

# KAKLIK-DENİZLİ TRAVERTEN OCAĞINDA ZİNCİRLİ KOLLU KESİCİNİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Investigation of Chain Saw Machine Usability in Kaklık (Denizli) Travertine Quarry

Geliş (received) 01 Nisan (April) 2009; Kabul (accepted) 15 Haziran (June) 2009

Liyaddin YEŞİLKAYA (\*)  
Metin ERSOY (\*\*)  
Mustafa Yavuz ÇELİK (\*\*\*)  
Ahmet ÇATALPINAR (\*\*\*\*)

## ÖZET

Traverten, kalsiyum ve bikarbonatça zengin sıcak yeraltı sularının kaynaklar çevresinde oluşturduğu kireçtaşlarıdır. Denizli havzası traverten oluşumları yönünden Türkiye’de ve Dünya’da önemli bir konuma sahiptir. Traverten ocaklarında genellikle elmas tel kesme makineleri ile blok kesimi yapılmaktadır. Bu çalışmada son yıllarda ülkemizde de kullanılmaya başlanan zincirli kollu kesme (ZKK) yönteminin performans analizi yapılmıştır. Yapılan gözlem ve değerlendirmede, travertende bir metrekaare yüzey alanı kesmek için 0,07 soket/m<sup>2</sup> adet soket tüketimi ve kesilen metrekaare yüzey bazında toplam maliyet değerinin ise 10,30 TL/m<sup>2</sup> olarak gerçekleştiği görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Traverten, Elmas Telle Kesme, Zincirli Kollu Kesici, Kesme Performansı

## ABSTRACT

Travertine is limestone that forms where hot ground waters, rich in calcium and bicarbonate, emerge at springs. The Denizli basin is an important region in the sense of travertine formation both in Turkey and the world. Diamond wire cutting method is used widely in the travertine quarries. In this study, cutting performance analysis has been done of the chain saw machine (ZKK) that has been recently put into use in Turkey. Observations and evaluations have shown that the cutting tool wear rate in the quarry is about 0,07 tool/m<sup>2</sup> and the total cost of the operation is 10,30 TL/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** Travertine, Diamond Wire Cutting, Chain Saw Machine, Cutting Performance

---

(\*) Öğr. Gör. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, yesilkay@aku.edu.tr  
(\*\*) Yrd. Doç. Dr. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu. Ali Çetinkaya Kampusü, Afyonkarahisar.  
(\*\*\*) Yrd. Doç. Dr. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu. Ali Çetinkaya Kampusü, Afyonkarahisar.  
(\*\*\*\*) Maden Mühendisi, Şirinevler Mah. M. Akif Ersoy cad. No: 118 Afyonkarahisar

## 1. GİRİŞ

Travertenler, sıcak kaynak sularından doğrudan doğruya kimyasal olayların etkisiyle çökelek oluşturarak meydana gelen karbonatlı kayalardır. Çökeltme olayı bir reaksiyon sonunda meydana gelir. Reaksiyonların oluşabilmesi için belirli bir ısı ve basınç gereklidir. Ayrıca çökeltme ortamındaki suyun çökelecek olan maddenin erimiş haliyle doygunluğa ulaşması gerekir. Yeryüzüne çıkan suların taşıdıkları CO<sub>2</sub> gazının atmosfere karışmasıyla traverten çökeltimi başlar.

Çökeltme sonrası tektonik, aşınma ve iklim faktörleri de travertenler üzerinde bazı değişikliklere neden olmaktadır. Traverten çökeltimi ve sonrasındaki tüm bu değişiklikler traverten mermerciliğini olumlu ya da olumsuz yönde etkilemektedir. Denizli havzası traverten oluşumları yönünden Türkiye'de ve Dünya'da önemli bir bölgedir. Eski ve yeni oluşumların kapladıkları toplam alan 100 km<sup>2</sup> den fazla olup, kalınlıkları 45-50 m'ye kadar ulaşır (Özkul, vd. 2001).

Günümüzde de traverten oluşumları başta Pamukkale olmak üzere bazı alanlarda yer yer devam etmektedir. Denizli havzası traverten mermerciliği açısından önemli bir merkez konumundadır. Eski (yaşlı) travertenlerden işletmeye uygun olanlar mermercilik sektöründe değerlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan traverten ihracatından önemli döviz girdisi sağlanmaktadır. Traverten mermer ocakları Kaklık KB'sında, Belevi, Denizli Çimento Fabrikası çevresi ve Kocabaş dolaylarında yoğunlaşmıştır. Bunun yanında Pamukkale yakınlarında Akköy'de, Yenice'de ve Honaz'ın batısında Emirazizli-Karateke köyleri arasında işletmeye açılmış sahalar bulunmaktadır (Özkul vd, 2001).

Tektonik hareketlerden fazlaca etkilenen ve ana faylara yakın olan bölgelerde, fazla kırıklı yapılar nedeniyle blok verimleri düşük olabilmektedir. Ocakların tektonik özellikleri, travertenlerin renk, yapı ve dokusal özellikteki değişkenlik, blok verimini olumsuz olarak etkileyen özelliklerin başında gelmektedir. Tüm ocaklar, günün teknolojik koşullarına göre tel kesme yöntemini kullanırken uygun özellik taşıyan ocaklarda da zincirli kollu kesicilerle blok üretimi yapılmaktadır. Zincirli kollu kesici makineler, blok verimini

artırmaları, düzgün yüzeyler oluşturmaları, blok kesimi yanı sıra sayılama amacıyla da kullanılabilme gibi avantajları nedeniyle günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir.

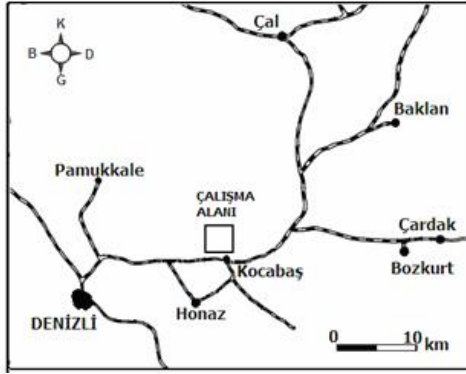
Blok üretiminde kullanılan elmas tel kesme yöntemi hakkında literatürde çok sayıda çalışmaya rastlanmasına rağmen, aynı amaç için kullanılan zincirli kollu kesme makineleri hakkında yapılmış çalışmalara, daha yeni bir yöntem olmasından dolayı, aynı oranda rastlamak mümkün değildir. Bilinen bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir: Önenç ve Demirocak (2003) tabaka duruşlarına göre blok kesim yöntemlerini inceleyerek tabaka kalınlıkları fazla olmayan, sertlikleri 3 - 4 arasında bulunan, albenisi fazla olan kayaların kesimlerinde zincirli kesiciyi kullanmanın iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Çopur vd (2006) Denizli'de bir traverten ocağında blokların düşey ve arka kesimlerinin elmas tel kesme makinesi ile yatay dip kesiminin ise zincirli kollu kesme makinesi ile yapıldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, zincirli kollu kesme makinesinin blok üretim kayıplarının en aza indirildiği bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır. Demirel (2008) mermer ocaklarında kollu zincirli kesme makinesinin uygulanabilirliğini elmas tel kesme makinesi ile karşılaştırarak açıklamıştır. Bu çalışmada ise Denizli havzasında Denizli Çimento Fabrikası çevresi -Kaklık dolaylarındaki- traverten ocaklarında, blok üretiminde kullanılan zincirli kollu kesme makinelerinin kesme performansları incelenerek, mermer ocak işletmeciliğine faydalı olunması amaçlanmıştır.

## 2. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

Denizli il sınırları içerisinde yer alan çalışma alanı, il merkezine yaklaşık 25 km mesafede Kocabaş kasabası kuzeyindedir (Şekil 1). Denizli – Afyon karayolu çalışma alanının güneyinden geçmektedir. Çalışma alanı 1/25000'lik Denizli M22 b3-b4 paftalarında yer almaktadır.

### 2.1. Bölgenin Jeolojik Özellikleri

Ege bölgesinde diri ve normal faylar ile sınırlı doğu-batı uzanımlı Büyük Menderes ile kuzeybatı güneydoğu uzanımlı Gediz grabenlerinin birleştiği bölgede Denizli havzası yer alır. Yaklaşık 50 km.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

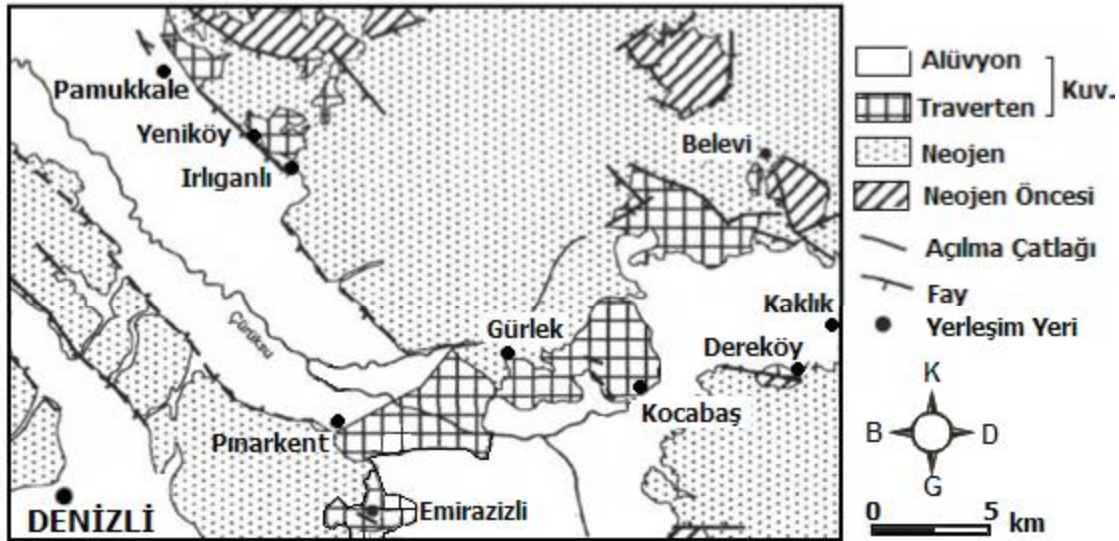
uzunluğunda ve 20 km. genişliğindeki bu havza güneyde ve kuzeyde diri-normal faylar ile sınırlanmıştır. Şekil 2'deki jeolojik haritadan da görüldüğü gibi, Pamukkale bölgesinde dört ayrı jeolojik birim mevcuttur. Bunlar, Neojen öncesine ait mermer ve şist içeren metamorfik kayalar, Neojen yaşlı çakıl taşı, kumtaşı ve kireçtaşı içeren sedimanter kayalar, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve travertenlerdir (Altunel,1996).

olduğu Altunel (1996) tarafından belirtilmiştir. Kaynak suları traverten oluşumu için gerekli iyonları temele ait karbonat kayalardan alır. Fay ve açılma çatlakları boyunca yükselen kaynak sularının oluşturduğu travertenler, Neojen tortul istifinin üzerinde yer alır. Kaklık kuzeybatısındaki ocaklarda travertenler yeşilimsi gri, krem renkli göl bataklık çökelleri ve kırmızımsı kahverengi alüvyal tortullar, eski toprak ve kaba kırıntılı geçici akarsu tortulları ile yanıl ve düşey geçişlidir. Bu bölgedeki travertenler kuzeyden güneye bir seri normal faylarla basamaklı bir yapı kazanmışlardır (Özkul vd., 2002).

## 2.2. Denizli Bölgesi Traverten Ocakları

Denizli bölgesinde traverten üretimi yapılan bölgeler şu şekilde özetlenebilir (Anon (c), 2007):

Honaz ilçesi, Kaklık kasabasının batısında yer alan Ballık boğazı mevkiinde ülkemizin en kaliteli travertenleri üretilmektedir. Ballık



Şekil 2. Denizli travertenlerinin jeoloji haritası (Altunel,1996; Sun, 1999; Özkul vd., 2002'den düzenlenmiştir).

Denizli havzası günümüzden 14 milyon yıl önce Orta Miyosen döneminde KD-GB yönünde açılmaya başlamıştır (Altunel, 1996). Denizli havzasındaki traverten kütleleri tercihli olarak eğim atımlı normal fay parçalarının sıçrama yaptığı alanlarda depolanmıştır (Çakır, 1999). Havzada ilk traverten oluşumlarının yaşı kesin olarak bilinmemekle birlikte Pamukkale'de en yaşlı travertenlerin en az 400.000 yıl yaşında

boğazı havzasında günümüzde 49 ocakta blok traverten üretimi yapılmaktadır. Denizli'nin ikinci önemli traverten havzası olan Pamukkale Akköy civarında renkli traverten üreten 3 ocak bulunmaktadır. Çardak ilçesine bağlı Hayrettin köyü ili Çivril ilçesi civarında yer alan 2 ocakta üretim yapılmaktadır. Yine Çardak ilçesi Saryeri köyü civarında yer alan bir adet traverten ocağından noçe üretimi yapılmaktadır.

Honaz ilçesine bağlı Emirazizli köyü civarında yer alan ve antik çağda işletildiği belirlenen traverten ocaklarını da içine alan havzada üretime devam edilmektedir. Honaz ilçesine bağlı Asağıdağdere köyü civarında yer alan traverten ocağında üretim yapılmaktadır. Akköy ilçesine bağlı Gölemezli kasabası Honalılar boğazında Oniks ve traverten yer almaktadır. Bu ocağın güneyinde yaklaşık 1,5 metre kalınlığındaki şapka şeklinde yer alan traverten ocağında aralıklarla üretim yapılmaktadır.

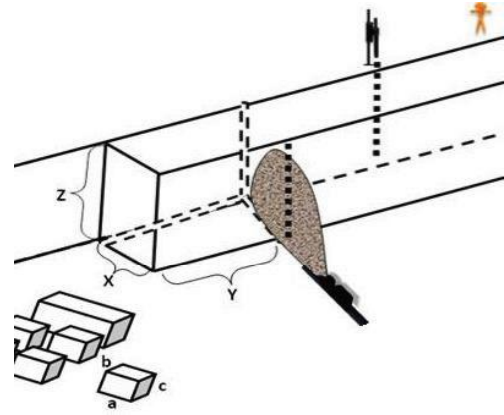
Kaklık Beldesi, Çimento Fabrikası civarında yer alan Ballık Boğazı mevkiinde, Pamukkale Akköy'de, Gölemezli Beldesi Honalılar mevkiinde, Honaz ilçesi Emirazizli ve Asağıdağdere Köyleri ile Çardak ilçesi Hayrettin köyü ve Çameli ilçesi civarında yer alan havzada yaklaşık 60 ocakta blok traverten üretilmektedir.

Denizli bölgesinde en önemli traverten havzası Honaz ilçesine bağlı Kaklık beldesinin batısında yer alan ve Denizli Çimento Fabrikasının da üzerinde kurulu bulunduğu Ballık boğazı mevkiidir. Ballık boğazı traverten havzası, Denizli M22 b1, b2, b3 ve b4 paftalarında yer almaktadır. Traverten havzasının kuzeyini Belevi beldesi ve Karapınar köyü, doğusunu Kaklık ve Kocabaş beldeleri, güneyini Denizli 1. Organize Sanayi Bölgesi ve batısını ise Acidere köyü sınırlamaktadır.

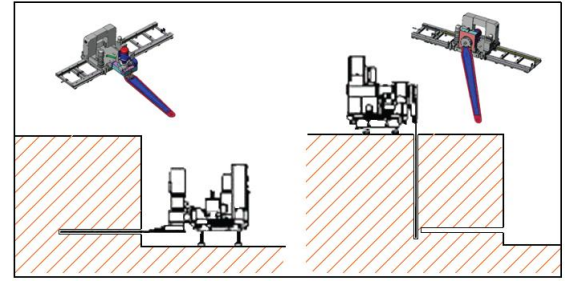
### 3. İNCELEME BÖLGESİNDE UYGULANAN BLOK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Mermer ocak işletmeciliğinde 1985 yılından beri elmas tel kesme makineleri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüz traverten ocaklarında da çoğunlukla elmas tel kesme makineleri kullanılmakla beraber daha yeni bir teknoloji olan zincirli kollu kesme makinelerinin de kullanılması gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Şekil 3 de elmas tel kesme makinasının, Şekil 4 te de zincirli kollu kesme makinasının kesim pozisyonları verilmiştir.

İnceleme bölgesinde iki farklı blok kesme-ayırma yöntemi uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi elmas telle kesme (ETK), ikincisi ise zincirli kollu kesiciyle kesme (ZKK) yöntemleridir.



Şekil 3. Elmas telle kesme makinasının düşey kesim pozisyonu.



Şekil 4. Zincirli kollu kesicinin yatay ve düşey kesim pozisyonları.

ETK üretim noktalarında, tabakaların durumuna göre 10-12 m yükseklikli basamaklar oluşturulmuştur. Basamakların alt, yan ve üst bölgelerinden delikler açılır ve kesilecek kütle için arka ve profil kesimleri yapılır. Tabakaların yüzeye paralel olduğu için zaman zaman alt kesim yapılmaz, alt kesim gerektiği durumda süresizlik düzlemi boyunca delerek ve çatlatarak kütle için ayrılması sağlanır. Kesilen kütle hava yastığı, hidrolik ayırıcı ve iş makineleri yardımıyla olduğu yerde devrilir. Devirme işleminde kayıpların azaltılması amacıyla kütle için devrilme yönüne pası dökülür. Böylece kütle için ancak %15-18 i kullanılabilir blok olarak üretilir (Demirel, 2008).

ZKK üretim noktalarında ise kollu kesme makinesi ile birbirine paralel ve birbirini kesen düşey kesme düzlemleri oluşturulur. Alt kesim ise ETK yönteminde olduğu gibi süresizlik düzlemi boyunca delerek ve çatlatarak serbestleştirilir. Bloğun ana kütle için ayrılması ise iş makineleriyle yapılır. Bu şekilde çalışmada devrilme işlemi olmadığından üretim kayıpları daha az gerçekleşir, daha seri çalışma yapılır (Demirel, 2008). Çalışma bölgesinde kullanılan zincirli kollu kesme makinesinin teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

ETK yönteminin uygulanmasında karşılaşılan zorluklar, hazırlık çalışmalarının (delme, telin deliklerden geçirilmesi vs.) uzun süre alması, zaman zaman tel kısaltma işlemleri için de süre harcanması, operasyon sırasında telin kopması yüzünden beklenmedik kazalara neden olunabilmesi ve kütlenin devrilmesi sırasında kayıpların yüksek olmasıdır. Ayrıca yöntemin güvenli bir şekilde uygulanabilmesi için geniş çalışma alanına ihtiyaç duyulmaktadır.

Travertenlerin kimyasal özellikleri kullanım yerinin belirlenmesinde önemlidir. Travertenlerde  $SiO_2$  ve  $Al_2O_3$  bileşenleri sertliği,  $Fe_2O_3$  bileşeni ise rengi etkiler. Kaklık travertenlerinin esas bileşenini  $CaCO_3$  oluşturmakta olup kimyasal analiz sonucu Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. DEMMAK ZK-3400 Modeli Zincirli Kollu Kesme Makinesinin Teknik Özellikleri (Anon (d), 2009)

Özellik	Değer
Zincir ana hareket motoru	37KW, 50HP
Makine yürüyüş motoru	2,2KW, 3HP
Kol döndürme motoru	2,2KW, 3HP
Hidrolik güç ünitesi motoru	3KW, 4HP
Gres pompası motor gücü	0.37KW, 0,5HP
Toplam motor gücü	45KW, 60HP
Ray boyu	9,1 m
Zincir kol boyu	3,40 m
Kesme kalınlığı	42 mm
Kesme hızı	0-18 cm/dk
Zincir kesme hızı	0-15 m/dk
Makine ağırlığı	8100kg
Su ihtiyacı	20 lt/dk (traverten hariç)

ZKK yönteminin ise hazırlık çalışmalarının daha kısa sürede tamamlanması, üretimin devamlı olması (tel kısaltma vb. işlem yapılmadığından), daha güvenli olması ve küçük ebatlı küteller kesildiğinden Blok/Kütle oranının daha yüksek olması bazı avantajlarıdır (Demirel, 2008).

#### 4. TRAVERTENLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bölgede yer alan travertenler değişik renk ve yapılarda görülmektedir. Traverten yapıları bantlı, bantlı ve intraklastlı, pizolitik, boşluklu, masif ve az boşluklu şeklinde sınıflandırılabilir. Travertenler ana mineral olarak kalsit içermekte olup az miktarlarda aragonit ve demir mineralleri içermektedir. Mikroskop incelemelerinde 100 mikrondan küçük boyutlu spari-kalsit ile mikritik kalsit minerallerinden meydana geldiği izlenmiştir. Ayrıca, örnek içinde boşluklu yapı da gözlenmiştir.

Çizelge 2. Kaklık Beldesi, Kocabaş Bölgesi Travertenlerinin Kimyasal Özellikleri (Anon (b), 2001)

Oksitler	%
CaO	54,55
$SiO_2$	0,26
$Fe_2O_3$	0,32
MgO	0,31
$Al_2O_3$	0
$Na_2O$	0

Travertenlerin mermer olarak kaplama ve döşeme amaçlı kullanılması için TSE 11143 nolu standartlardaki verileri sağlaması gerekmektedir (Anon (a), 1993). İnceleme alanındaki travertenlerin fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kaklık Beldesi, Kocabaş Bölgesi Travertenlerinin Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri (Anon (b), 2001)

Parametre	Değer
Sertlik	4 (mohs)
Birim hacim ağırlığı	2,50 g/cm <sup>3</sup>
Özgül ağırlığı	2,72 g/cm <sup>3</sup>
Atmosfer basıncında su emme	% 1,1 (ağırlıkça)
Kaynar suda su emme	% 1,2 (ağırlıkça)
Porozite	% 2,3
Basınç direnci	570 kgf/cm <sup>2</sup>
Don sonrası basınç direnci	582 kgf/cm <sup>2</sup>
Darbe direnci	11 kgf/cm <sup>2</sup>
Eğilme direnci	108 kgf/cm <sup>2</sup>
Elastite modülü	5,38 x 10 <sup>4</sup> kgf/cm <sup>2</sup>
Doluluk oranı	% 91,9
Gözeneklilik derecesi	% 8,1
Ortalama aşınma direnci	28,7 cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup>
Ortalama çekme direnci	51 kgf/cm <sup>2</sup>

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmalar; yerinde ölçümler, hazırlık süreci, kesme süreci ve diğer süreçler olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Alınan verilerin

doğruluk derecesinin belirlenmesi amacıyla, işletmenin kendi tuttuğu kayıtlar incelenmiş, aradaki farklılıkların nedenleri üzerinde tartışılmıştır. Ayrıca üretici firma verilerinin, nasıl elde edildiği araştırılmış, inceleme koşullarıyla üretici firma deney koşulları arasındaki farklılıklar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak inceleme sırasında alınan verilerin güvenilir olduğuna karar verilmiş ve olduğu şekliyle hesaplamalara geçilmiştir.

### 5.1. Hazırlık süreci

Hazırlık aşamasının ilk adımı, kesme şekli ne olursa olsun çalışma alanının temizliği ve kesme düzlemlerinin belirlenmesidir.

İnceleme konusuna esas olan ZKK makinasının çalıştırıldığı bölgelerde, kol, zincir ve kesici tertibatının kontrol edilmesi, bakla ve soketlerin montajı, makinanın hareket edeceği rayların döşenmesi ve yere sabitlenmesi, enerji tertibatının kurulması, makina ve donanımın üretim noktasına taşınması gibi hazırlık işlemleri yapılır. Yöntemin hazırlık dönemindeki bir başka avantajı da, makinanın traverten kesiminde susuz çalışabilmesinden dolayı su tesisatı kurulmamasıdır. Makina ve donanımın taşınması, yer değiştirmesi faaliyetleri için yükleyici kullanılmış olup hazırlık işlemleri için harcanan süreler de Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. ZKK Yönteminde Hazırlık Sürecinde Harcanan Süreler (Çatalpınar, 2009)

GÖZLEM NO	Çalışma alanının temizlenmesi (dakika)	Kesici takımların hazırlanması (dakika)	Makinanın taşınması ve döşenmesi (dakika)	Rayların taşınması ve döşenmesi (dakika)	Enerji tesisatının yerleştirilmesi (dakika)	Bloğun Sayalama Noktasına Taşınması (dakika)	TOPLAM
1	8	13	20	38	10	10	99
2	5	9	28	44	16	4	106
3	20	11	35	48	25	40	179
4	2	10	18	24	4	5	63
5	10	12	26	28	14	20	110
6	15	13	21	40	4	34	127
7	0	8	26	32	2	3	71
8	6	15	22	30	15	8	96
9	12	10	32	60	21	27	162
10	0	10	25	26	3	13	77
TOPLAM	78	111	253	370	114	164	1090

Çizelge 5. ZKK Makinasında Soket Tüketimi ve Kesim Hızları (Çatalpınar, 2009)

Kesim işlemi	No	Kestiği yüzey		Kümülatif Kesme Yüzeyi (m <sup>2</sup> )	Kesme süresi (sa)	Kesme hızı (m <sup>2</sup> /sa)	Soket Köşesi Kesimleri (m <sup>2</sup> )
		Gün	m <sup>2</sup>				
1		1	36,00	36,00	5	7,20	1. KÖŞE  411,30
2	1	1	31,90	67,90	8	3,99	
3		2	49,30	117,20	4	12,33	
4		3	30,00	147,20	6	5,00	
5		4	55,00	202,20	6	9,17	
6		4	72,50	274,70	9	8,06	
7	2	5	52,20	326,90	7	7,46	
8		6	49,60	376,50	10	4,96	
9		7	34,80	411,30	6	5,80	
10		8	53,32	53,32	5	10,66	2. KÖŞE  542,02
11	3	9	65,10	118,42	7	9,30	
12		9	34,80	153,22	3	11,60	
13		10	49,30	202,52	4	12,33	
14		10	34,80	237,32	5	6,96	
15	4	11	93,00	330,32	11	8,45	
16		12	81,20	411,52	7	11,60	
17		12	27,50	439,02	4	6,88	
18	5	13	55,00	494,02	8	6,88	
19		14	48,00	542,02	8	6,00	
20		15	22,50	22,50	2	11,25	3. KÖŞE  510,05
21	6	16	52,50	75,00	6	8,75	
22		16	52,50	127,50	3	17,50	
23		17	50,00	177,50	9	5,56	
24		18	31,90	209,40	5	6,38	
25	7	19	34,80	244,20	4	8,70	
26		20	31,90	276,10	8	3,99	
27		20	67,20	343,30	6	11,20	
28		21	34,80	378,10	4	8,70	
29	8	21	50,75	428,85	5	10,15	
30		22	81,20	510,05	7	11,60	
31		23	50,00	50,00	4	12,50	4. KÖŞE  414,60
32	9	24	87,00	137,00	6	14,50	
33		24	31,90	168,90	3	10,63	
34		25	58,90	227,80	6	9,82	
35		26	30,00	257,80	5	6,00	
36	10	27	93,00	350,80	12	7,75	
37		28	31,90	382,70	3	10,63	
38		29	31,90	414,60	4	7,98	

## 5.2. Kesme süreci

ZKK işlemi için, inceleme süresi boyunca 123 adet socketin montajı yapılmış olup socketlerin her bir köşesinin ömrünün bitiminde yönü 90° değiştirilmiş ve bir socket grubu dört defa kullanılmıştır. Her bir socket yönü değişiminde kesilen alan ve harcanan süreler gözlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 5'de verilmiştir.

## 5.3. Öteleme ve Diğer Süreçler

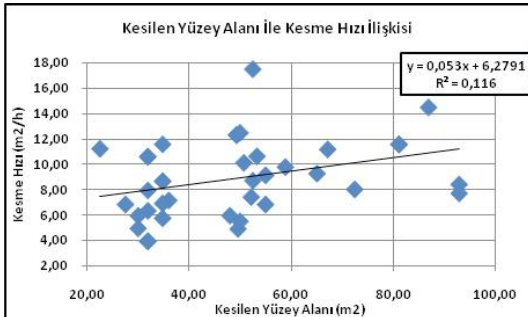
Ocakta yan yüzeyleri serbestleştirilen kütlelerin alt kesimleri, sahadaki süreksizliklerden, ara kesmelerden yararlanılarak kamalarla ve iş makinalarıyla çatlatılmakta ve kütle iş makinası ile olduğu yerden zarar verilmeden alınmaktadır. Bu işlemler için geçen süre, aradaki süreksizlik düzleminin mukavemetine ve bloğun taşınacağı sayalama bölgesine uzaklığına göre değişmektedir.

## 6. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, gözlem ve inceleme sonuçları, kesilen yüzey-kesme hızı ilişkisi, kesici tüketim, hazırlık ve üretim süreçleri, enerji tüketimi, maliyet bakımından değerlendirilmiştir.

### 6.1. Kesilen Yüzey ve Kesme Hızı Arasındaki İlişki

Kesilen yüzey alanı ile kesme hızı arasındaki ilişki Şekil 5'de verilmiştir. Grafikten anlaşılacağı üzere kesilen yüzey ve makinanın birim zamanda kestiği alanlar arasındaki düzenli bir ilişki olmayıp değişim katsayısı da 0,12 civarındadır. Bu farklılığın, gerek makina kullanan operatörün iş deneyimiyle, gerekse kesme alanındaki travertenlerde bulunan safsızlıklarla ilgili olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Kesilen yüzey alanı ve kesme hızı ilişkisi.

Veriler, kümülatif kesme alanı ve kesme hızı bakımından incelendiğinde, socketlerin tüm köşelerinde kesme alanı arttıkça kesme hızının da düştüğü görülmüştür (Şekil 6). Kullanım oranı arttıkça kesme hızının da düşmesinin nedeni, socketlerin ilk montajında kesme köşelerinin dik ve keskin oluşu, ilerleyen aşamalarda ise ovalleşmesi yani kesme köşesinin körelmesidir.

## 6.2. Kesici Tüketimi

Kesmede esas olan birincil tüketim elemanı aşındırıcı (socket) malzemedir. Doğal olarak, aynı fiziko-mekanik özelliklere sahip yüzeyin kesilmesi sırasında kesilen yüzey alanı ile aşındırıcı tüketimi arasındaki ilişki doğrusal artan şekilde olmalıdır.

Kesici malzeme tüketiminde bir diğer etken ZKK makinasının kol boyu ve kütle içine batma derinliği, dolayısıyla kesmede çalışan socket sayısı, kesici grubun kütle içindeki ilerleme ve zincir dönme hızlarıdır. Kol üzerindeki socket sayısı arttıkça birim zamandaki aşındırıcı malzeme tüketiminin azalacağı ve batma derinliği arttıkça da artacağı açıktır.

Kesici grubun kütle içindeki ilerleme hızı da doğrudan kayacın özelliklerine, kolun yapısına ve operatörün tercihine göre değişir. Bu faktör doğrudan kesme hızına yansır. Zincir dönme hızı ise kol ilerleme hızıyla doğru orantılı olmalıdır. Zincir hızı ne kadar yüksekse kol ilerleme hızı da o kadar artırılmalıdır. Bu iki unsurun uyumsuz çalışması, socketlerin gereksiz yere aşınmasına neden olur ve kesilen toplam yüzey alanının olması gerektiğinden daha düşük seviyede kalmasına ya da kesici grubu taşıyan kolun gereğinden fazla gerilmesine neden olur. Bu durum aynı kesme koşulları altında farklı kesme hızları elde edilmesine neden olur. Şekil 6'da görülen dağılımlardan 1 ve 3 no lu socket köşeleri ile çalışmada da bu durumdan kaynaklı bir birinden uzak veriler elde edilmiş ve değişim katsayıları çok küçük hesaplanmıştır.

Gözlemler boyunca ZKK makinasında kol boyunca 123 adet socket kullanılmış ve socketlerin her bir köşesi bitinceye kadar toplam 1877,97 m² kesim yapılmıştır. Böylece bir metrekare kesim için harcanan socketin köşesi, (492/1877,97) 0,26 köşe/m² olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak bir metrekare kesim için, (123/1877,97) 0,07 socket/

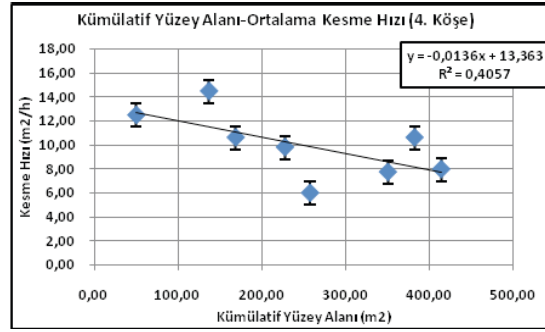
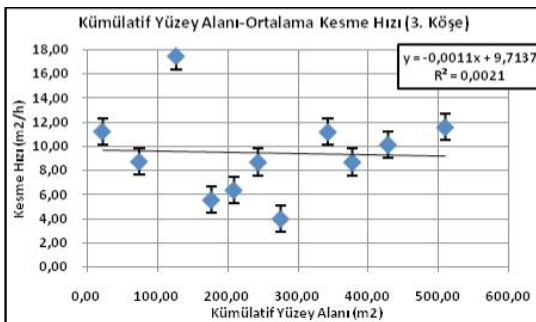
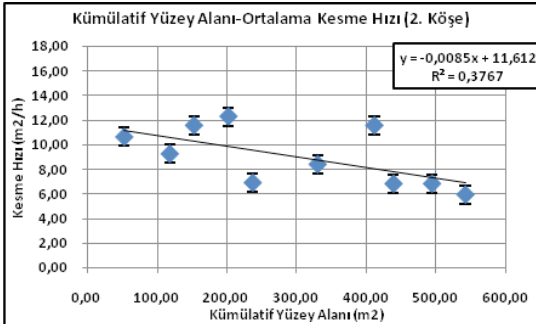
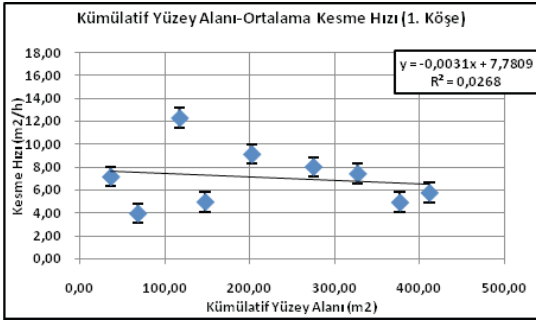


m<sup>2</sup> adet soket gerekecektir. Aşındırıcı bazında yapılan üretim miktarları da 3,82 m<sup>2</sup>/köşe ve 15,27 m<sup>2</sup>/soket olarak hesaplanmıştır.

### 6.3. Hazırlık ve Üretim Süreci

İnceleme süresi boyunca ZKK makinası ile 225 saatte 1877,97 m<sup>2</sup> kesim yapılmış olup kesme hızı, bu iki rakam oranlanarak, ortalama 8,35 m<sup>2</sup>/saat olarak hesaplanmıştır.

Hazırlık ve kesilen blokların sayalama noktasına taşınması aşamasında toplam 18,17 saat harcanmıştır. Böylece toplam üretim süresi 243,17 saat olarak gerçekleşmiştir. Buna göre kesme kapasitesi, (1877,97/243,17) 7,72 m<sup>2</sup>/saat olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 6. Her bir soket köşesi için kümülatif kesilen yüzey alanı ve kesme hızı ilişkisi.

### 6.4. Enerji Tüketimi

ZKK makinası toplam 5 ayrı motordan oluşmakta olup güçleri toplamı 45 kw olmakla birlikte kesme işlemi sırasında, zincir hareket motoru gücü (37 kw), makina yürüyüş motoru (2,2 kw) ve gres pompası motoru (0,37 kw) faaldir. Kol döndürme (2,2 kw) ve hidrolik güç ünitesi motorları (3 kw), makinanın kesime başlaması öncesinde ve bitiminde manevra işlemlerinde kullanılırlar. Motorların performans oranının (cosφ) 0,86, elektrik şebekesinin 3 fazlı ve çalışma geriliminin 380 volt olduğu bilinmektedir. Bu bilgiler ışığında, 20,25 metrelik kesme uzunluğu boyunca 56,7 m<sup>2</sup> lik alan kesilmiş, kesme başlangıcından sonuna kadar çekilen yaklaşık akım miktarları, makina panosundan okunmuştur. P, çekilen güç, V gerilim, I, akım şiddeti, Q, enerji miktarı ve t çalışma süresi olmak üzere, birim zamanda harcanan elektrik enerjisi:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi * 1000$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi * 1000 \quad (1)$$

formülünden, kesme süresince harcanan elektrik enerjisi ise:

$$Q = P * t \quad Q = P * t \quad (2)$$

formülünden hesaplanmış ve Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre, kesim alanı bazında elektrik enerjisi tüketiminin (154,46/56,7) 2,72 kw/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Hazırlık çalışmaları sırasında da 18,17 saat çalışıldığı ve ağırlıklı olarak iş makinası kullanıldığı düşünüldüğünde akaryakıt sarfiyatı da 561 litre olacaktır (iş makinası yakıt tüketimi 30 lt/saat alınmıştır). Böylece ZKK uygulaması

için ise birim enerji tüketimleri 2,72 kw/m<sup>2</sup> elektrik ve 0,30 lt/m<sup>2</sup> akaryakıt olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6 Zincirli kollu kesme makinası elektrik tüketimi

	Süre (saat)	Akım (amper)	Harcanan Enerji (kw)
Kütleye giriş	2,21	32	40,03
Kesme	5,46	36	111,26
Kütleden çıkış	0,20	28	3,17
Toplam	7,87		154,46

### 6.5. Maliyet

Basit şekliyle toplam maliyet, sabit ve değişken giderlerin toplamından oluşur. Üretim miktarına bağlı olmayan sabit maliyetin hesaplanması, ocakta farklı üretim yöntemlerinin uygulanması ve sabit maliyete esas teşkil eden makina ve donanımın diğer üretim bölgelerinde de ortak kullanılması gibi etkenlerden dolayı ancak bazı kabuller yapılarak hesaplanabilir.

ZKK üretim noktasının sabit giderlerinin hesaplanmasında, alt yapı tesislerinin, ocakta yıllardır ETK yöntemi uygulanmasından dolayı amortismanının dolduğu, iş makinasının (yükleyici) da kullanım oranının, ocağın diğer üretim noktalarında da kullanılmasından dolayı, %50 olduğu varsayılmıştır. Amortisman hesaplamalarında, hurda değer "0" ve ekonomik ömür 5 yıl (firma katalogunda 10-15 verilmesine rağmen bu rakam ticaridir) kabul edilerek normal amortisman yöntemi uygulanmıştır. İş makinası bedeli 600.000 TL ve kollu kesici bedeli 180.000 TL olduğundan makina ve donanımın yıllık amortisman payı  $(600.000 \cdot 0,2 + 180.000 \cdot 0,2)$  96.000 TL/yıl dır. İnceleme süresi olan 243,17 saat, yaklaşık 5 haftaya (1,25 ay) karşılık gelmektedir. Buna göre amortismanın inceleme yapılan zaman dilimine karşılık gelen kısmı yaklaşık 10.000 TL dir. İnceleme boyunca 1877,97 m<sup>2</sup> lik iş yapıldığına göre, m<sup>2</sup> bazında sabit giderlerin 5,33 TL/m<sup>2</sup> olarak gerçekleştiği hesaplanabilir.

Ocakta uygulanan ZKK yönteminde ana değişken giderler kalemi kesici soket, elektrik, akaryakıt ve işçiliktir. Kesici soket, elektrik,

akaryakıt tüketimleri ve birim fiyatları ile ilgili bilgiler Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Kesici Soket, Elektrik, Akaryakıt Tüketimleri ve Birim Fiyatları

Cinsi	Birim Fiyatı (TL)	Kullanım Oranı (* / m <sup>2</sup> )	Tutarı (TL/m <sup>2</sup> )
Kesici soket (adet)	9,60	0,07	0,67
Elektrik (kwh)	0,23	2,72	0,63
Akaryakıt (lt)	2,25	0,30	0,68

Yöntemin uygulanabilmesi için gerekli olan minimum işçi sayısı, 1 ZKK makinası operatörü, 1 iş makinası operatörü ve bu makinelerin hazırlanması için görevlendirilen 1 yağcıdan ibarettir. Makina operatörlerinin maliyetleri 1500 TL/ay ve yağcının maliyetinin 750 TL/ay olduğu kabul edilerek, inceleme süresi olan 243,17 saat boyunca yapılan 1877,97 m<sup>2</sup> lik iş için ortalama işçilik gideri,

$$\frac{((1500 + (1500/2) + (750 \cdot 1)) \cdot 1,25)}{1877,97} = 1,997$$
 TL/m<sup>2</sup> (2 TL/m<sup>2</sup>) şeklinde hesaplanabilir.

ZKK makinasının çalıştırılabilmesi için gerekli yedek parça ve diğer donanımların listesi Çizelge 8'de verilmiştir. Yedek parça ve donanım, makinanın ilk yatırımı aşamasında üzerinde bulunmakta ve aylık yapılan düzenli bakımlarda veya makina arızalandığında değiştirilmektedir. Bakım ekibinin verdiği bilgiye göre aylık periyodik bakımların işletmeye maliyeti yaklaşık 1000-2000 TL civarında olmaktadır. Bu bilgi ışığında, periyodik bakım tutarının inceleme süresine katkısının  $\frac{((1000 + 2000)/2) \cdot 1,25}{1877,97}$  1875 TL olacağı hesaplanabilir. m<sup>2</sup> bazında ise yaklaşık 1 TL/m<sup>2</sup> olarak hesaplanabilir.

Tüm veriler ışığında (soket, elektrik, akaryakıt, işçilik, yedek parça) değişken giderler toplamı 4,98 TL/m<sup>2</sup> olarak hesaplanır. Metrekare bazında toplam maliyet değeri ise 10,31 TL/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır (Çizelge 9).

Çizelge 8. ZKK Makinası Donanım ve Yedek Parça Listesi

MALZEME CİNSİ	MİKTARI*	BİRİM FİYATI	TUTARI (TL)
Kater (1, 2, 3, 4, 5s, 5d) (10 ad/m*7.50)	75	22,5	1687,5
Kater (6, 7) (3 ad/m*7.50)	23	27	621
Bakla (13 ad/m*7.50)	98	15	1470
Zincir Gövdesi (13 ad/m*7.50)	98	52,5	5145
Perno Pim (26 ad/m*7.50)	195	6	1170
L Gupilya (26 ad/m*7.50)	195	1,5	292,5
Elmas Cıvatası (16 ad/m*7.50)	120	0,6	72
Kater Cıvatası (13 ad/m*7.50)	98	0,11	10,78
Yağ (1.3 lt/m*7.50)	9,75	7,53	73,42
Zincir muhafaza sac takımı	1	1680	1680
Zincir muhafaza sacı (HARDOX) NO: 1 (4 adet = 2 sağ, 2 sol)	1	23,5	23,5
Zincir muhafaza sacı (HARDOX) NO: 2 (4 adet = 2 sağ, 2 sol)	1	35,25	35,25
Zincir muhafaza sacı (HARDOX) NO: 3 (12 adet)	1	112,5	112,5
Zincir muhafaza sacı (HARDOX) NO: 4 (2 adet)	1	115	115
Zincir sürtünme lama takımı	1	172,5	172,5
Kol sacı	1	10625	10625
Özel rulman	1	15937,5	15937,5
Büyük zincir dişli Z: 12	1	480	480
Küçük zincir dişli Z: 7	1	360	360
<b>TOPLAM</b>			<b>40083,45</b>

\* 3,80 m'lik kol boyunun çevresi 7,50 m'dir.

Çizelge 9. Birim Yüzey Alanı (m<sup>2</sup>) Bazında Giderler

Cinsi	Tutarı (TL/m <sup>2</sup> )
Kesici Soket	0,67
Elektrik	0,63
Akaryakıt	0,68
İşçilik	2,00
Bakım-Yedek parça	1,00
Amortisman	5,33
<b>TOPLAM</b>	<b>10,31</b>

## 7. SONUÇLAR

Ocakta yapılan gözlem ve inceleme sonucunda, uygulanan diğer yöntemdeki gibi hazırlık sürecinde delme işleminin yapılması, kütle önüne pasa yığılması ve işlemde sonra kaldırılması, kütle devrilmesi sırasında kayıpların oluşması, üretim sırasında tel kısaltma, delme vb. gibi üretimi kesikliğe uğratan faaliyetler gibi dezavantajların olmaması ZKK yönteminin en önemli avantajlarından. Ayrıca ZKK yönteminin uygulanan diğer yöntemlere göre, daha emniyetli olduğu ve daha az iş gücü ile uygulanabildiği gözlenmiştir.

Yöntemin uygulanması sırasında, makina operatörünün deneyimi, kesme hızını (Şekil 5) ve

üretim verimini doğrudan etkilemektedir. Bunun yanı sıra soketlerin ilk montajından itibaren kesim yapıldıkça kesim hızlarının düştüğü (Şekil 6) ve kesme alanındaki yabancı mineral varlığının da hıza etki ettiği sonucuna varılmıştır. Üretim kapasitesi bakımından ortalama 7,72 m<sup>2</sup>/saat'lik değer yüksek olmasa da tatminkâr düzeydedir. Üretim kapasitesinin beklenen değerden (10 m<sup>2</sup>/saat'in üzeri) düşük çıkmasının nedeninin, kesim sırasında gerek ortamın nemli oluşundan gerekse malzemenin sertliğinin düşük oluşundan dolayı su kullanılmaması olduğu sonucuna varılmıştır.

Yöntemin uygulanması için gerekecek m<sup>2</sup> bazındaki sabit giderler ve değişken giderler toplamı 10,31 TL/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu veriler de, m<sup>3</sup> cinsinden üretim miktarıyla değerlendirildiğinde, örnek blok için kesilmesi gereken yüzey alanının 2 m<sup>2</sup> olduğu varsayımıyla (bu ocak için), 1 m<sup>3</sup> blok üretmek için ortaya çıkacak marjinal maliyet 20,62 TL/m<sup>3</sup> olarak hesaplanır. Bu rakam, blok satış fiyatı ile karşılaştırıldığında çok düşük bir değerdir.

Sonuç olarak Kaklık-Denizli Traverten Ocağında, gerek blok verimi, gerek ekonomi, gerekse güvenlik açısından ZKK yönteminin verimli bir şekilde uygulandığı söylenebilir.

## KAYNAKLAR

Altunel, E., 1996; "Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşları ve Neotektonik Önemleri", MTA Dergisi, S.118, 47-64, Ankara.

Anon (a), 1993; "TSE 11143, Traverten – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan", TSE, Ankara.

Anon (b), 2001; "Türkiye Doğal Taşları", İ.M.M.İ.B., Mart Matbaacılık, İstanbul.

Anon (c), 2007; "Çevre Durum Raporu", İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Denizli.

Anon (d), 2009; "Demmak Katalogları." Demmak.

Çakır, Z., 1999; "Along - Strike Discontinuity of Active Normal Faults and Its Influence on Quaternary Travertine Deposition: Examples From Western Turkey", Tr. J. of Earth Sciences, 8, 67-80.

Çatalpınar, A., 2009; "Traverten Ocağında (Denizli/Kaklık) Elmas Tel Kesme Makinesi ile Zincirli Kollu Kesici Makinenin Teknik ve Ekonomik Olarak Karşılaştırılması", Bitirme Projesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Yayınlanmamış.

Çopur, H., Balcı, C., Bilgin, N., Tümaç, D., Feridunoğlu, C., Dincer, D. ve Serter, A., 2006; "Cutting Performance of Chain Saws in Quarries and Laboratory", Proceedings of the 15th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, MPES, Torino, Italy.

Demirel, Ş., 2008; "Mermer Ocaklarında Kollu Zincirli Kesme Makinesinin Uygulanabilirliği", I. Ulusal Mermer ve Doğal Taşlar Kongresi, 1-2 Şubat 2008, 187-196, İzmir.

Önenç, D.İ. ve Demirocak, Y., 2003; "Tabaka Duruşlarına Göre Blok Kesim Yöntemlerinin Ocak Mermer İşletmeciliğinde Planlanması ve Ayna Pozisyonlarının Dizaynları", Mersem 2003 Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Editör: M. Ersoy), 277-290, Afyon.

Özkul M., Varol B. ve Alçiçek M.C., 2002; "Denizli Travertenlerinin Petrografik Özellikleri ve Depolanma Ortamları", Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 125, 13-29.

Özkul, M., Alçiçek, M.C., Heybeli, H., Semiz, B., ve Erten, H., 2001; "Denizli Sıcak Su Travertenlerinin Depolanma Özellikleri ve Mermercilik Açısından Değerlendirilmesi", MERSEM 2001, Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 57-72.

Sun, R. S., 1990; "Denizli Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları", Rap., No. 9985, MTA, Ankara, Yayınlanmamış.