dezavantajları ise; kritik delik çapı önemlidir, yanlış çap uygulamalarında yüksek basınç elde edilemeden yanabilmektedir. Teknik olarak patern hesaplamalarının yapılması gerekir ve hazırlık sürecine ihtiyaç vardır. Bilinçsiz kullanımlarında birim maliyetler artmaktadır.

Piroteknik kaya kırıcıların kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Kırma işleminin daha verimli olması için kırılacak bölgede bir serbest yüzey olması gereklidir. Serbest yüzey kırıcı makina ile hazırlanabildiği gibi kartuşlarla da hazırlanabilmektedir. Kayaç yapısı ile yapılacak işin niteliğine göre, delikler arası mesafe ve delik boyu hesaplanmaktadır. Serbest yüzeyin gerisinden kullanılacak kartuşun çapına göre delik açılmaktadır. Açılmış deliklere piroteknik kaya kırıcılar yerleştirmeden önce ohm metre yardımı ile dirençleri ölçülür ve açılmış olan deliklerin içerisine piroteknik kaya kırıcılar yerleştirilir (Şekil 3.6). Deliğe yerleştirilen kartuşun üzeri bir miktar nemli toprak doldurularak sıkılır. Bu işlem delik dolana kadar tekrarlanmaktadır. Sıkılama işlemi uygun yapılmayan dolumlar da, verimli sonuç alınamamakta ve bazı deliklerden malzemenin fişeklemesine ya da yanmasına neden olmaktadır. Sıkılama işlemi yapılırken kablonun kopmamasına dikkat edilmelidir. Piroteknik kaya kırıcı kartuşun elektrik kablosu sıkılama işlemi sonucunda deliğin dışında kalmaktadır. Piroteknik kaya kırıcıların kaya kırma gücü, ağır tip patlayıcılara nazaran daha düşük olduğu için elektrik kablolarının birbirine seri olarak bağlanması tercih sebebidir. Elektrik kabloları birbirlerine seri bağlandıktan sonra 0,75 mm kablo yardımı ile manyetonun olduğu mesafeye kadar hat uzatılır ve kablo etrafının güvenli olduğu kontrol edildikten sonra manyeto

yardımı ile ateşlenir. Seri bağlı olan elektrikli kablolar bütün delikleri aynı anda ateşlemektedir. Bazen piroteknik kaya kırıcı kartuşların kibrit başlarındaki farklılıklardan dolayı çok nadir olarak birbirinden farklı zamanlarda devreye giren delikler meydana gelebilmektedir.



Şekil 3.6. Piroteknik kaya kırıcıların delik içine yerleştirilmesi ve dirençlerinin ölçülmesi

Güvenli uzaklık noktasına kadar zil teli eklenir ve manyeto ile ateşleme işlemi gerçekleştirilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Piroteknik kaya kırıcıların manyeto ile ateşleme işlemi

Boyut, kayanın yapısı, mekanın duyarlılığı delik sayısını belirlemekte ve dozun gramajını etkilemektedir. Deliklerin sayısı, kaya başına ideal delme ve delme

derinliği, mühendislik ve madencilikte kaya kırmanın temel aşamasıdır. Aslında kayanın içindeki çatlaklar, ateşlemeden sonra, etkinliğini engeller ve elektrikli ateşlemeyi başlatır. Bir anda büyük hacimli gazlar üretilir, kayaya baskı yaparak gerilmeyle parçalar ve basınç atmosfer basıncıyla eşitlenince işlem tamamlanır.

Parça boyutunun 50 cm den daha küçük parçalara ayırmak için dozunun ve aralıkların uyumlu olması gerekmekte ve doğal kırıklara dikkat edilmelidir. Çünkü belli belirsiz çizgilerle görülen ek yerlerinden kırılabilmektedir (şekil 3.8). Eğer kayalar otoyola, yerleşim birimine veya hassas teçhizatlara yakınsa, ideal delme ve kartuş başına seçilen doz ağırlığı dengeli olmalıdır; eğer kartuş gramajı çok fazla olursa kayanın fazla küçük parçalara ayrılmasına ve bu parçaların fırlamasına neden olabilir; kartuş gramajı az olursa parçalar çok büyük olabilmekte veya sadece birkaç çatlak oluşturabilmektedir.



şekil 3.8. Piroteknik kaya kırıcı kullanımından sonraki parça boyutları

Ağır tip patlayıcı olmayan teknoloji, dalgalanma ve titreşim şoku nedeniyle yapısal zarar vermemektedir. Titreşim ve ses ölçümleri sismik cihazlar yardımı ile yapılmaktadır. (şekil 3.9). Kaya fırlamalarına neden olabilmekte, fakat bu durum etkili koruma yöntemleriyle kontrol edilebilmektedir. Kaya kırma uygulamalarında, kayadan fırlayan parçalar yaklaşık 10 metrelik bir alana yayılabilir.



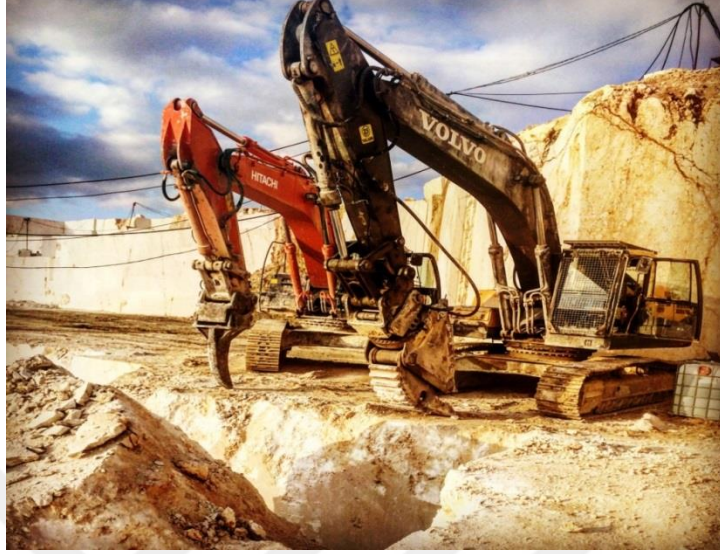
Şekil 3.9. Titreşim ve ses ölçerler

Delme patlatma yönteminde Anfo tipi patlayıcılar madencilikte yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat bu patlayıcıların patlatma tesiri, titreşimi ve gücü yüksek olup, genellikle malzemenin ufalanması için kullanılıp iri malzemenin çıkması istenilmeyen durumlarda kullanılan patlayıcı çeşididir. Fakat doğal taş ocaklarındaki asıl amaç ise, doğaltaşı blok olarak çıkarabilmek ve mümkün olduğunca zarar vermeden kırık çatlak yapısına dikkat edilerek üretim yapmaktır. Bu yüzden Anfo tipi patlayıcıların doğal taş sektöründe kullanılması yasaktır. Bu yöntemi diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik ise, doğal taş sektöründe ilk defa Piroteknik kaya kırıcılar kullanılarak hem ana kayaca hem de maddi değeri olan taşta zarar vermeden pasla ilerletim işleminin yapılabilmesidir.

3.1.5. Paletli Ekskavatör ve Hidrolik Kırıcılar

Paletli ekskavatörler madencilik sektörü, inşaat sektörü ve metalürji gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Doğaltaş ocaklarında ihtiyaç duyulan iş makinalarının arasında yer almaktadır. Üzerinde bulunan hidrolik ve mekanik aksamıyla kombine bir şekilde çalışıp doğaltaş ocaklarında üretim ve hazırlık aşamalarında diğer makinelere yardımcı olmaktadır. Üzerinde mevcut olan paletler sayesinde yere tutunması ve zeminin bozuk olduğu arazi şartlarında çalışması oldukça kolaydır. Fakat paletli olması nedeni ile bir yerden başka bir yere geçişinde oldukça yavaştır. Ayrıca çok uzun mesafeli yürütülmemesi gerekir. Ekskavatörlerin kullanım

esnasında birçok ataşmanı; hidrolik kırıcı, panter, kova, riper vb. sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Riper ve panterin mermer ocaklarında söküm işlerinde kullanımı

Ekskavatörlerde farklı ataşmanlar kullanılarak pasa ilerletim işlemleri, söküm işlemleri, büyük (ebatlı) blokları çekme vb. birçok işlem ekskavatörlerin yardımı ile yapılmaktadır. Bu ataşman çeşitlerinden de en önemli olanlarından biri, pasa ilerletim işlemleri için kullanılan hidrolik kırıcılardır.

Hidrolik kırıcılar günümüzde en önemli ve çok kullanılan ataşmanlardan biridir. Kullanım alanları her geçen gün artan hidrolik kırıcılar; asfalt kırmadan kaya kırmaya, su altı kırma işlerinden, döküm potalarının cürufalarının temizlenmesine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Özellikle tünelcilik, taş ocakçılığı, yol yapımı vb. işletmelerde vazgeçilmezdir. Bir hidrolik kırıcının seçimi ile başlayan, kullanımı ve bakımı ile devam eden süreçte zaman zaman sıkıntılarla karşılaşılması kaçınılmazdır. Bu sıkıntıların aşılması ancak bu konuda bilinçli hareket ederek sağlanmaktadır. Hidrolik kırıcıların değişik boyutları ve ağırlıkları geniş bir yelpazede inşaat, kazı ve madencilik işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Edizcan, 2010). Standart uygulamalardan biri, iri kaya parçalarının ikincil kırılması veya küçültülmesidir. Hidrolik kırıcıların bu işlemden kullanımı, güvenlik problemlerini ortadan kaldırmıştır. Ağır hizmet amaçlı hidrolik kırıcılarla yapılan selektif madencilik, birçok taşocağında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Değersiz

örtü tabakasının hidrolik kırıcılar tarafından alınmasıyla geriye kalan tüm iyi malzeme değerlendirilebilmektedir. Kayanın özelliği (kırılgan veya sert olması) küçültme performansında büyük rol oynamaktadır. Kırılgan kaya türleri, sert olanlara nazaran, hidrolik kırıcıyla daha kolay kırılabilir. Küçültme performansı doğrudan tek vuruş enerjisine bağlı olduğundan, yeterli büyüklükte bir kırıcının seçilmesi çok önemlidir. Eğer kırıcının darbe enerjisi yeterli değilse, vuruş adedinin kayanın kırılmasına etkisi olmayacağından, yüksek bir darbe frekansı daha az önemli hale gelmektedir. Çevresel kayacın türü ve yapısı, çıkartılacak malzeme ve hacmi gibi konular bu faktörlerin yalnızca çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu değişimdeki en önemli faktörler; ekipman, mevcut personel ve arazi yapısıdır. Ayrıca, kırıcı ekskavatörün daha elverişli şartlarda çalışabilmesini sağlamak amacıyla, taşocağının daha düşük basamaklarda inşa edilmesi önerilmektedir (Enpa Makine, 2017).

Doğaltaş sektöründe de ekonomik değere sahip taşa ulaşabilmek için maddi değeri olmayan örtü tabakasının kaldırılması gerekmektedir. Mermer ocaklarında ekonomik değeri olan kayaçların blok şeklinde alınabilmesi için koordineli bir şekilde pasa ilerletme çalışmaları yapılmaktadır. Ocağın yapısına ve şekline göre değişik yöntemler geliştirilmeye çalışılsa da şimdiye kadar uygulanmakta olan en yaygın yöntem ekskavatörün ucuna ataşman olarak takılan hidrolik kırıcı ile ocağı genişletme veya pasa sökme çalışmalarıdır (Şekil 3.11). Hidrolik kırıcı yardımı ile kırılan pasa, hafriyat kamyonlarına yüklenerek belirlenen bölgelere taşınmakta ve bu işlem rutin olarak tekrarlanmaktadır.



Şekil 3.11. Hidrolik kırıcı ile söküm işlemi

Mermer ocaklarında hidrolik kırıcıların kullanımında kendilerine göre avantaj ve dezavantajları olabilmektedir. Avantajları; ekskavatörün ucuna takılan quick coupler sayesinde hidrolik kırıcı ataşmanı hızlı bir şekilde takılıp çıkarılabilmektedir. Bu nedenle doğal taş ocaklarında kullanılan ataşmanlar; ripper, kova, panter, hidrolik kırıcı vb. kombine edip hızlı bir şekilde değiştirebilmektedir. Aynı zamanda masif olmayan, kırıklı ve çatlaklı yapıya sahip olan kayaç türlerinde hidrolik kırıcı ile çatlakların açılması ile pasa bölgesini ilerletmek daha kolay olabilmektedir. Bazı bölgelerde faylanmalardan kaynaklı ekonomik değeri olan kayacın yönelimi ve dalımı değişmektedir. Bu bölgelerde, hidrolik kırıcı ile pasa olarak tanımlanan ekonomik değeri olmayan bölgelerin kırılarak genişletme çalışması yapılması durumlarında, bazen ticari değeri olan mermer blokları alınabilmektedir. Hidrolik kırıcı ile çalışma yapılan bölgelerde kırıcıyı durdurup rahatlıkla söküm işlemi yapılabilir. Dezavantajları ise; iş güvenliği yönetmeliklerine göre insan vücudunun haftalık titreşim ve ses maruziyet sınırını riske sokmaktadır. Hidrolik kırıcının titreşim ve basıncından dolayı iş makinasının ömrü azalmakta ve doğaltaş ocaklarının kısa süre içerisinde yenileme yatırımı yapması gerekmektedir. Kayaç yapısının masif ve sağlam olduğu bölgelerde hidrolik kırıcı ile ilerlemek oldukça zaman almaktadır. Fakat toprak boşluklarının olduğu mermer ocaklarında kullanımı oldukça esnektir. Hidrolik kırıcının doğru seçiminde; ekskavatörün ağırlığı, hidrolik debisi, çalışma basıncı, palet genişliği vb. durumlar önemlidir.

Hidrolik kırıcının çalışması esnasında kırılacak malzeme üzerinde aynı noktada 15 sn'den fazla çalıştırılmamalıdır. Kırıcı çalışma esnasında boşa vurdurulmamalı ve hidrolik kırıcının ucunun çalışma yeri çevresi iki saatte bir yağlanması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında söküm işleminde kullanılan hidrolik kırıcılar ve paletli ekskavatörlere ve ait teknik özellikler Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Hidrolik kırıcıların teknik özellikleri

	MTB 285	MTB 255	Rammer 3288	
Çalışma ağırlığı (kg)	2950	2520	2400	
Vuruş enerjisi (joule)	6000	5610	-	
Vuruş sayısı (vuruş/dk)	320-520	330-325	370-630	
Yağ debisi (lt/dk)	170-280	180-250	160-250	
Çalışma basıncı (bar)	140	140	150-160	
Uç çapı (mm)	160	150	142	
Taşıyıcı ağırlığı (ton)	33-50	29-40	26-40	
Ses seviyesi (db)	130	132	130	

Çizelge 3.5. Paletli ekskavatörlerin teknik özellikleri

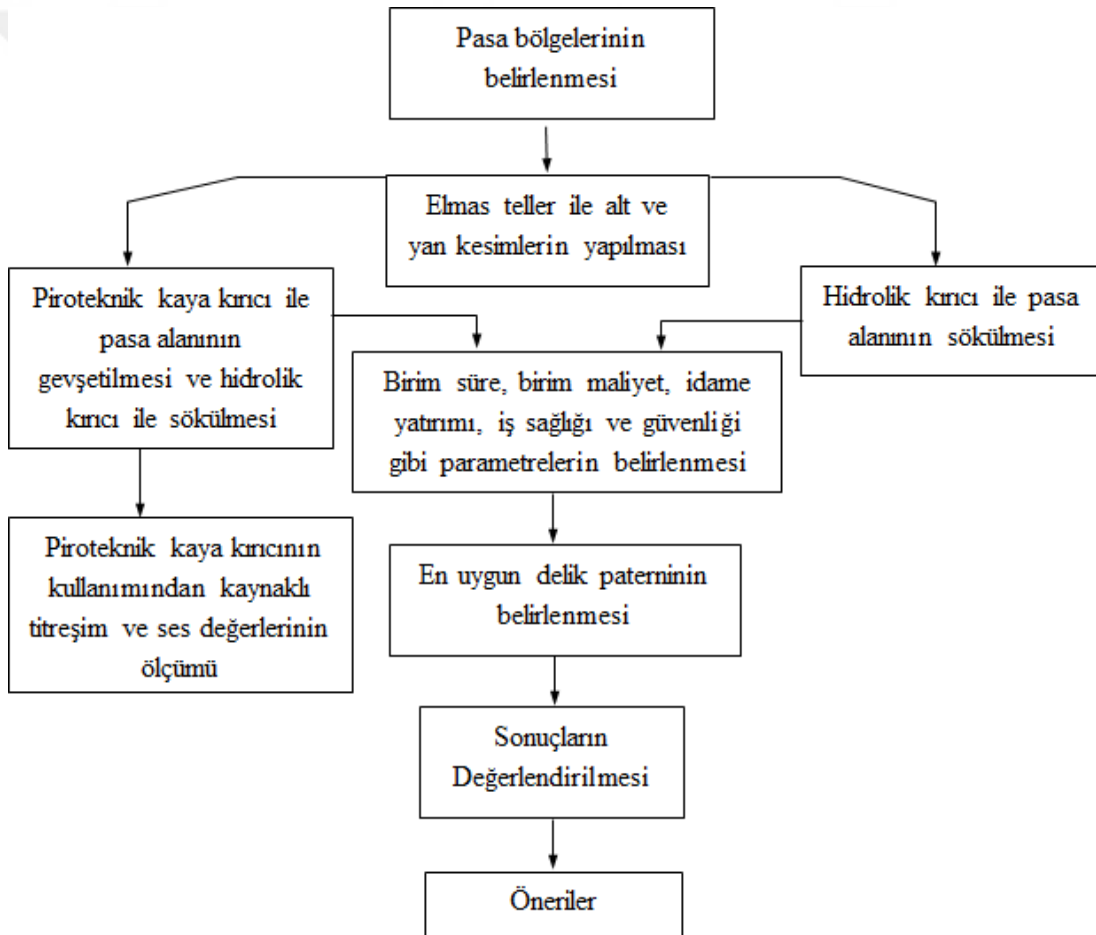
	Hitachi ZX 350 LCH	Volvo EC 380 DL	
Çalışma ağırlığı (kg)	35091	38338	
Motor gücü (hp)	272	292	
Silindir sayısı	6	6	
Yürüyüş sistemi	Paletli	Paletli	
Mak. kazı erişimi (mm)	10570	10170	
Mak. kazı derinliği (mm)	6840	6850	
Yakıt depo hacmi (lt)	630	620	

3.2. Yöntem

Pasa alanlarının boşaltılması işlemlerinde ocak maliyetleri büyük ölçüde akaryakıt, sarf malzeme, (kırıcı ucu, hidrolik hortum, yağ tüketimi ve tamir bakım) titreşim ve darbeden dolayı iş makinelerinin gereğinden fazla yıpranmasından etkilenmektedir. Hidrolik kırıcılı iş makinelerinin performansı ise kayaç özellikleri, formasyon yapısı, iş makinesinin genel durumu ve operatör gibi birçok karmaşık faktör tarafından etkilenmektedir. Piroteknik kaya kırıcılarda ise, verimli bir gevşetme; kayaç özellikleri, formasyon özellikleri ve gevşetme paternlerinden etkilenmektedir.

Yapılan bu araştırmalarda pas a ilerleme hızını artıracak ve maliyetleri azaltacak sonuçlar elde edileceği öngörülmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında Barla Mermer Maden San. Tic. Ltd. Şti.'ne ait bej mermer ocağında belirtilen farklı iki pasa ilerletim yönteminin uygulamaları yerinde yapılarak, birim süre, birim maliyet, iş sağlığı ve güvenliği gibi konularda incelemeler yapılmıştır. Alt ve yan kesimleri yapılan pasa alanlarında hidrolik kırıcı ile söküm ve piroteknik kaya kırıcı kullanımı sonrası hidrolik kırıcı ile söküm yapılarak ilerleme süresi en hızlı ve birim maliyetleri minimum tutan delik paterni ve yöntem belirlenmesi için yapılan iş akış şeması aşağıda verilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Çalışmada izlenen yöntemin akım şeması

Tez çalışması, literatür araştırmalarını da kapsayan aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

- ✓ İlk aşamada; tez konusu ile ilgili literatür taraması yapılarak bu çalışmaların ışığından yararlanılmıştır.
- ✓ İkinci aşamada; iki farklı pasa ilerletme yönteminin uygulanması için kesilecek olan alanların belirlenerek gerekli hazırlıkların yapılması.
- ✓ Üçüncü aşamada; alt ve yan kesimleri yapılmış pasa bölgesinde sadece hidrolik kırıcının çalışarak alanı ne kadar sürede boşaltacağına belirlenmesi.
- ✓ Dördüncü aşamada; alt ve yan kesimleri yapılmış pasa bölgesinde piroteknik kaya kırıcılar için farklı gevşetme paternlerinin denenmesi (delik boyu, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe, delik geometrisi ve kaya kırıcı malzeme miktarı) ve gevşetme yapıldıktan sonra hidrolik kırıcının alanı ne kadar sürede boşaltacağına belirlenmesi.
- ✓ Beşinci aşamada; alt ve yan kesimleri yapılmış pasa bölgesinde piroteknik kaya kırıcılar için tepe deliklerinin delinmesi ve gevşetme yapıldıktan sonra hidrolik kırıcının alanı ne kadar sürede boşaltacağına belirlenmesi.
- ✓ Altıncı aşamada; Piroteknik kaya kırıcı kullanılmadan önceki aynadaki kırık-çatlak yapısının belirlenerek fotoğraflanması ve elektronik kumpas yardımı ile kırık-çatlak aralıklarının ölçülmesi. Gevşetme işlemleri esnasında sismik ölçer cihaz yerleştirilerek, oluşan titreşimlerin ve ses miktarının belirlenmesi.
- ✓ Yedinci aşamada; Pasa ilerletme yöntemlerinin arasındaki birim süre, birim maliyet, iş sağlığı ve güvenliği vb. durumların incelenmesi.
- ✓ Son aşamada ise, bej mermer ocağında pasa ilerletme yöntemleri arasındaki farklar değerlendirilmiş ve en uygun yöntem belirlenerek öneriler yapılmıştır.

Bu ilerleme yöntemleri yapılırken bir adet dikey (merkez deliğin) ve iki adet yatay deliğin delinme süreleri, tel kesim makinası ile kesme süreleri, hidrolik kırıcı ile kırma süreleri ve bunların yanında tamir-bakım giderleri, mazot giderleri, işçilik giderleri vb. giderlerin hemen hemen hepsi hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler yardımı ile 1 m³ kayacın ne kadar sürede ve ne kadar maliyet ile üretildiği ve/veya kazıldığı hesaplanabilmektedir.

Piroteknik kaya kırıcıların kullanılabilmesi için dikey olarak delinen deliklerin delinme süresi ve işçiliği en önemli faktörlerden biridir. Piroteknik kaya kırıcının çapına göre delinecek deliğin çapı hesaplanır ve buna göre delici makinasına aparat yerleştirilerek delme işlemi gerçekleştirilir. Barla Mermer Maden San. Tic. Ltd. Şti bünyesinde bulunan delici (rok) ile ilk olarak delme işlemi gerçekleştirilmiş ve bu delici ile ilgili veriler elde edilmiştir. Örneğin; bir saatte kaç metre delik delebildiği, bir saatte harcadığı mazot miktarı, işçilik gideri, tamir bakım gideri vb.. Daha sonra hizmet alımı ile kiralanan hızlı tip delici şantiyeye getirilmiş ve saatte kaç metre delik delebildiği, harcadığı mazot miktarı, kira bedeli vb. verilerin hepsi değerlendirilerek delicilerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı ve hidrolik kırıcı ile pasa ilerletme yönteminde her bir deliğin delinme süreleri, tel kesim makinası ile kesme süreleri, piroteknik kaya kırıcının deliklere yerleştirilme süresi, hidrolik kırıcı ile kırma süreleri ve bunların yanında tamir-bakım giderleri, mazot giderleri, işçilik giderleri, piroteknik kaya kırıcı gideri vb. giderler hesaplanmıştır.

Bütün bu işlemler Barla Mermer Maden San. Tic. Ltd. Şti.'ne ait bej mermer ocağındaki ekipmanlar ve malzemeler kullanılarak yapılmıştır. Titreşim ve ses ölçüm işlemleri ise SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan titreşim ve ses ölçer cihazları ile gerçekleştirilmiştir.

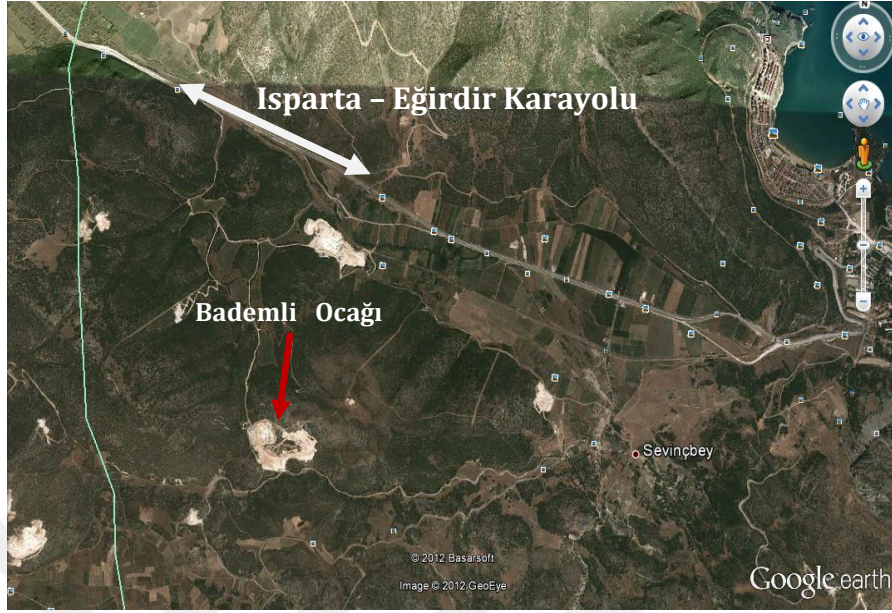
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, mermer blok işletmeciliğinde pasa ilerletim işlemlerinde kullanılan hidrolik kırıcının ve piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcının söküm performanslarının belirlenmesinde kullanılan bazı parametreler tanımlanmıştır. İki farklı yönteme ait yerinde ölçüm ve gözlem bulguları irdelenerek, piroteknik kaya kırıcıların mermer ocaklarında kullanılabilirliği belirlenmiştir. Ayrıca bu bölümde, piroteknik kaya kırıcı kullanımı için en uygun gevşetme paternleri (delik boyu, delikler arası mesafe, dilim kalınlığı, delik düzeni-sayısı ve piroteknik kaya kırıcı miktarı) belirlenmiştir. Bu çalışmalar sırasında; titreşim değerleri, ses ölçümleri, birim zamanlar ve birim maliyetlerin belirlenmesi konularında yerinde ölçümler yapılmıştır. Elde edilen verilere göre, yöntemlerin avantaj ve dezavantajları belirlenerek mermer ocaklarında pasa ilerletim çalışmalarında nasıl bir yönteminin izleneceği konusunda teknik bulgular tartışılmıştır.

Verilerin elde edilmesi için Isparta/Eğirdir bölgesindeki Barla Mermer Maden San. ve Tic. Ltd. Şti.' ne ait bej mermer ocağında bir dizi çalışmalar yapılmıştır. Verilerin alındığı işletmeye ait özet bilgiler aşağıda verilmiştir.

Barla Mermer Maden San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından bej mermer ocağı olarak işletilen ve çalışmaya konu olan ocak sahası, “Bademli Ocağı” Isparta-Eğirdir karayolu üzeri 22. km’de Bademli beldesi yakınlarında yer almaktadır (Şekil 4.1). İşletmeye ait Bej (Ottoman) Mermer Ocağında, üretim yöntemi olarak elmas tellerle kesim yöntemi kullanılmaktadır. Ocağın genel yapısı, oluşumu itibarıyla her ne kadar masif kütle halinde olsa da, oldukça kırık ve çatlaklı bir yapıya sahiptir. Ayrıca kalın bir örtü tabakasına sahip olduğundan ekonomik değere sahip bloklara daha alt kademelerde ulaşılmaktadır. Bu da işletme masraflarını arttırmakta ve üretimde zorluklara neden olmaktadır. Mermer ocağının yıllık üretimi yaklaşık 6000-7000 m³, blok verimi ise ortalama % 1-3’tür. Üretilen bloklar tamamıyla ihraç edilmekte olup çok az bir kısmı ise işletmeye ait fabrikada işlenmektedir. Mermerin iyi kalitede olması, kayacın renginin piyasada tutulan “ottoman bej” rengine olması saha için avantajdır. Kaya kütlelerinin tipi sedimanter, şekli ise masif kütle halindedir. İşletmede

Üretim esnasında, farklı özellik ve kapasitelerde yeterli sayıda iş makineleri ve işçi bulunmaktadır. Mermer ocağına ait genel görünüm şekil 4.2’de verilmiştir.



şekil 4.1. Çalışmaya konu olan mermer ocağına ait uydu grntş



şekil 4.2. Mermer ocağının genel görünümü

4.1. Mermer Ocağının Jeolojisi, Geometrisi ve Mermerin Yapısı

Çalışma alanı Finike-Kaç-Kalkan’dan Isparta’ya kadar uzanan Beydağları Otoktonunun üzerinde tektonik dokanaklı yer alan Antalya Napları içindeki Jura-

Kretase yaşı kireçtaşları ile Triyas-Jura yaşı ofiyolitli karmaşık içinde kalmaktadır. Bunlardan birincisi, açık krem, bej renkli, yer yer çok kırıklı, yer yer masif, yer yer siyah-kahve kılcal damarlı, yer yer koyu renkli lekeli kireçtaşlarıdır. İkincisi ise, koyu bej renkli kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kumtaşı, çört ve yer yer ofiyolit gurubu kayalarla tektonik ardalanmalı, çok kıvrım ve kırıklı kaya topluluğudur. Bu iki kaya topluluğu faylı dokanıklıdır ve birbirleri ile sürekli tektonik dilimler şeklinde ardalanmaktadır. Bölgedeki, açık bej renkli kireçtaşları, son derece kırıklı ve kıvrımlı bir tektonik yapı ile büyük dilimler halinde düzensiz bir konumdadır. Bu nedenle alt ve üst ilişkileri ile yanal değişimlerin takip edilmesi nerede ise olanaksız hale gelmektedir. Kireçtaşları içindeki yeşil renkli kayalar ile konglomeratik seviyeler açık bej renkli kayaları farklı seviyelere ayırmaktadır. Kireçtaşları içine giren her bir farklı seviye hem verimi düşürmekte hem de kireçtaşları içine farklı renk girdilerine neden olmaktadır.

Üretim sahasında Bademli-1 ve Bademli-2 olarak tanımlanan iki adet bölge bulunmaktadır (Şekil 4.3). Bu çalışma kapsamında yapılan pasa ilerletim işlemleri her iki bölgede de uygulanmıştır. Bademli-1 ve Bademli-2 ocaklarının her ikisi de 6 kademedan oluşmaktadır. Elmas tel ile kesilen bloklar devrilmekte ve devrilen bloklar ise elmas tel sayalama makinaları ile ebatlandırılmaktadır. Çok kırıklı çatlaklı olarak değerlendirilen kesimlerde söküm işlemi ise hidrolik kırıcılarla gerçekleştirilip pasa ilerletilmektedir. Pasa ise ocağın yan tarafında bulunan pasa döküm sahasına dökülmektedir.



Şekil 4.3. Bademli-1 ve Bademli-2 ocaklarının genel görünüşü

4.2. Kayacın Fiziksel-Mekanik ve Kimyasal Özellikleri

Mermer ocaklarında üretime geçmeden önce kayacı daha iyi tanımlamak için, kayacın fiziksel-mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu özellikler, üretim yönteminin seçilmesinde ve makine parkının belirlenmesinde oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ottoman bej mermerine ait deneysel çalışmalar ilgili standartlara göre SDÜ Kazı Mekaniği ve Doğal Taşlar Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Kayacın fiziksel-mekanik ve kimyasal özellikleri

Özellik	Ortalama	Standart				
Sertlik (Mohs)	3,7±0,3	TS 6809				
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2,726±0,007	TS EN 1936				
Görünür yoğunluk (g/cm ³)	2,707±0,002	TS EN 1936				
Açık gözeneklilik (%)	0,194±0,017	TS EN 1936				
Atmosfer basıncında su emme tayini (%)	0,072±0,006	TS EN 13755				
Toplam gözeneklilik (%)	0,70	TS EN 1936				
Aşınma dayanımı (Metod-B/Böhme) (cm ³ /50cm ²)	9,89±0,42	TS EN 14157				
P-dalga hızı (m/s)	6409±44	TS EN 14579				
Basınç dayanımı (MPa)	129,93±12,5	TS EN 1926				
Yoğun yük altında bükülme dayanımı (MPa)	10,03±1,2	TS EN 12372				
	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	LOI
(%)	55,81	0,07	0,11	0,014	0,28	43,70

4.3. Mermer Blok İşletmeciliğinde Pasa İlerletim Yöntemleri

Mermer ocağında pasa ilerletim yönteminin uygulamasının yapılabilmesi için işletmede uygun pasa bölgeleri seçilmiştir. Bu seçilen bölgelerde hem hidrolik kırıcı ile hem de piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı ile ilerletim yöntemleri denenerek veriler toplanmıştır. Bu denemelerde jeolojik yapı bazı yerlerde sert, bazı yerlerde de yumuşak olabilmektedir. Bu nedenle teknik verilerde çok fazla değişkenliğe sebep olmaması için mümkün olduğunca homojen yapılar tercih edilmeye çalışılmıştır.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi, piroteknik kaya kırıcılarda delikler arası mesafe, dilim kalınlıkları, özgül şarj, gevşetmeden sonra hidrolik kırıcının çalışma süresi vb. unsurlar maliyet açısından ve istenilen tane boyutunda malzeme elde edilmesi açısından da önemlidir. Bu nedenle piroteknik kaya kırıcılar için delikler arası mesafeler 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m ve 3 m olarak belirlenerek en uygun mesafenin bulunması için deneme çalışmaları yapılmıştır. Her iki yöntemden önce pasa alanının alt ve yan kesimleri elmas tel kesme makineleri ile kesilerek ana kayadan ayrılma işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Söküm yapılacak bölgelerin alt ve yan kesimlerinin yapılması

Bu iki pasa ilerletim yönteminde de alt ve yan kesim için delinen delikler ve elmas tel ile kesim işlemleri ortak olduğu için birim süre verileri birim maliyet verilerine dahil edilmemiştir. Ayrıca yapılan hesaplamalarda piroteknik kaya kırıcılar için delinecek olan dikey deliklerin süreleri ayrıca değerlendirilmiştir. Bunun sebebi ise, farklı tip deliciler kullanılarak yapılan işlemlerin birbirleri arasındaki avantaj ve dezavantajlarının değerlendirilmesidir. Dikey delikler delinirken aynı zamanda alt kesim ve/veya yan kesim işlemleri gerçekleşeceği için piroteknik kaya kırıcı uygulanacak bölgede dikey deliklerin delinmesi ayrıca bir zaman kaybına neden olmamaktadır.

Piroteknik kaya kırıcıların kullanılabilmesi için dikey delik delme işleminin koordineli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Belirlenen bölgelerde deneme çalışmaları yapılırken şirketin bünyesinde yer alan delicinin (Rok); bit, tabanca ve tij takımı değiştirilerek delme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan bu delici, mermer ocaklarında elmas tel kesme yöntemi için dikey ve yatay deliklerin delinip birbirlerine birleştirilmesi işlemlerinde kullanılacak şekilde dizayn edilmiş bir delicidir. Fakat delme gevşetme yöntemi ile ilerleyen maden ocaklarında dikey delik delmek için çalışan delicilerin çalışma prensibi mermer ocaklarındaki delicilerden daha farklıdır. Bu nedenle kış sezonu boyunca pasa ilerletme çalışması yapılacağından Atlas Copco D7 marka delici hizmet alımı yapılarak mermer ocağında dikey deliklerin delinmesi işlemlerinde kullanmak için kiralanmıştır. Rok ve Atlas Copco D7 markalı delicilerin birbirleri arasındaki farklar Çizelge 4.2-4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Rok ve Atlas Copco delicilerin birim giderleri

Sondaj tipi	Delik delme hızı (m/h)	Birim yakıt gideri (lt/m)	Birim işçilik maliyeti (TL/h)	Birim tamir bakım maliyeti (TL/m)	Birim kiralama maliyeti (TL/m)
Rok	12	1.17	17.77	1	-
Atlas Copco D7	55	0.7	-	-	5

Çizelge 4.3. Rok ve Atlas Copco delicilerin toplam giderleri

Sondaj tipi	Delinecek delik metrajı (m)	Yakıt maliyeti (TL)	İşçilik maliyeti (TL)	Tamir-bakım maliyeti (TL)	Kiralama maliyeti (TL)
Rok	2881	13445	4266	2881	-
Atlas Copco D7	2881	8067	-	-	14405

Çizelge 4.4. Rok ve Atlas Copco delicilerin karşılaştırılması

Sondaj tipi	Delik çapı (mm)	Delinecek delik metrajı (m)	Toplam süre (h)	Toplam maliyet (TL)	Birim maliyet (TL/m)	Birim süre (m/h)
Rok	76	2881	240	20592	7.15	12
Atlas Copco D7	76	2881	52.4	22472	7.80	55

Yapılan bu incelemelerin sonucunda şirket bünyesinde yer alan Rok delicinin sürekli pasa ilerletimi için delinecek dikey deliklerde kullanımının uygun olmadığı görülmektedir. Rok delicinin patlatma delikleri delinmesi için kullanıldığı zamanlarda şantiye içerisindeki asıl iş tanımından uzaklaşarak iş kaybına neden olmaktadır. Dışarıdan kiralaan Atlas Copco D7 markalı delici ise zaman açısından daha karlı olduğu görülmektedir. Fakat bu tarz hızlı delik delebilen delicileri kiralamak için toplam delinecek delik miktarı önemlidir. Küçük metrajlı işler için dışarıdan kiralama işlemi yapılamamaktadır. Küçük çaplı önemli bölgelerin acil olarak delinip gevşetilmesi işlemlerinde Rok delicinin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında Atlas Copco delici ile Çizelge 4.5’de belirtilen boyut ve sayılarda delme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.5. Atlas Copco delici ile delinen delik boyları ve adetleri

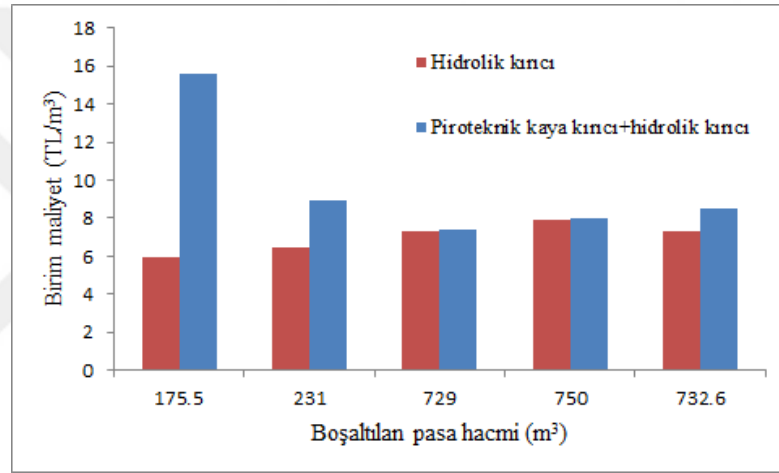
Tarih	Delinen Bölge	Boyutlar (m)			Hacim (m ³)	Delik adedi	Delik yüksekliği (m)	Toplam yükseklik (m)
		En	Boy	Yükseklik				
18.1.2017	K-1	11,30	14,40	6,50	1057,68	20	5,50	110,00
18.1.2017	K-2	11,90	16,30	7,30	1415,98	22	6,30	138,60
19.1.2017	K-2	16,40	10,80	7,30	1292,98	18	6,30	113,40
19.1.2017	K-2	13,40	13,00	7,30	1271,66	18	6,30	113,40
19.1.2017	K-6	11,20	11,40	9,30	1187,42	15	8,30	124,50
20.1.2017	K-6	11,80	21,00	9,30	2304,54	36	8,30	298,80
23.1.2017	K-5	12,50	10,50	7,40	971,25	17	6,30	107,10
23.1.2017	K-5	13,00	12,00	7,40	1154,40	23	6,30	144,90
24.1.2017	K-5	15,50	12,50	7,40	1433,75	24	6,30	151,20
24.1.2017	K-5	14,40	10,00	7,00	1008,00	20	6,30	126,00
25.1.2017	K-4	13,10	11,90	8,80	1371,83	24	6,30	151,20
25.1.2017	K-4	16,00	10,00	7,90	1264,00	18	6,30	113,40
26.1.2017	K-4	13,50	11,60	7,90	1237,14	22	6,30	138,60
26.1.2017	K-4	16,50	13,50	7,90	1759,73	33	6,30	207,90
27.1.2017	K-4	15,00	13,20	7,90	1564,20	29	6,30	182,70
27.1.2017	K-3	14,40	14,50	7,70	1607,76	31	6,30	195,30
28.1.2017	K-3	14,00	12,10	7,70	1304,38	29	6,30	182,70
28.1.2017	K-3 (üçgen)	18,60	14,80	7,70	1060,00	22	6,30	138,60
28.1.2017	D-1	12,00	11,00	5,50	726,00	14	4,50	63,00
29.1.2017	K-1	12,00	10,20	6,00	734,40	16	5,00	80,00
Toplam					25727,10			2881,30
Toplam maliyet (TL)								22472 TL

Önceden belirlenen bölgelerde en uygun gevşetme paterninin belirlenebilmesi için deneme çalışmaları yapılmıştır (Çizelge 4.6).

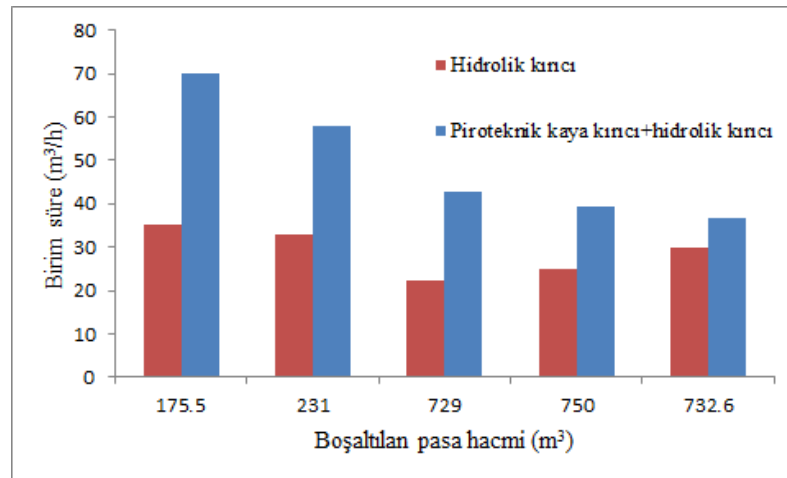
Çizelge 4.6. Belirlenen bölgelerde uygulanan hidrolik kırıcı ve piroteknik kaya kırıcı + hidrolik kırıcı ölçüm değerleri

Uygulanan Yöntem	Delikler arası mesafe (m)	Boşaltılan hacim (m ³)	Toplam süre (h)	Özgül Şarj (kg/m ³)	Piroteknik kaya kırıcı maliyeti (TL)	Toplam maliyet (TL)	Birim süre (m ³ /h)	Birim maliyet (TL/m ³)
Hidrolik kırıcı	-	175,50	5,0		-	1044	35,10	5,95
Piroteknik kaya kırıcı+Hidrolik kırıcı	1	175,50	2,5	0,094	2052	2734	70,20	15,58
Hidrolik kırıcı	-	231,00	7,0		-	1494	33,00	6,47
Piroteknik kaya kırıcı+Hidrolik kırıcı	1,5	231,00	4,0	0,048	1368	2073	57,75	8,97
Hidrolik kırıcı	-	729,00	33,0		-	5312	22,09	7,29
Piroteknik kaya kırıcı+Hidrolik kırıcı	2	729,00	17,0	0,035	3192	5418	42,88	7,43
Hidrolik kırıcı	-	750,00	30,0		-	5910	25,00	7,88
Piroteknik kaya kırıcı+Hidrolik kırıcı	2,5	750,00	19,0	0,035	3224	6000	39,47	8,00
Hidrolik kırıcı	-	732,60	24,5		-	5350	30,00	7,30
Piroteknik kaya kırıcı+Hidrolik kırıcı	3	732,60	20,0	0,033	2976	6222,10	36,63	8,49

Pasa ilerletim çalışmaları sonucunda Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi delikler arası mesafe ve pasa olarak ilerletilecek bölgenin boyutları değiştikçe birim maliyet ve birim süreler de değişmektedir. Küçük hacim ve gevşetme delikleri arasındaki mesafenin az olduğu durumlarda hidrolik kırıcı ile söküm daha avantajlı olabilmektedir. Söküm yapılacak alan büyüdükçe ve gevşetme delikleri arasındaki mesafe arttığında ise piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı yönteminin daha verimli olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Bu veriler doğrultusunda 2016 yılının sonu, 2017 yılının başı, diğer bir ifadeyle, kış sezonu boyunca mermer ocağında pasa ilerletim işlemlerinde piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.5. İki yöntemin birim maliyetler bakımından karşılaştırması

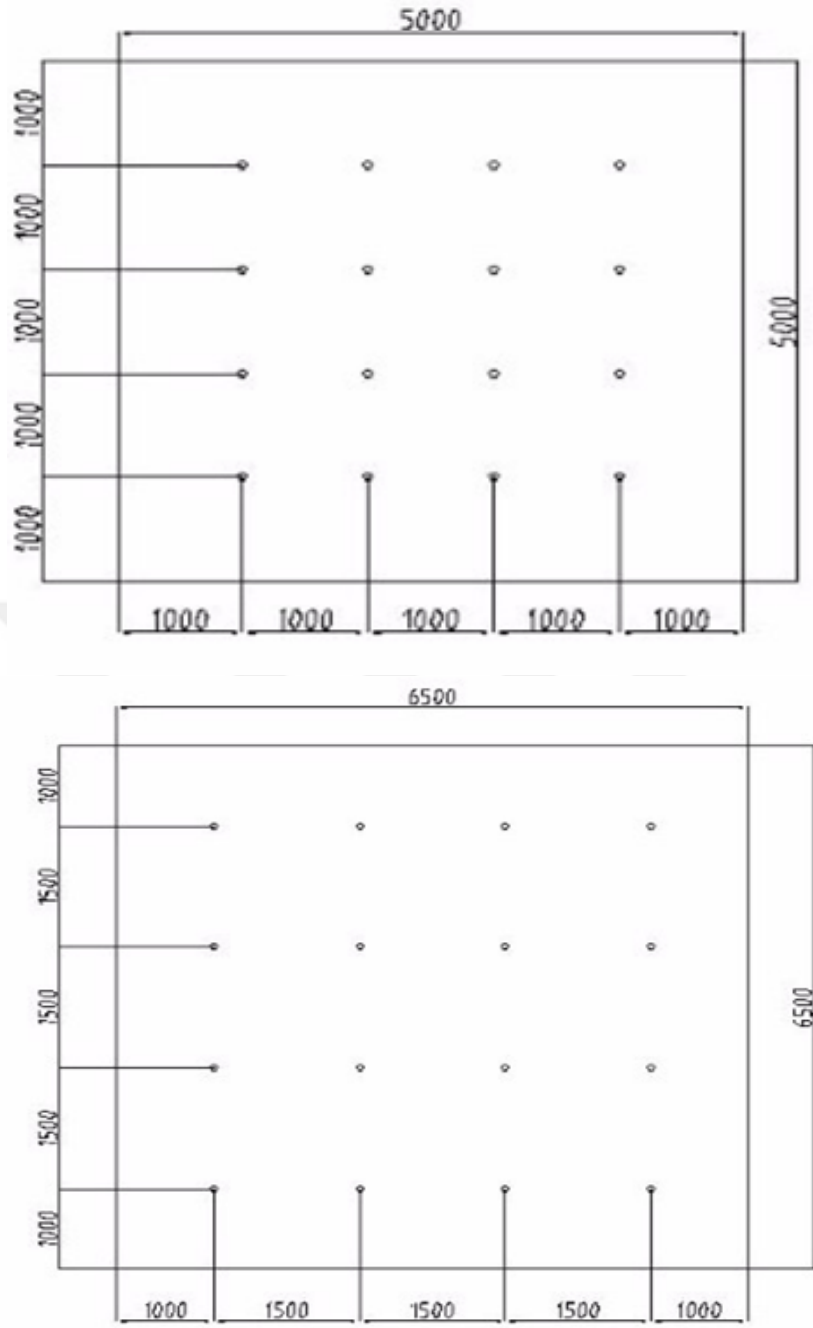


Şekil 4.6. İki yöntemin birim süreler bakımından karşılaştırması

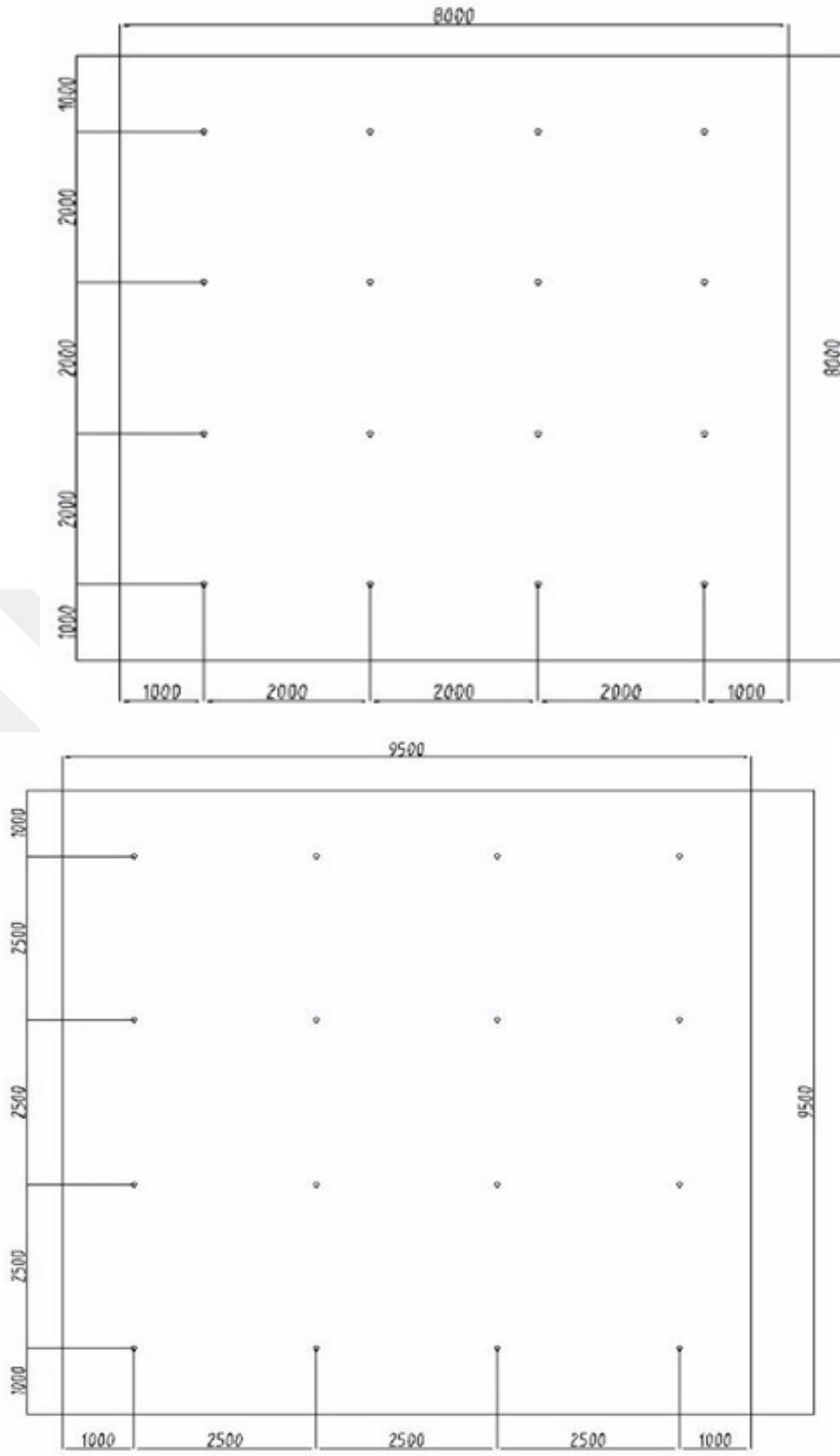
Gevşetme paternleri hazırlanırken dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de serbest yüzeye olan delik mesafesidir. Delikler hazırlanırken de tel kesiminin olduğu alanlara ve serbest yüzeylere (dilim kalınlığı) her zaman 1 m'lik (Şekil 4.7) mesafe bırakıldıktan sonra delikler arası mesafeler kendi aralarında 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m ve 3 m olacak şekilde değiştirilmiştir (Şekil 4.8-4.10). Dilim kalınlığının 1 m bırakılmasının sebebi, piroteknik kaya kırıcıların kayaç içerisinde şok etkisini yarattıktan sonra serbest yüzeylerden kayacın boşalmasını sağlamaktır. Mesafenin daha kısa bırakılması halinde ise, piroteknik kaya kırıcı malzemenin gücü fazla gelip aynadan püskürme işlemi gerçekleştirilerek enerji kaybına neden olmaktadır. Delinen deliğin serbest yüzeye olan mesafenin 1 metreden daha çok bırakılması halinde ise, piroteknik kaya kırıcı malzemenin gücü yetersiz kaldığından aynadan boşalma sağlayamayacak ve kayacın kendi içerisinde kitlenmesine neden olmaktadır.



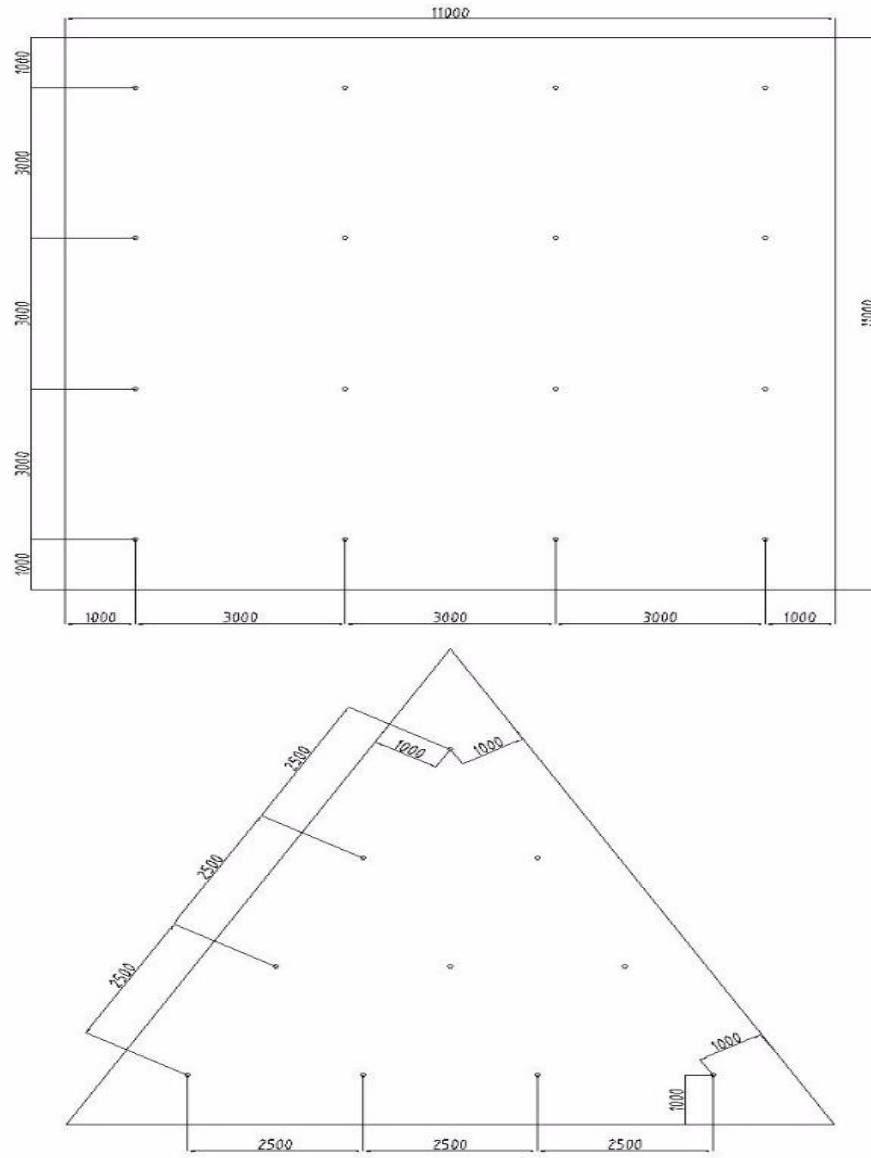
Şekil 4.7. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe



Şekil 4.8. Delikler arası mesafenin 1 m ve 1,5 m olduğu dörtgen delik düzeni



Şekil 4.9. Delikler arası mesafenin 2 m ve 2,5 m olduğu dörtgen delik düzeni

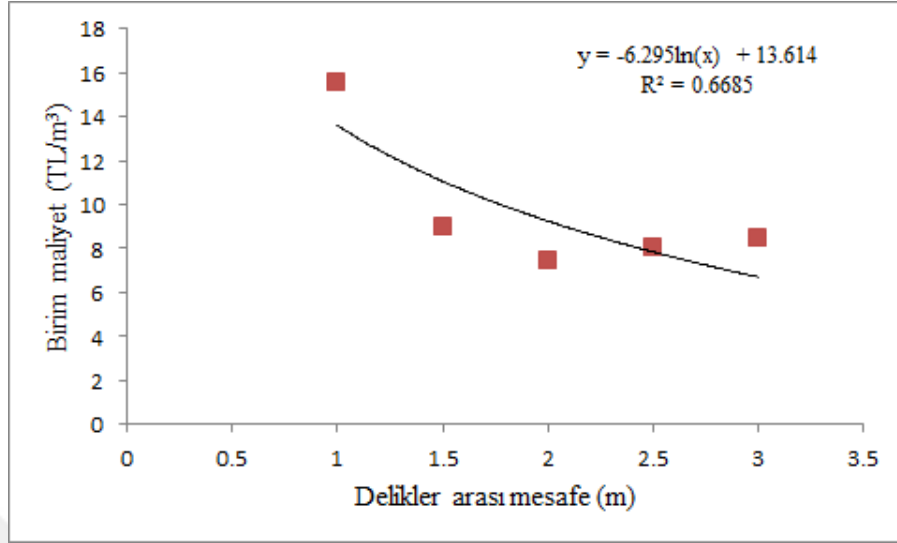


Şekil 4.10. Delikler arası mesafenin 3 m olduğu dörtgen delik düzeni ile delikler arası mesafenin 2,5 m olduğu üçgen delik düzeni

Formasyonun sertlik ve yumuşaklık dereceleri bölge bölge değiştiğinden dolayı bütün delikler arası mesafelerin kendilerine göre avantaj ve dezavantajları olabilmektedir. Bu bej mermer ocağı için en uygun delikler arası mesafe 2 m ile 2,5 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11).

Bu nedenle deneme çalışmalarından sonra, saha içerisinde genellikle serbest yüzey ve tel kesimine olan mesafenin 1 m ve delikler arası mesafenin 2,5 m olduğu gevşetme paterni uygulanmıştır. Genellikle delinecek bölgeler dörtgen şeklinde

hazırlanmaktadır. Şantiye içerisinde bazı bölgelerde üçgen şeklinde gevşetme paterni uygulamaları yapılmıştır.



Şekil 4.11. Delikler arası mesafenin birim maliyete etkisi

Yapılan bu tasarımlardan sonra piroteknik kaya kırıcı ile gevşetilen formasyonlar, hidrolik kırıcı yardımı ile kırma işlemi belirlenen bölgelerde uygulanmıştır. Serbest yüzeye ve tel kesimine olan mesafenin 1 m, delikler arası mesafenin 2,5 m olduğu gevşetme paternli delikler delindikten sonra deliklere piroteknik kaya kırıcılar yerleştirilerek gevşetme yapılmıştır (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).



Şekil 4.12. Gevşetme öncesi ve sonrası aynanın genel görünümü



Şekil 4.13. Gevşetme sonrası yüzeyde oluşan çatlaklar

Gevşetme yapılan bölgedeki kayaç yapısında gevşeme ve çatlaklar meydana gelip birincil kırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Gevşeyen kayaç formasyonunun kamyonlara daha rahat yüklenmesi için ekskavatörün ucuna ataşman olarak takılan hidrolik kırıcı yardımı ile ikincil kırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Gevşetme sonrası hidrolik kırıcı ile kırma işlemleri

Tüm bu işlemler işletmenin genelinde uygulanarak elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır (Çizelge 4.7). Burada elde edilmek istenen asıl veri, hidrolik kırıcının gevşetme yapılan alanda ne kadar süre çalıştığı ve kırma işlemini gerçekleştirirken ekskavatörün zorlanma derecesidir. Aynı zamanda piroteknik kaya kırıcının sert

formasyondan yumuşak formasyona kadar olan bölgelerde nasıl iş yaptığı belirlenmeye çalışılmıştır. Her iki pasa ilerletim yönteminde de pasa bölgesinde çalışan hidrolik kırıcıların çalışma süreleri kayıt altına alınmıştır. Pasa bölgelerinde çalıştırılan ekskavatörlerin ağırlıkları ortalama 36-40 ton ağırlığında olup, ekskavatörlerin ucuna takılan hidrolik kırıcılar ise ortalama 2,5-3,0 ton ağırlığındadır. Hidrolik kırıcıların çalışma sürelerinin yanı sıra şantiyenin genel olarak jeolojik yapısının incelenip hangi bölgelerde yumuşak kayadan sert kayaya doğru geçiş yapıldığı da incelenmiştir. Birincil kaya çeşidi olan yumuşak kayaç olarak tanımlanan; açık krem, bej renkli, yer yer çok kırıklı, masif, siyah-kahve kılcal damarlı, koyu renkli lekeli kireçtaşlarından oluşmaktadır. İkincil kaya çeşidi olan sert kayaç olarak tanımlanan; koyu bej renkli kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kumtaşı, çört ve yer yer ofiyolit gurubu kayalarla tektonik aralanmalı, çok kıvrım ve kırıklı kaya topluluğudur. Ekskavatör ve ataçman olarak takılan hidrolik kırıcının hangi bölgelerde daha çok zorlandığı, piroteknik kaya kırıcı malzemenin nerelerde kesme ve daha büyük çatlakları oluşturma işleminin gerçekleştirdiği gibi parametreler de incelenmeye çalışılmıştır.

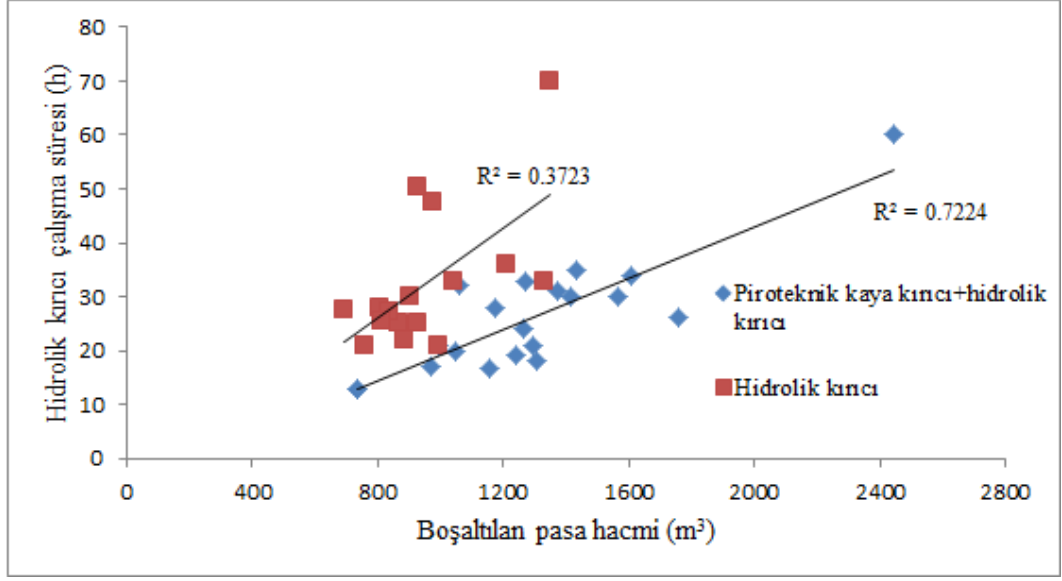
Çizelge 4.7. Uygulanan gevşetme paternleri ve hidrolik kırıcı çalışma süreleri

Piroteknik kaya kırıcının uygulandığı bölge	Tarih	Boyutlar (m)			Hacim (m ³)	Delikler arası mesafe (m)	Delik adedi	Bir delik için kullanılan piroteknik kaya kırıcı miktarı	Toplam piroteknik kaya kırıcı adedi	Özgül şarj (kg/m ³)	Hidrolik kırıcı çalışma süresi (h)	Hidrolik kırıcı birim zamandaki iş hacmi (m ³ /h)
		En	Boy	Yükseklik								
K2-Sağ	30.1.2017	16,30	11,90	7,30	1416,0	2,5	22	2	44	0,016	30,0	47,20
K1-Sol	30.1.2017	14,30	11,30	6,50	1050,3	2,5	20	2	40	0,019	20,0	52,52
D1-Sol	30.1.2017	12,00	11,10	5,50	732,6	3,0	14	2	28	0,019	13,0	56,35
K6-Sol	30.1.2017	11,40	11,20	9,20	1174,7	2,5	15	3	45	0,019	28,0	41,95
K2-Sol	30.1.2017	16,40	10,80	7,30	1293,0	2,5	18	2	36	0,014	21,0	61,57
K6-Orta	13.2.2017	22,50	11,80	9,20	2442,6	2,5	36	3	108	0,022	60,0	40,71
K3-Sağ	04.2.2017	14,50	14,40	7,70	1607,8	2,5	31	2	62	0,019	34,0	47,29
K4-Sağ	04.2.2017	16,00	10,00	7,90	1264,0	2,5	17	2	34	0,013	24,0	52,67
K5-Sol	10.2.2017	12,50	10,50	7,40	971,3	2,5	16	2	32	0,016	17,0	57,13
K5-Sol	10.2.2017	15,50	12,50	7,40	1433,8	2,5	24	2	48	0,017	35,0	40,96
K3-Orta (üçgen)	07.2.2017	18,60	14,80	7,70	1060,0	2,5	22	2	44	0,020	32,0	33,13
K4-Sol	07.2.2017	15,00	13,20	7,90	1564,2	2,5	18	2	36	0,012	30,0	52,14
K5-Sağ	15.2.2017	14,60	10,00	6,80	992,8	2,5	20	2	40	0,020	21,0	47,28
K2-Orta	10.2.2017	13,40	13,00	7,30	1271,7	2,5	18	2	36	0,014	33,0	38,54
K4-Sağ	11.2.2017	13,10	11,90	8,80	1371,8	2,5	24	2	48	0,017	31,0	44,25
K3-Sağ	16.2.2017	14,00	12,10	7,70	1304,4	2,5	29	2	58	0,022	18,0	72,47
K1-Sol	15.2.2017	12,00	10,20	6,00	734,4	2,5	16	2	32	0,021	13,0	56,49
K4-Orta	25.2.2017	13,50	11,60	7,90	1237,1	2,5	22	2	44	0,018	19,0	65,11
K4-Sol	22.2.2017	16,50	13,50	7,90	1759,7	2,5	33	2	66	0,019	26,0	67,68
K5-Orta	28.2.2017	13,00	12,00	7,40	1154,4	2,5	18	2	36	0,016	16,8	68,71
Toplam hacim					25836,4					Ortalama		52,21

Diğer yöntem olan direkt hidrolik kırıcı ile pasa alanlarının söküm işlemi de, piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı uygulanan bölgelere benzer formasyonlarda uygulanmıştır. Burada belirlenmek istenen durum ise, hidrolik kırıcının pasa olarak belirlenen bölgede ne kadar süre çalıştığı ve kırma işlemini gerçekleştirirken ekskavatörün zorlanma derecesidir. Bu uygulamalarda da pasa alanlarının alt ve yan kesimleri yapıldıktan sonra, söküm işlemleri sadece hidrolik kırıcı ile yapılmıştır. Elde edilen veriler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Aynı zamanda direkt hidrolik kırıcı ile kırma işlemi gerçekleştirdiği için sert formasyon ile yumuşak formasyon arasındaki farklar da incelenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.8. Hidrolik kırıcının pasa ilerletimindeki çalışma süreleri

Kırılan bölge	Tarih	Boyutlar (m)			Hacim (m ³)	Hidrolik kırıcı çalışma süresi (h)	Hidrolik kırıcı birim zamandaki iş hacmi (m ³ /h)
		En	Boy	Yükseklik			
D1(Orta Üçgen)	07.2.2017	24,5	12	6,3	926,1	25,0	37,04
K3(Orta Üçgen)	15.2.2017	24	15	7,5	1350,0	70,0	19,29
K6 (Sağ)	16.2.2017	12,5	10,5	9,2	1207,5	36,0	33,54
K4(Orta Üçgen)	16.2.2017	18	11,5	7,8	807,3	28,0	28,83
K4 (Sağ)	18.2.2017	13,5	9,3	7,9	991,8	21,0	47,23
K5 (Orta)	24.2.2017	13	9	7,4	865,8	25,0	34,63
K1 (Orta-Sağ)	02.3.2017	11	10,5	6	693,0	27,4	25,29
D2(Orta Üçgen)	11.3.2017	21	14,8	6,7	1041,0	33,0	31,55
K3 (Sağ)	28.2.2017	11,5	11	7,7	974,1	47,4	20,54
K3 (Sol)	03.3.2017	11,5	10,5	7,7	929,8	50,5	18,41
K3 (Sol)	07.3.2017	11,5	10	7,7	885,5	22,0	40,25
K3 (Orta)	07.3.2017	14,5	11,9	7,7	1328,6	33,0	40,26
D1 (Orta)	08.3.2017	13,3	10	6,3	837,9	27,3	30,69
K4 (Orta)	08.3.2017	10,2	9,5	7,8	755,8	21,0	35,99
K4 (Sağ-Üçgen)	10.3.2017	19,00	11,00	7,80	815,0	25,4	32,09
K4 (Sağ)	16.3.2017	13,80	8,30	7,90	904,9	30,0	30,16
Ortalama							31,61



Şekil 4.15. Gevşetme yapılmadan ve yapıldıktan sonraki hidrolik kırıcı çalışma süreleri

Şekil 4.15’den görüldüğü gibi, piroteknik kaya kırıcılar kullanıldıktan sonra hidrolik kırıcı çalışma sürelerinin önemli derecede azaldığı görülmektedir. Ayrıca eğilim çizgilerinin eğimi incelendiğinde, boşaltılacak hacim arttıkça gevşetmenin önemi daha da artmaktadır. Diğer bir ifadeyle, büyük hacimlerin boşaltılması istenildiğinde piroteknik kaya kırıcılar ile gevşetme yapıldığı durumlarda hidrolik kırıcıların çalışma sürelerinin önemli derecede azaldığı anlaşılmaktadır. Hidrolik kırıcıların az çalışması sonucunda, arızalar azalmakta, yakıt tüketimi azalmakta, operatör memnuniyeti artmakta ve en önemlisi de aynı pasa alanlarının boşaltılması yapılarak paletli ekskavatörlerin ömürleri de artmaktadır. Piroteknik kaya kırıcılar ile gevşetme sonrası hidrolik kırıcı ile pasa ilerletiminin yapılması ile yakıt tüketimi azalmakta ve atmosfere salınan egzoz emisyon gazları da azalmaktadır. Bu nedenle Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı uygulamasının çevre dostu bir çalışma yöntemi olduğu da aşikardır.

Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı pasa ilerletim yönteminde maliyet tablosu oluşturulurken yararlanılması gerek birim maliyet sonuçları vardır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı pasa ilerletim yönteminde birim maliyet tablosu

Birim Maliyet Kalemleri	Birim	Değer
Delik birim maliyeti	TL/m	7,80
Piroteknik kaya kırıcı birim maliyeti	TL/adet	62,00
Piroteknik kaya kırıcı ile gevşetme işçiliği	TL/adet	5,62
İş makinası mazot birim maliyeti	TL/h	96,00
İş makinası bakım birim maliyeti	TL/h	70,00
Operatör birim maliyeti	TL/h	17,77
Zil teli birim maliyeti	TL/m	0,20

Bu sonuçların doğrultusunda maliyet tablosunu oluşturmak için incelenen kalemler; ne kadar büyüklükte bölgenin pasa olarak boşaltılacağı, 1 m deliğin delme maliyeti, piroteknik kaya kırıcı malzeme maliyeti, piroteknik kaya kırıcı malzeme uygulama işçiliği, hidrolik kırıcının çalışma süresi, ekskavatör mazot tüketim maliyeti, ekskavatör ve hidrolik kırıcı bakım maliyeti ve operatör maliyeti gibi giderler göz önünde bulundurularak bir maliyet tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı pasa ilerletim yönteminin maliyet tablosu

Bölge	Hacim (m ³)	Delik uzunluğu (m)	Delik maliyeti (TL)	Piroteknik kaya kırıcı (adet)	Özgül şarj (kg/m ³)	Piroteknik kaya kırıcı maliyeti (TL)	Piroteknik kaya kırıcı işçiliği (TL)	Kırıcı çalışma süresi (h)	Yakıt maliyeti (TL)	Ekskavatör-hidrolik kırıcı bakım maliyeti (TL)	Operatör maliyeti (TL)
D1 (Sol)	732,60	63,00	453,60	28,00	0,019	1736,00	157,36	13,00	1248,00	910,00	231,01
K1 (Sol)	1050,30	110,00	792,00	40,00	0,019	2480,00	224,80	20,00	1920,00	1400,00	355,40
K1 (Sol)	734,40	80,00	576,00	29,00	0,019	1798,00	162,98	13,00	1248,00	910,00	231,01
K2 (Sol)	1293,00	113,40	816,48	36,00	0,014	2232,00	202,32	21,00	2016,00	1470,00	373,17
K2 (Orta)	1271,70	113,40	816,48	35,00	0,014	2170,00	196,70	33,00	3168,00	2310,00	586,41
K2 (Sağ)	1416,00	138,60	997,92	46,00	0,016	2852,00	258,52	30,00	2880,00	2100,00	533,10
K3 (Orta)	1060,00	138,60	1081,08	44,00	0,020	2728,00	247,28	32,00	3072,00	2240,00	568,64
K3 (Sağ)	1607,80	195,30	1523,34	62,00	0,019	3844,00	348,44	34,00	3264,00	2380,00	604,18
K3 (Sağ)	1304,40	182,70	1425,06	58,00	0,020	3596,00	325,96	18,00	1728,00	1260,00	319,86
K3 (Sağ)	1759,70	207,90	1621,62	67,00	0,019	4154,00	376,54	26,00	2496,00	1820,00	462,02
K3 (Sağ)	1564,20	182,70	1425,06	35,00	0,010	2170,00	196,70	30,00	2880,00	2100,00	533,10
K3 (Sağ)	1237,10	138,60	1081,08	44,00	0,018	2728,00	247,28	19,00	1824,00	1330,00	337,63
K3 (Sağ)	1371,80	151,20	1179,36	49,00	0,018	3038,00	275,38	31,00	2976,00	2170,00	550,87
K3 (Sağ)	1264,00	113,40	884,52	34,00	0,013	2108,00	191,08	24,00	2304,00	1680,00	426,48
K3 (Sağ)	1433,80	151,20	1179,36	48,00	0,017	2976,00	269,76	35,00	3360,00	2450,00	621,95
K3 (Sağ)	971,30	107,10	835,38	33,00	0,017	2046,00	185,46	17,00	1632,00	1190,00	302,09
K3 (Sağ)	1154,40	144,90	1130,22	35,00	0,015	2170,00	196,70	16,80	1612,80	1176,00	298,54
K3 (Sağ)	992,80	126,00	982,80	40,00	0,020	2480,00	224,80	21,00	2016,00	1470,00	373,17
K3 (Sağ)	1174,70	124,50	971,10	45,00	0,019	2790,00	252,90	28,00	2688,00	1960,00	497,56
K3 (Sağ)	2442,60	298,80	2330,64	109,00	0,022	6758,00	612,58	60,00	5760,00	4200,00	1066,20
Toplam			22103,10			56854,00	5153,54		50092,80	36526,00	9272,39

Toplam maliyet (TL)	180002
Toplam hacim (m ³)	25836,60
Birim maliyet (TL/m ³)	6,97
Ortalama iş hacmi (m ³ /h)	52,21

Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcının pasa ilerletimindeki maliyet tablosu incelendiğinde; delik delme maliyeti, piroteknik kaya kırıcı maliyeti, gevşetme işçilik maliyeti, hidrolik kırıcının kırma süresi içerisindeki yakıt maliyeti, ekskavatör ve hidrolik kırıcı bakım maliyeti ve operatör maliyeti hesaplanarak ilgili Çizelge oluşturulmuştur. Bu işlemler devam ederken sahadan birçok gözlem yapılmıştır. Sahanın formasyon analizleri çıkarılmıştır. Elde edilen formasyon yapısına göre hangi bölgelerde piroteknik kaya kırıcının daha iyi etki ettiği ve ardından hidrolik kırıcı ile söküm işleminin daha rahat yapıldığı belirlenmiştir. Sert formasyon olarak tanımlanan; koyu bej renkli kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kumtaşı, çört ve yer yer ofiyolit gurubu kayalarla tektonik aralanmalı, çok kıvrım ve kırıklı kaya topluluğunda piroteknik kaya kırıcının etkisi gözle görülecek şekilde artmaktadır. Birincil kırma olarak gerçekleştirilen piroteknik kaya kırıcılardan sonra bu bölgelerde hidrolik kırıcı, ikincil kırma işlemini daha rahatlıkla gerçekleştirmektedir. Fakat bazı yumuşak formasyonlarda yani; açık krem, bej renkli, yer yer çok kırıklı, yer yer masif, yer yer siyah-kahve kılcal damarlı, yer yer koyu renkli lekeli kireçtaşlarında piroteknik kaya kırıcının kayaç içerisindeki oluşturduğu şok etkisini absorbe ederek kayacın içerisindeki mevcut boşluklarda, piroteknik kaya kırıcı malzemenin yanması sonucunda gevşetme işlemlerinin verimi düşmektedir. Bunun sonucunda kırma süresinde düşüş olurken o bölgede maliyet artışına neden olmaktadır. Piroteknik kaya kırıcının birçok versiyonu ve çeşidi bulunmaktadır. Farklı marka piroteknik kaya kırıcılar denenerek doğal taş ocakçılığında pasa ilerletimindeki aksaklıkların çoğunun giderilmesi mümkündür.

Klasik pasa ilerletiminde ise daha önceden de bahsedildiği gibi direkt hidrolik kırıcı ile malzeme kırılarak gerçekleştirilmektedir. Doğal taş sektöründe hemen hemen bütün ocaklarda bu yöntemle pasa ilerletme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Barla Mermer Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti. bünyesinde yer alan Eğirdir bölgesinde ki bej ocağında aylık ortalama olarak 45 bin m³ alan boşaltılmaktadır. Ocak blok verimliliği de % 1-3 arasında değişmektedir. Bu veriler şirketin elinde mevcut olarak bulunan hidrolik kırıcılar sayesinde gerçekleştirilmektedir. Hidrolik kırıcılar hemen hemen şantiyenin her bölgesinde aktif olarak çalışmaktadır. Hidrolik kırıcı ile pasa ilerletiminde maliyet tablosu oluşturulurken; ne kadar büyüklükte alanın pasa olarak boşaltılacağı, hidrolik kırıcının çalışma süreleri, ekskavatörün mazot tüketimi,

ekskavatör ve hidrolik kırıcının bakım maliyetleri ve operatör maliyeti gibi giderler göz önünde bulundurularak bir maliyet tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Hidrolik kırıcı ile pasa ilerletim yönteminin maliyet tablosu

Bölge	Hacim (m ³)	Kırıcı çalışma süresi (h)	Yakıt maliyeti (TL)	Eks.+Kırıcı bakım maliyeti (TL)	Operatör maliyeti (TL)
D1(Orta)	926,10	25,00	2400,00	1750	444,25
D1(Orta)	837,90	27,30	2620,80	1911	485,12
D2(Orta)	1041,00	33,00	3168,00	2310	586,41
K1 (Orta)	693,00	27,40	2630,40	1918	486,90
K3 (Orta)	1350,00	70,00	6720,00	4900	1243,90
K3 (Sağ)	974,00	47,40	4550,40	3318	842,30
K3 (Orta)	1328,60	33,00	3168,00	2310	586,41
K3 (Sol)	929,80	50,50	4848,00	3535	897,39
K3 (Sol)	885,50	22,00	2112,00	1540	390,94
K4 (Orta)	755,80	21,00	2016,00	1470	373,17
K4 (Orta)	807,30	28,00	2688,00	1960	497,56
K4 (Sağ)	815,00	25,40	2438,40	1778	451,36
K4 (Sağ)	991,80	21,00	2016,00	1470	373,17
K4 (Sağ)	904,90	30,00	2880,00	2100	533,10
K5 (Orta)	865,80	25,00	2400,00	1750	444,25
K6 (Sağ)	1207,50	36,00	3456,00	2520	639,72
Toplam			50112	36540	9275,94

Toplam Maliyet (TL)	95927,94
Toplam Hacim (m³)	15314,00
Birim Maliyet (TL/m³)	6,26
Ortalama iş hacmi (m³/h)	31,61

Hidrolik kırıcı ile pasa ilerletimindeki maliyet tablosu incelendiğinde; Hidrolik kırıcının kırma süresi içerisindeki yakıt maliyeti, ekskavatör ve hidrolik kırıcı bakım maliyeti ve ekskavatör operatör maliyeti hesaplanarak bir sonuca varılmıştır. Saha içerisinde yapılan gözlemlerin sonucunda direkt hidrolik kırıcı ile kırılan bölgelerde içi boşluklu yumuşak kayaç olarak tanımlanan yani; açık krem, bej renkli, yer yer çok kırıklı, yer yer masif, yer yer siyah-kahve kılcal damarlı, yer yer koyu renkli lekeli kireçtaşlarında kolaylıkla kırma işlemi gerçekleştirilerek pasa ilerletim işlemi sert formasyonlara nazaran daha rahat ve hızlı ilerlemektedir. Fakat formasyonun sertleştiği yani; koyu bej renkli kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kumtaşı, çört ve yer yer ofiyolit gurubu kayalarla tektonik aralanmalı, çok kıvrım ve kırıklı kaya topluluğunda ise hidrolik kırıcının ve ekskavatörün çok zorlandığı gözlemlenmiştir. Bu tarz bölgelerde iş makinaları daha çok yıprandığı için bakım maliyetleri de artmaktadır.

Barla Mermer Maden San. ve Tic. Ltd. Şti bünyesinde bulunan Bademli 1 ve Bademli 2 ocaklarında toplamda 10 adet ekskavatör bulunmaktadır. Ekskavatörler mermer ocağının işleyişine göre farklı ataşmanlarda kullanılabilmektedirler. Ekskavatörlerin mermer ocaklarında kullandıkları ataşmanlar; hidrolik kırıcı, ripper, kova ve panter'dir. Her iş makinasında olduğu gibi ekskavatörlerinde kullanım ömürleri vardır. Ekskavatörlerin kullanım ömürlerinde etkili olan en önemli parametre, hangi ataşmanlarla ne tarz işler için kullanılacak olmasıdır. Mermer ocaklarında da pasa bölgelerini ilerletmek için genellikle ataşman olarak hidrolik kırıcılar kullanılmaktadır. Tez çalışmasının yürütüldüğü işletmede de aktif olarak gündüz ve gece vardiyasında ortalama 36-40 ton ağırlığında toplam 4 adet hidrolik kırıcı ekskavatör kullanılmaktadır. Bu ekskavatörler aylık ortalama 250 saat çalıştırılmaktadırlar.

İşletmenin bünyesinde yapılan fizibilite çalışmaları sonucunda sürekli olarak ekskavatöre bağlı olarak çalışan hidrolik kırıcı iş makinalarının randımanlı kullanım ömürleri 8000 ile 10000 saat (motor saati) olarak belirlenmiştir. Ekskavatörler bu çalışma saatlerine yaklaşıncı günlük aktif çalışma süreleri azalmakta, arızalar, tamir bakım giderleri, işçilik gibi faktörler artmaktadır. Randımanlı çalışmaya devam edilebilmesi için idame yatırımlarının yapılması gerekmektedir. İdame yatırımında, bir adet 40 tonluk ekskavatör ve bir adet 3 tonluk hidrolik kırıcının toplam maliyeti 800.000 TL ile 850.000 TL civarlarındadır. 9000 saatlik randımanlı kullanım ömürlerini dolduran ekskavatör ve hidrolik kırıcıların hurda bedeli olmaktadır (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13). Hurda bedeli hesabında baz alınan değer düşüşleri; ilk yıl %25, ikinci yıl kalan paranın %15'i, üçüncü ve diğer yıllarda kalan paranın %10'u olarak hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.12. İdame yatırımı için kullanılacak birim kalem tablosu

Birim Kalemler	Birim	Değer
Ekskavatör (40 ton'luk)	TL	700000
Hidrolik kırıcı (3 ton'luk)	TL	100000
Hurda bedeli	TL	220000
Mazot maliyeti	TL/h	96
Randımanlı kullanım ömrü	h	9000
Aylık kullanım süresi	h	270

Çizelge 4.13. İdame yatırım değerleri ve ekskavatörlerin kullanım ömürleri

Yöntem	Hidrolik kırıcının boşalttığı hacim (m ³ /ay)	Hidrolik kırıcının saatlik söküm kapasitesi (m ³ /h)	Ekskavatörün aylık çalışma süresi (h/ay)	Ekskavatör ve hidrolik kırıcının randımanlı kullanım ömrü (h)	Ekskavatör kullanım ömrü (Yıl)	Ekskavatörün kullanım ömründeki toplam harcanan yakıt maliyeti (TL)	İdame yatırım maliyeti (TL)	Hurda bedeli (TL)	Toplam maliyet (TL)	Bir adet yeni ekskavatör alınması için yıllık yatırım miktarı (TL)
Hidrolik kırıcı	8535	31,61	270	9000	2,78	864000	800000	220000	1444000	520000
Piroteknik kaya kırıcı+ Hidrolik kırıcı	8535	52,21	164	9000	4,57	864000	800000	220000	1444000	316000

Barla Mermer Maden San. ve Tic. Ltd. Şti. bünyesinde ki ekskavatörlerin idame yatırım maliyetleri incelendiğinde klasik yöntem olarak belirlenen direkt hidrolik kırıcı ile kırılması işleminde 1 adet hidrolik kırıcı ayda ortalama 8535 m³'lük alan boşaltmaktadır. Burada belirtilmek istenen piroteknik kaya kırıcı ile gevşetme yapıldıktan sonra hidrolik kırıcının pasa temizleme işlemi yaptığında, aynı alanı boşaltmak için ne kadar zaman harcadığı ve idame yatırım süresinin ne kadar değiştiğidir. Direkt hidrolik kırıcının kırma süresi ortalama 31,61 m³/saat olarak belirlenmiştir. Hidrolik kırıcı ile çalışan ekskavatörün randımanlı kullanım ömrü olarak da 9000 saat olarak hesaplanmıştır. Yapılan matematiksel analizler sonucunda idame yatırımının 2,78 yıl sonra yapılması gerektiğinin kararına varılmıştır. Bu süre içerisinde ise harcanan toplam maliyet 1444000 TL'dir. Yani bir adet ekskavatörün 2,78 yıl sonra alınması için senelik 520000 TL'nin gider olarak gösterilmesi gerekmektedir. Piroteknik kaya kırıcı ile gevşetme yapıldıktan sonra hidrolik kırıcının kırma süresi ortalama 52,21 m³/h olarak belirlenmiştir. Hidrolik kırıcı ile çalışan ekskavatörün randımanlı kullanım ömrü olarak da 9000 saat olarak hesaplanmıştır. Yapılan matematiksel analizler sonucunda idame yatırımının 4,57 yıl sonra yapılması gerektiğinin kararına varılmıştır. Bu süre içerisinde ise harcanan toplam maliyet 1444000 TL'dir. Yani bir adet ekskavatörün 4,57 yıl sonra alınması için senelik 316000 TL paranın gider olarak gösterilmesi gerekmektedir.

4.4. Piroteknik kaya kırıcıdan kaynaklı oluşan titreşim ve ses ölçümleri

Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı pasa ilerletiminde piroteknik kaya kırıcı kullanımından kaynaklanan ses ve titreşim değerleri yerinde ölçülmüştür. Bu verileri elde etmede kullanılan titreşim ve ses ölçer cihazı Instantel Minemate Blaster markalı cihazdır. Aynı zamanda sadece ses ölçer cihazı olarak Digital Sound Level Meter Mastech kullanılmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Ses ve titreşim ölçer cihazları

Ses ve titreşim değerlerinin kayıt altına alınmasının nedeni; gevşetme işlemlerinde kullanılan piroteknik kaya kırıcıdan kaynaklı oluşan titreşimin çevreye, binalara ve yerleşim yerlerine etkisini incelemektir. Bu ölçümler gevşetme yapılan bölgeye yaklaşık 5-7 m'lik mesafeden alınmıştır. Şantiye ve diğer yerleşim yerleri gevşetme yapılan bölgeye yaklaşık 700-800 m'dir. İşletmedeki şantiye ve bakımhane bölgelerinde titreşim ölçümü alınmaya çalışılmasına rağmen mesafe çok fazla olduğundan kayıt alınamadığından herhangi bir titreşim değeri elde edilememiştir. Bu nedenle deneme çalışmalarında da mesafe uzak geldiğinden titreşim ve ses değerleri elde edilememiştir. Ancak gevşetme yapılan sahaya 5-7 m'lik mesafeden 2 adet titreşim değeri kayıt altına alınabilmıştır. Delikler arası mesafe 1 m olan gevşetme çalışmalarında titreşim değeri sınır değeri aşmıştır ($> 31,7$ mm/s) (Şekil 4.17). Anlık çıkan ses şiddeti ise 120 dB olarak ölçülmüştür. Delikler arası mesafe 2,5 m olan paternde ise titreşim değeri 16,90 mm/s, ses değeri ise 105 dB olarak ölçülmüştür (Şekil 4.18).

Date/Time Tran at 13:31:33 May 24, 2016
 Trigger Source Geo: 0.310 mm/s, Mic: 130.8 dB(L)
 Range Geo: 31.75 mm/s
 Record Time 7.0 sec (Auto=3Sec) at 2048 sps
 Job Number: 9

Serial Number BE14042 V 8.12-1.0 Minimate Blaster
 Battery Level 5.8 Volts (Battery Low)
 Unit Calibration July 15, 2008 by InstanTel Inc.
 File Name P042GDUD.KL0

Notes

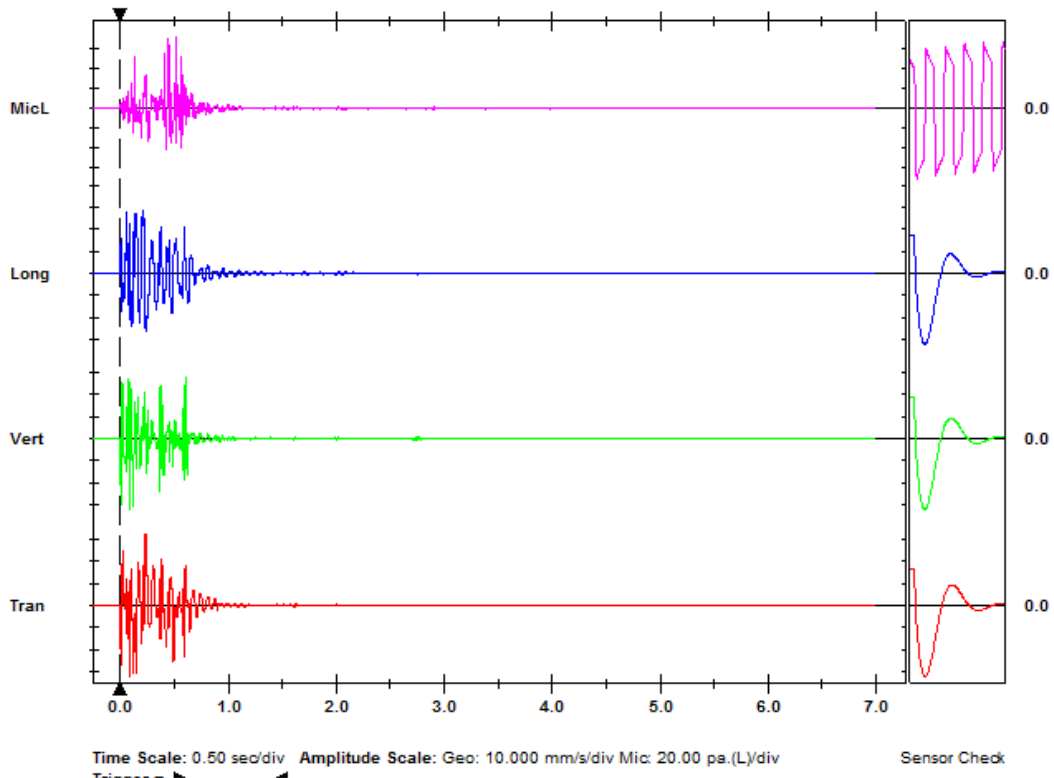
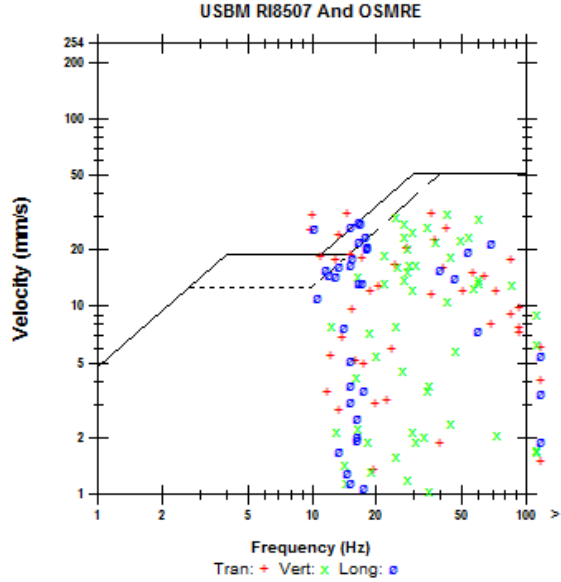
Location:
 Client:
 User Name:
 General:

Extended Notes

Microphone Linear Weighting
 PSPL 131.1 dB(L) at 0.512 sec
 ZC Freq 28 Hz
 Channel Test Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 515 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	***	***	28.18	mm/s
ZC Freq	37	43	16.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.083	0.084	0.206	sec
Peak Acceleration	1.485	3.450	1.475	g
Peak Displacement	0.389	0.154	0.395	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.6	7.5	Hz
Overswing Ratio	3.7	3.7	3.9	

Peak Vector Sum *** mm/s at 0.124 sec
 *** : Out of Range



Şekil 4.17. Delikler arası mesafenin 1 m olduğu piroteknik kaya kırıcı kullanımından kaynaklanan titreşim değerleri

Date/Time: Tran at 13:42:30 February 26, 2017
 Trigger Source: Geo: 0.520 mm/s, Mic: 130.8 dB(L)
 Range: Geo: 254.0 mm/s
 Record Time: 7.0 sec (Auto=3Sec) at 2048 sps
 Job Number: 1000

Serial Number: BE14042 V 8.12-1.0 Minimate Blaster
 Battery Level: 6.0 Volts
 Unit Calibration: July 15, 2008 by InstanTel Inc.
 File Name: __TEMP.EVT

Notes

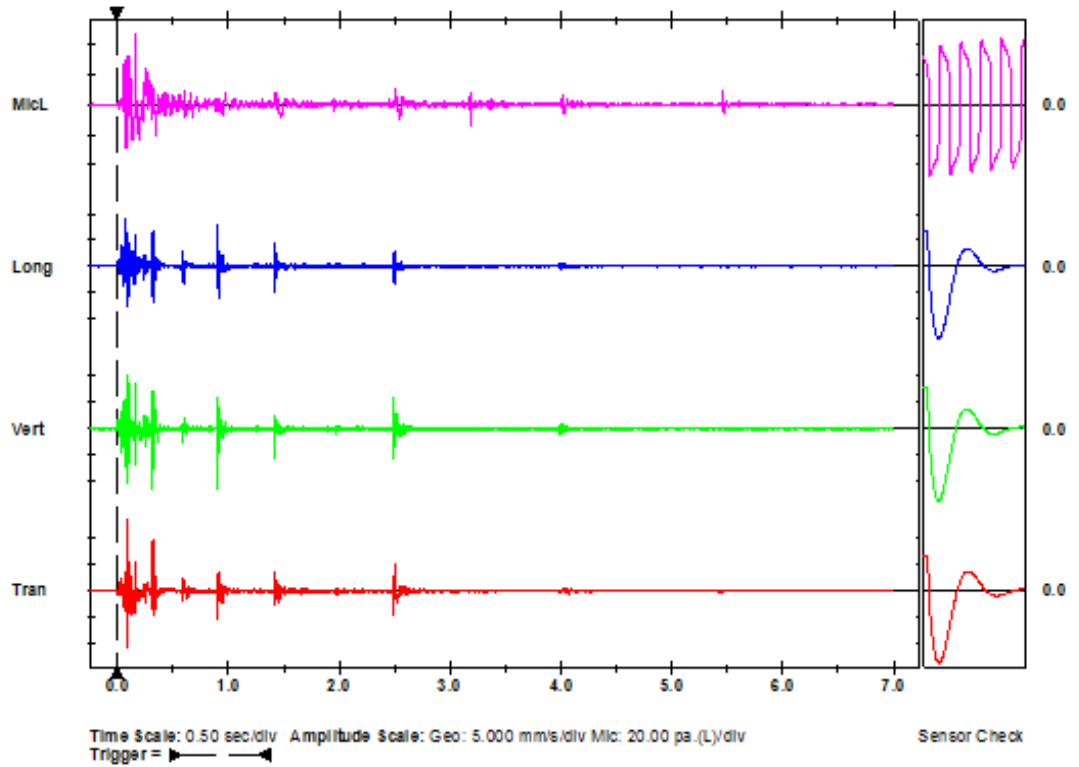
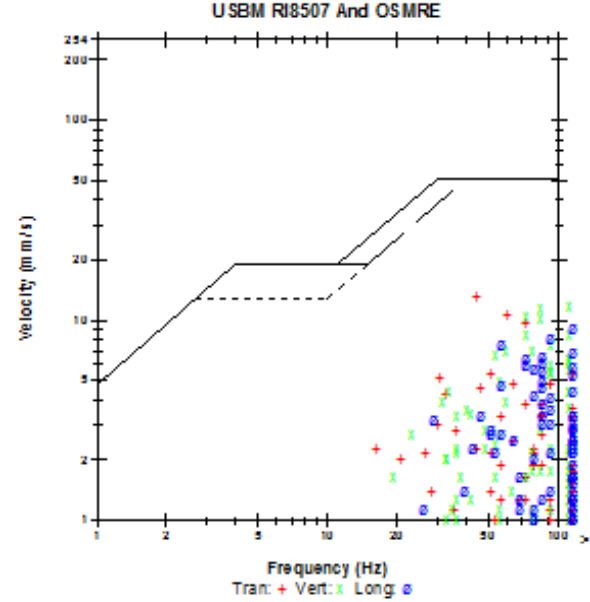
Location:
 Client:
 UserName:
 General:

Extended Notes

Microphone: Linear Weighting
 PSPL: 127.3 dB(L) at 0.160 sec
 ZC Freq: 35 Hz
 Channel Test: Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 532 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	13.33	11.68	9.144	mm/s
ZC Freq	45	128	102	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.085	0.312	0.076	sec
Peak Acceleration	0.981	1.034	0.636	g
Peak Displacement	0.030	0.021	0.016	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.6	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.7	4.0	

Peak Vector Sum: 16.90 mm/s at 0.085 sec



Printed: June 15, 2017 (V 10.72 - 10.72)

Format: 12/95-2014 Xmark Corporation

Şekil 4.18. Delikler arası mesafenin 2,5 m olduğu piroteknik kaya kırıcı kullanımından kaynaklanan titreşim değerleri

Burada titreşim değerinin belirlenmesinin diğer bir nedeni ise pasa olarak ilerletilen bölgede ekonomik değere sahip blok çıkma olasılığına karşın, piroteknik kaya kırıcının kullanıldığı durumlarda meydana gelecek titreşimin maddi değeri olan mermer bloklarına zarar verip vermediğinin kontrolünün yapılması içindir. Bu nedenle gevşetme öncesi ve sonrası aynada görünür çatlaklar kumpas ile ölçülmüştür (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Gevşetme öncesi ve sonrası piroteknik kaya kırıcının kullanılmadığı bölgelerdeki çatlak kontrolü

Yapılan ölçümlerde piroteknik kaya kırıcının kullanımından kaynaklı titreşimlerin en yakın bölgedeki çatlakları etkilemediği belirlenmiştir. Bunun nedeni ise gevşetme yapılan bölgelerin alt ve yan kesimlerinin yapılarak ana kaya ile bağlantıların koparılmasıdır. Diğer bir nedeni ise piroteknik kaya kırıcıların kullanılması ile açığa çıkan basınçlı gazların kayacın içinde bulunan mikro çatlakların içine girerek kesme işlemini gerçekleştirmektedir. Bu işlem sadece piroteknik kaya kırıcıların olduğu bölgelerde gerçekleşmekte olup diğer bölgelere kesinlikle etkisi bulunmamaktadır.

Bu nedenle titreşim ölçüm işlemi gevşetme deliklerinin dibinde yapılmasına rağmen elde edilen değer yaklaşık 16,90 mm/s'dir. Bu değer Anfo vb. patlatmalarında elde edilen titreşim değerleri ile kıyaslandığında oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca Anfo vb. patlatmalarında uzak mesafelerde dahi bulunulduğunda zemin titreşim hareketleri hissedilirken, piroteknik kaya kırıcılarında 20-25 m'lik mesafede dahi herhangi bir zemin titreşim hareketi insanlar tarafından algılanmamıştır. Deneme çalışmaları esnasında mesafeye bağlı olarak ölçülen ses değerleri Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ses ölçüm değerleri

Delikler arası mesafe (m)	Ses ölçüm mesafesi (m)	Ses değeri (dB)
1	15	120
1,5	15	120
2	18	112
2,5	20	105
3	19	103

İş sağlığı ve güvenliği açısından piroteknik kaya kırıcı malzemeler incelendiğinde ise, açık alanda gevşetme işleminin gerçekleşmediği, sadece delik içerisindeki kimyasalın yanma reaksiyonunun meydana geldiği gözlenmiştir. Aynı zamanda yaygın olarak kullanılan patlayıcılarla kıyaslandığında meydana gelen ses ve titreşim değerleri kıyaslanmayacak kadar azdır. Bağlantısı kesilmiş gevşetme alanının içerisinde reaksiyona girmemiş piroteknik kaya kırıcı malzeme kalsa bile hidrolik kırıcı ile kolaylıkla temizlenebilmektedir. Piroteknik kaya kırıcıların kullanıldığı bölgelerdeki mermer ocak içerisinde bulunan elektrik hatlarını, su hatlarını, ocak için elektrik dağıtım panolarını, hava hatlarını veya tel kesme makinalarını alandan kaldırma ve/veya yer değiştirme gereksinimi duymadan gevşetme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Gevşetme esnasında gözlenen taş sıçrama olayının maksimum 10-15 m mesafeye kadar olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Barla Mermer Maden San. ve Tic. Ltd. Şti bünyesinde bulunan Isparta – Eğirdir bölgesindeki Ottoman bej mermer ocak işletmesinde uygulanan iki farklı pasa ilerletim yöntemi; hidrolik kırıcı ve piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı pasa ilerletim yönteminde kullanılan kırıcı ve piroteknik kaya kırıcı kullanımı ile ilgili birim süre, birim maliyet gibi konularda ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, elde edilen saha verileri irdelenerek bu ocağa ait en uygun pasa ilerletim yöntemi tanımlanmaya çalışılmıştır. Pasa ilerleme hızının ve verimliliğinin artırılması, üretim maliyetlerini düşürerek doğrudan işletme kazançlarını etkilemektedir. Ayrıca bu veriler işletmenin bundan sonra yapacağı çalışmalarında, planlamalarında kolaylık sağlayarak veri tabanları oluşturabilecektir. Bu çalışmanın sonucunda pasa ilerletiminde birim maliyet, birim süre, ses ve titreşim değerleri göz önüne alınarak uygulamalarda pratik kullanılabilecek sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, piroteknik kaya kırıcı malzemelerin uygun delik paterninde kullanılması durumunda mermer ocaklarında güvenli bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür. Bej mermer ocağında iki farklı pasa ilerletim yöntemi çalışmalarına göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Pasa ilerletim çalışmaları sonucunda delikler arası mesafe ve pasa olarak ilerletilecek bölgenin boyutları değiştikçe birim maliyet ve birim süreler de değişmektedir. Küçük hacim ve gevşetme delikleri arasındaki mesafenin az olduğu durumlarda hidrolik kırıcı ile söküm daha avantajlı olmaktadır.
- Söküm yapılacak hacimlerin artması durumunda ve gevşetme delikleri arasındaki mesafe arttığında ise piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı yöntemi daha verimli olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, büyük hacimlerin boşaltılması istenildiğinde piroteknik kaya kırıcıların kullanılması durumunda hidrolik kırıcıların çalışma süreleri önemli derecede azalmaktadır.
- Çalışma alanındaki mermer ocağı için en uygun delikler arası mesafe 2 m ile 2,5 m ve dilim kalınlığı ise 1 m olarak belirlenmiştir.
- Piroteknik kaya kırıcı ile pasa alanları gevşetildikten sonra, hidrolik kırıcının birim zamandaki iş hacmi 52,21 m³/h, gevşetme yapılmayan alanlarda ise, 31,61

m³/h. Piroteknik kaya kırıcıların kullanılması ile hidrolik kırıcının söküm kapasitesi yaklaşık % 40 artmıştır.

➤ Piroteknik kaya kırıcı ile pasa alanları gevşetildikten sonra, hidrolik kırıcının birim pasa söküm maliyeti 6,97 TL/m³, gevşetme yapılmayan alanlarda ise, 6,26 TL/m³. Birim maliyetler birbirlerine çok yakın olmasına rağmen, piroteknik kaya kırıcıların kullanılması ile hidrolik kırıcının birim zamandaki iş hacmi daha fazladır. Ayrıca bu piroteknik kaya kırıcı malzemelerin yaygın bir şekilde kullanılması durumunda birim maliyetlerin daha da düşmesi beklenmektedir.

➤ Hidrolik kırıcıların az çalışması sonucunda, arızalar azalmakta, yakıt tüketimi azalmakta, operatör memnuniyeti artmakta ve en önemlisi de aynı pasa alanlarının boşaltılması işlemlerinde paletli ekskavatörlerin ömürleri de artmaktadır.

➤ Piroteknik kaya kırıcı kullanıldığında hidrolik kırıcı ile pasa ilerletiminin yapılması ile yakıt tüketimi azalmakta ve atmosfere salınan egzoz emisyon gazları da azalmaktadır. Bu nedenle Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı uygulamaları çevre dostu bir çalışma yöntemidir.

➤ Yapılan ölçümlerde piroteknik kaya kırıcıların kullanımından kaynaklı titreşimlerin en yakın bölgedeki çatlakları ve ekonomik değere sahip blokları etkilemediği belirlenmiştir.

➤ Titreşim ölçümleri gevşetme deliklerinin 5-7 m mesafede yapılmasına rağmen elde edilen değer yaklaşık 16,90 mm/s'dir. 700-800 m mesafedeki şantiye ve bakımhane bölgesinde ise mesafe çok uzak olduğundan titreşim değeri ölçülememiştir.

➤ Piroteknik kaya kırıcıların kullanılması esnasında mesafeye bağlı olarak ölçülen ses değerleri 103 ile 120 dB arasında değişmektedir.

➤ Meydana gelen ses ve titreşim değerleri mesafeye bağlı değerlendirildiğinde geleneksel patlayıcılar ile kıyaslanamayacak kadar az olduğundan İş sağlığı ve güvenliği açısından oldukça uygundur. Piroteknik kaya kırıcıların kullanılması ile gevşetmenin gerçekleştiği bölgelerde ki mermer ocak içerisinde bulunan elektrik hatlarını, su hatlarını, elektrik dağıtım panolarını, hava hatlarını ve tel kesme makinalarını alandan kaldırma ve/veya yer değiştirme gereksinimi duymadan gevşetme işlemleri gerçekleştirilmektedir.

➤ Piroteknik kaya kırıcılar kullanıldığında 20-25 m'lik mesafede dahi herhangi bir zemin titreşim hareketi insanlar tarafından algılanmamıştır. Ayrıca gevşetme

işlemleri esnasında gözlenen taş sıçrama olayı maksimum 10-15 m mesafeye kadar olduğu gözlemlenmiştir.

➤ Yapılan analizler sonucunda sadece hidrolik kırıcı ile çalışılması durumunda idame yatırımının 2,78 yıl sonra yapılması gerektiği, Piroteknik kaya kırıcı+hidrolik kırıcı ile çalışması durumunda ise, 4,69 yıl sonra yapılması gerektiği belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, piroteknik kaya kırıcıların kullanılması durumunda ekskavatörlerin ömürleri yaklaşık % 40 daha fazla olabilmektedir.

Bu çalışmada verilen rakamsal değerler, yalnızca çalışmanın yapıldığı mermer ocak işletmesine ait olup aynı tür doğal taş işleyen farklı ocaklarda daha farklı rakamsal veriler ve bunlara bağlı olarak yaklaşım değerleri elde edilebilir. Bu açıdan farklı kayaç türlerine uygun gevşetme paternlerinin seçilmesi için teknik elemanlar tarafından bu ölçüm değerleri alınarak, kayaç türlerine uygun gevşetme paterni tasarımları yapılmalıdır.

Mermer ocaklarında pasa ilerletim işlemlerinde piroteknik kaya kırıcı malzemeleri tercih edecek araştırmacılara bir ışık tutması amacıyla, aşağıda özetle bahsedilen öneriler yapılmıştır. Bu çalışmada aynı ocak işletmesinde iki farklı pasa ilerletim yöntemi ele alınmıştır. Yapılan çalışmalarda dilim kalınlığı ve delik çapı sabit tutulmuştur. Ayrıca delik boyu ve piroteknik kaya kırıcı malzeme miktarları belirli oranlarda tutulmaya çalışılmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda farklı dilim kalınlığı, delik boyu ve piroteknik kaya kırıcı malzeme miktarları denenerek en uygun patern tanımlamaları yapılabilir. Ayrıca şaş beş gibi farklı delik geometrileri denenerek gevşetme verimleri araştırılabilir. Benzer bir çalışmanın, farklı bir kayaç yapısı üzerinde, farklı gevşetme paternleri, farklı ekskavatörler ve hidrolik kırıcılar ve değişik marka piroteknik malzeme uygulamaları yapılarak pasa bölgelerindeki gevşetme verimlerini incelemek mümkündür. Bu çalışmada kullanılan Piroteknik kaya kırıcı malzemeler sert kayaç yapılarında daha verimlidir. Bu nedenle piroteknik kaya kırıcı malzeme sınıfında olup ta hem zayıf hem de sert formasyonların gevşetilmesinde daha iyi verim alınabilecek farklı yoğunlukta, farklı sıkılama uygulamaları ve farklı çaplarda diğer model piroteknik kaya kırıcı malzemelerin uygulanması ile daha ekonomik gevşetme çalışmaları yapılabilir.

Piroteknik kaya kırıcı malzemelerin mermer ocaklarında ilk defa kullanılmasına yönelik bu çalışmanın sonuçlarından yalnızca üretici firmalar değil aynı zamanda tüketici grupları da faydalanabilecektir. Böylelikle, yapılan çalışma yalnızca ülkemize katma değer sağlamakla kalmamış aynı zamanda sosyal bir sorumluluğu da yerine getirmemize yardımcı olmuştur.



KAYNAKLAR

- Aksoy, M., Kahriman, A., 2014. Akyol Taş Ocağına Özgün Titreşim Tahmin Formülünün Belirlenmesi. *Yerbilimleri*, 35 (2), 163-174.
- Anonim, 2007. Dokuzuncu Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2007-2013, T.C. Başbakanlık DPT, Ankara.
- Anonim, 2017. EYT TM Patlatma Kartuşları. (<http://piroteknik.weebly.com/index.html>).
- Arpaz, E., 2000. Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 230s.
- Arpaz, E., Ceylanoglu, A., 2001. Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku Ölçümlerinin Değerlendirilmesi için Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS 2001.
- Avunduk, E., Tumac, D., Basyigit, M., Er, S., Copur, H., Balci, C., 2014. Cutting Performance of Chain Saw and Diamond Wire Machines in Beige Marble Quarry. *ISRM International Symposium - 8th Asian Rock Mechanics Symposium, ARMS 2014* pp. 1573-1578.
- Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M., 1998. TKİ Çan Linyit İşletmesinde Patlatmaların Yol Açtığı Çevre Sorunlarının Giderilmesi için Araştırma, Proje Kod No: 97-03-05-01-08, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 100s.
- Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M., 1999. Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Binalar Üzerindeki Etkisi Ve Büyütme Faktörünün Önemi, Türkiye 16. Madencilik Kongresi ve Sergisi, 15- 18 Haziran, Ankara, 25-32s.
- Çelik, D., 2017. Kimyasal Maddeler ve Tehlikeleri, Ünite 3. Atatürk Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü. (<http://www.isgteknikerleri.com/vize-final-butunleme-f18/2-donem-ata-aof-kimyasal-maddeler-ve-tehlikeleri-ders-notlari-t242.html>).
- Çopur, H., 2010. Linear Stone Cutting Tests with Chisel Tools for Identification of Cutting Principles and Predicting Performance of Chain Saw Machines. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 47 (1), pp. 104-120.
- Demirdağ, S., 2001. Mermer İşletmeciliğinde Elmas Telle Kesim Performansının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Doğan, K., 2010. Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin Yönel Değişiminin Araştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (2), Mayıs 2010, pp. 30-43.

- Edizcan A., 2010. Hidrolik Kırıcıların Seçimi ve Çalışma Prensipleri. İş Makineleri Mühendisliği Birliği, İMMB. Aralık 2010, Ankara.
- Enpa Makine, 2017. Madencilik Uygulamalarında Hidrolik Kırıcılar. (<http://www.enpamakina.com.tr/indir/atlas/6.pdf>).
- Erçikdi, B., Kesimal, A., Yılmaz, E., Cihangir, F., 2004. Patlatma Kaynaklı Yersarsıntısı Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (7), Aralık 2004.
- Erkoç, Ö.Y., 1998. Patlama ile Çevreye Verilen Sarsıntılar ve Hasar Kriteri Üzerine Bir Tartışma. 3. Delme ve Patlatma Sempozyumu, pp. 129-139.
- Fourney, W.L., 1993. Mechanisms of Rock Fragmentation by Blasting, Comprehensive Rock Engineering, Vol. 4, ed. J. A. Hudson, Pergamon, London, pp. 39-69.
- Hekimoğlu, O.Z., 2012. Mermer ve Doğal Taş Kesiminde Kullanılan Zincirli Kollu Makinelerinin Kesme Verimliliklerinin Araştırılması. Mersem 2012, 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, 13-15 Aralık 2012, Afyonkarahisar, 569-574.
- İMMİB, 2016. Maden Sektörü İhracatının Genel Değerlendirilmesi, 2016 yılı Maden Sektör Görünümü, İstanbul Maden İhracatçılar Birliği, İstanbul.
- Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., Carcedo, F.J.A., 1995. Drilling and Blasting of Rocks, A. A. Balkema Publishers, Brookfield, ISBN: 90 5410 1997, Rotterdam, 390 p.
- Kahriman, A., Karadoğan, A., Görgün, S., Tuncer, G., 1999. Taş Ocaklarında Patlatmadan Kaynaklanan Yer Sarsıntısının Ölçülmesi ve Analizi, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu'99, İstanbul-1999.
- Kahriman, A., 2004. Analysis of Parameters of Ground Vibrations Produced from Bench Blasting at A Limestone Quarry, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 887–892.
- Kahriman, A., Özer, U., Aksoy, M., Karadoğan, A., Tuncer, G., 2006. Environmental Impacts of Bench Blasting at Hisarcik Boron Open Pit Mine in Turkey, Environ Geol. 50: 1015–1023.
- Kanbir, E.S., ve Özçelik, Y., 2012. Development of Cuttability Charts for A Marble Cutting with Diamond Wire in Quarry. Mersem 2012, 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, 13-15 Aralık 2012, Afyonkarahisar, pp. 345-352.
- Karadoğan, A., Özer, Ü., Kahriman, A., 2012. Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Tahmini İçin Farklı Kayaların Saha Sabitlerinin Belirlenmesi. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 25 (1), pp. 9-23.

- Onur, A.H., Konak, G., Karakuş, D., 2006. Madencilik ve Sanayii Faaliyetleri Sonucu Oluşan Titreşimlerin Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetim Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi, Örnek Uygulama. Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Trabzon/Turkey, pp. 157-165.
- Özcelik, Y., 2008. Development of A Single Diamond Bead Test Machine for Marble Cutting, (IDR) Ind. Diamond Rev. (68) pp. 56-62.
- Özçelik, Y., 1999. Mermercilikte Elmas Tel Kesme Makinelerinin Çalışma Koşullarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 242s.
- Özer, Ü., 2008. Environmental Impacts of Ground Vibration Induced by Blasting at Different Rock Units on The Kadikoy–Kartal Metro Tunnel. Eng. Geo., 100, pp. 82–90.
- Özsarıkamış E., 2015. Piroteknik Kaya Kırıcı Kartuşların Kullanım Alanları ve İlgili Kaya Biriminde Maksimum Parçacık Hızı Tahmini. 8. Delme-Patlatma Sempozyumu. 19-20 Kasım/İstanbul, pp. 139-150.
- Sahari, L.K., 2012. Construction Blasting and Alternative Non-Explosive Rock Breaking Techniques. JURUTERA, June 2012.
- Sarışık, A., ve Sarışık, G., 2010. Efficiency Analysis of Armed-Chained Cutting Machines in Block Production in Travertine Quarries. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy 110 (8), pp. 473-480.
- Sarışık, A., ve Sarışık, G. 2013. Investigation of The Cutting Performance of The Natural Stone Block Production in Quarries with Armed-Chain Cutting Machine. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 227 (6), June 2013, pp. 1291-1301.
- TİM, 2017. İhracat Rakamları, Türkiye İhracatçılar Meclisi, İstanbul.
- TS EN 13755, Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Atmosfer basıncında su emme tayini.
- TS EN 1926, Doğal Taşlar- Deney Metotları- Basınç Dayanımı Tayini.
- TS EN 1936, Doğal Taşlar- Deney Metotları- Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini.
- TS EN 14157, 2005. Doğal taş - Aşınma direncinin tayini.
- TS EN 14579, 2006. Doğal taşlar - Deney metotları - Ses hızı ilerlemesinin tayini.
- TS EN 12372, 2013. Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Yoğun yük altında eğilme dayanımı tayini.

TS 6809, 1989. Mohs sertlik cetveline göre sertlik tayini.

TS EN 15309, 2008. Atıkların ve toprağın nitelendirilmesi - X ışını floresans yöntemi kullanılarak elementel bileşimin tayini.

Writer, S., 2012. Revolutionary Low Impact Rock Breaking Technology. Mining Global, Apr 19.

Yetim, A., 2012. Ar&Ge Bülten 2012 Eylül – Sektörel, İzmir.

Yılmaz, Ö., 2013. Galerilerde Patlatma ile Parçalanma Mekanizmasının Sayısal Yöntemle Modellenmesi ve Arazi Uygulamalarıyla İrdelenmesi. Doktora Tezi. Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Eylül 2013, Zonguldak pp. 405.



ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Afşin GÜNEŞ
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1992
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce, Çince
E-posta : afsin_gunes@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Milli Piyango Anadolu Lisesi, 2010
Lisans : DEU, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği, 2015

Mesleki Deneyim

Türk Maadin A.Ş	07/2012 - 08/2012
Barla Mermer Madencilik A.Ş	06/2013 – 07/2013
Türkiye Taş Kömürleri	07/2013 – 08/2013
Koza Altın İşletmeleri A.Ş	06/2014 – 07/2014
Göltaş Çimanto A.Ş	08/2014 – 09/2014
Tüprag Metal Madencilik	09/2014 – 09/2014
Barla Mermer Madencilik A.Ş	09/2015 – (halen)