

34322

*CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ*  
*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ*  
*MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI*

**BAZI MERMER OCAKLARINDA (ISPARTA—BURDUR—SİVAS)  
İŞLETME SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE ÖNCELİKLI  
KAYA MADDE/KÜTLE ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ  
ARAŞTIRMALARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAZIM GÖRGÜLÜ**

**OCAK—1994  
SİVAS**

**ÖZET**

**ABSTRACT**

**TEŞEKKÜR**

**İÇİNDEKİLER**


**ŞEKİLLER DİZİNİ**

**TABLolar DİZİNİ**

**EKLER DİZİNİ**

1. GİRİŞ
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI
  - 2.1. Mermerin Tanımı
  - 2.2. Mermerlerin Kullanım Alanları ve Bazı Özellikleri
  - 2.3. Mermer İşletme Yöntemleri
  - 2.4. Mermer Sınıflama Sistemleri
  - 2.5. Önceki Çalışmalar
  - 2.6. Tezin Amacı
3. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI
  - 3.1. Genel
  - 3.2. Arazi Çalışmaları
  - 3.3. Laboratuvar Çalışmaları
4. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI SONUÇLARI VE ANALİZİ
  - 4.1. Jeoteknik Tanımlamalar
  - 4.2. Yerinde Deney Sonuçları
  - 4.3. Performans Çalışmaları Sonuçları
  - 4.4. Laboratuvar Deneyleri Sonuçları
  - 4.5. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları Sonuçlarına Göre Mermerlerin Sınıflandırılması
  - 4.6. Arazi ve Laboratuvar Deney Sonuçlarının Birbirleri ile İlişkileri.
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER
6. KAYNAKLAR
7. ÖZGEÇMİŞ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**



BAZI MERMER OCAKLARINDA (ISPARTA-BURDUR-SIVAS)  
IŞLETME SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE ÖNCELİKLİ  
KAYA MADDE/KÜTLE ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ  
ARAŞTIRMALARI

KAZIM GÜRGÜLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

1994

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

34322

CUMHURİYET UNIVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

BAZI MERMER OCAKLARINDA (İSPARTA-BURDUR-SİVAS)  
İŞLETME SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE ÖNCELİKLİ  
KAYA MADDE/KÜTLE ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ  
ARAŞTIRMALARI

KAZIM GÖRGÜLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

---

Atilla CEYLANOĞLU

---

Maden Müh. Bölümü, Y.Doç.Dr

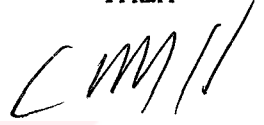


FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU MÜDÜRLÜĞÜ'NE

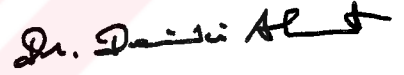
Bu çalışma, jürimiz tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İMZA

Başkan : Prof.Dr. Mehmet CANBAZOĞLU



Üye : Prof.Dr. Ahmet DEMİRCİ



Üye : Y.Doç.Dr. Atilla CEYLANOĞLU



ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

02.02/ 1994

FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU MÜDÜRÜ

Prof.Dr. Fuat UNDER



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.U. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü 'nce hazırlanan ve yayınlanan "Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu" adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesi ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları

Kazım GÖRGÜLÜ

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Y.Doç.Dr. Atilla CEYLANOĞLU

Ocak 1994, 95 sayfa

Isparta, Burdur ve Sivas yörelerinde yer alan altı değişik mermer sahasında gerçekleştirilen bu çalışmada, mermer işletme sistemlerinin incelenmesi ve bazı mermer madde/kütle özelliklerinin bu sistemlerle ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Konu ile ilgili literatür çalışmaları derlendikten sonra, kapsamlı bir arazi çalışması yapılarak delme ve kesme işlemleri incelenmiş ve iş makinalarının performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bahis konusu mermerler arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre sınıflandırılmışlardır.

Arazi ve laboratuvar sonuçları arasında regresyon analizleri ile ilişkiler araştırılmış ve kabul edilebilir yüksek korelasyonlu sonuçlar bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler : Mermer madde ve kütle özellikleri, mermer işletme yöntemleri, sınıflama sistemleri, performans ölçüm.

## ABSTRACT

M. Sc. Thesis

Investigation of Some Marble Quarries (Isparta-Burdur-Sivas) Production Systems and Studies on Essential Rock Material/Mass Properties to Establish Relations with These Systems

Kazım GÖRGÜLÜ

Cumhuriyet University  
Graduate School of Natural  
and Applied Sciences  
Department of Mining Engineering

Supervisor : Assoc.Prof.Dr. Atilla CEYLANOĞLU

January 1994, 95 pages

In this study, it is aimed to establish relations between rock material/mass properties and production systems of six different marble quarries which are located in Isparta-Burdur-Sivas regions. After an extensive literature survey on this subject, a detailed field study on drilling, cutting operations and performance measurement of operating machines, regarding geotechnical parameters of formations, have been carried out. Marbles of these sites are classified according to the results obtained from field and laboratory studies.

Regression analysis has been done to establish relations between field and laboratory results and acceptable high correlation coefficients have been found.

Key words : Marble material and mass properties, marble production systems, classification systems, performance measurement



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında yaptığı yardım ve katkılarından dolayı danışmanım Sayın Y.Doç.Dr. Atilla CEYLANOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca destekleri için C.U. Müh. Fak. Dekanı Sayın Prof.Dr. Mehmet CANBAZOĞLU'na ve Maden Müh. Böl. Bşk. Sayın Prof.Dr. Ahmet DEMİRCİ'ye teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasındaki ilgilerinden dolayı Modülmer San. ve Tic A.Ş. sahipleri ve personeli ile değerli meslektaşım Maden Müh. Süleyman ŞABANİ'ye , Gölmer Ltd. Şti'nin sahibi Sayın Abdullah BİLGİÇ ve çalışanlarına, SIVMER'in sahiplerinden Sayın H. Yusuf YILMAZYAVUZ'a, Emmioglu Mermer çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar ve büro çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı araştırma görevlileri Ercan ARPAZ, Y.Selim DURUTURK, Salih YÜKSEK, Onder UYSAL ve tüm bölüm personeline teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
TABLolar DİZİNİ .....	x
EKLER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	2
2.1. Mermerin Tanımı .....	2
2.1.1. Sedimanter Tip Mermerler .....	2
2.1.2. Başkalaşım Tipi Mermerler .....	3
2.1.3. Çökelme Tipi Mermerler .....	4
2.1.4. Magmatik Kökenli Mermerler .....	5
2.2. Mermerlerin Kullanım Alanları ve Bazı Özellikleri.....	6
2.3. Mermer İşletme Yöntemleri .....	9
2.3.1. Açık Ocak Mermer İşletme Yöntemleri .....	10
2.3.1.1. Patlayıcı Maddelerle Mermer Üretimi .	10
2.3.1.2. Kamalama Yöntemi ile Mermer Üretimi .	11
2.3.1.3. Helezoni Tel (Tel Testere) ile Mermer Üretimi .....	15
2.3.1.3.1. Helezoni Çelik Tel Halat .....	16
2.3.1.3.2. Kuvars Kumu ve Su .....	16
2.3.1.3.3. Makaralar .....	16
2.3.1.3.4. Tahrik Ünitesi .....	18
2.3.1.3.5. Gergi Mekanizması .....	18
2.3.1.3.6. Delici Makina .....	18
2.3.1.3.7. Helezoni Çelik Tel Halat Sisteminin Çalışması .....	18

2.3.1.4. Elmaslı Tel Testere ile Mermer	
Uretimi .....	20
2.3.1.4.1. Elmaslı Tel Testere .....	20
2.3.1.4.2. Tahrik Unitesi .....	22
2.3.1.4.3. Delici Makinalar .....	23
2.3.1.4.4. Yardımcı Ekipman.....	23
2.3.1.4.5. Elmaslı Tel Testere	
Sisteminin Çalışması .....	23
2.3.1.5. Zincirli Kesiciler ile Mermer Uretimi	25
2.3.1.5.1. Tahrik Unitesi ve Raylar .....	25
2.3.1.5.2. Kesiciler .....	26
2.3.1.5.3. Yardımcı Ekipman .....	26
2.3.1.5.4. Zincirli Kesici Makinalarla	
Kesme Sisteminin Uygulanması...	26
2.3.1.6. Elmas Diskli Kesici Makinalarla	
Mermer Uretimi .....	28
2.3.1.7. Alevle Kesme (Rock-jet, Termal Ok)....	29
2.3.1.8. Basınçlı Su ile Mermer Uretimi .....	30
2.3.2. Yeraltı Mermer İşletme Metodu .....	31
2.4. Mermer Sınıflama Sistemleri .....	33
2.4.1. Renk Özelliklerine Göre Mermer	
Sınıflaması .....	33
2.4.2. Ayrışma Derecesine Göre Sınıflama .....	34
2.4.3. Kristal Boyutlarına Göre Mermer	
Sınıflaması .....	34
2.4.4. İşlenme Özelliği ve Jeolojik Kusurlara	
Göre Mermer Sınıflaması .....	35
2.4.5. Tek Eksenli Basma Dayanımına Göre	
Sınıflama .....	35
2.4.6. Modülüs Oranına Göre Sınıflama .....	36
2.4.7. Schmidt Çekici Değerine Göre Sınıflama ...	36
2.4.8. Suda Dağılıma Dayanım İndeksine Göre	
Sınıflama .....	37

2.4.9. Kaya Kalitesi Belirtecine (RQD) Göre Sınıflama .....	37
2.4.10. Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi (RMR) .....	38
2.5. Unceki Çalışmalar .....	40
2.6. Tezin Amacı .....	43
3. ARAZI VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI .....	44
3.1. Genel .....	44
3.2. Arazi Çalışmaları .....	45
3.2.1. Ekipman Durumu ve Üretim Kapasitesi .....	46
3.2.2. Jeoteknik Tanım .....	48
3.2.3. Yerinde Yapılan Deneyler .....	49
3.2.4. Performans Çalışmaları .....	50
3.3. Laboratuvar Çalışmaları .....	50
4. ARAZI VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI SONUÇLARI VE ANALIZİ .....	51
4.1. Jeoteknik Tanımlamalar .....	51
4.2. Yerinde Deney Sonuçları .....	57
4.3. Performans Çalışmaları Sonuçları .....	58
4.4. Laboratuvar Deneyleri Sonuçları .....	59
4.5. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları Sonuçlarına Göre Mermerlerin Sınıflandırılması .....	60
4.5.1. Renk Özelliklerine Göre Sınıflama .....	60
4.5.2. Tek Eksenli Basma Dayanımlarına Göre Sınıflama .....	60
4.5.3. İşlenme Özelliği ve Jeolojik Kusurlara Göre Sınıflama .....	61
4.5.4. Schmidt Çekici Değerlerine Göre Sınıflama .....	61
4.5.5. Suda Dağılma Dayanımına Göre Sınıflama ...	61
4.5.6. Kaya Kalitesi Belirtecine (RQD) Göre Sınıflama .....	62

4.5.7. Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflama	
Sistemine (RMR) Göre Değerlendirme .....	62
4.5.8. Modülüs Oranına Göre Sınıflama .....	63
4.6. Arazi ve Laboratuvar Deney Sonuçlarının	
Birbirleri İle İlişkileri .....	63
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	67
6. KAYNAKLAR .....	71



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kamalama yöntemi (Ersoy, 1991) .....	13
Şekil 2. Bir hidrolik iticiyle mermer bloğunun yerinden çıkarılması (Pellegrini Mec. s.p.a., Italy) .....	13
Şekil 3. Hava yastıkları ile mermer bloklarının yerlerinden çıkarılması (Pellegrini Mec. s.p.a., Italy) .....	14
Şekil 4. Kamalama yönteminde uygulama sırası (Tunç, 1985) .....	15
Şekil 5. Makaralar (Ersoy, 1991) .....	17
Şekil 6. Tel testeresi ile üretim yönteminin şematik görünümü (Vardar, 1972) .....	19
Şekil 7. Elmaslı tel testerenin dizilimi (Urhan, Şişman, 1992) .....	20
Şekil 8. Elmaslı tel testere bağlantı elemanları (Urhan, Şişman, 1992) .....	22
Şekil 9. Elmaslı telle kesme sisteminin uygulanışı (Pellegrini Mec. s.p.a., Italy) .....	24
Şekil 10. Zincirli kesici makinalarla mermer üretim sistemi (Tunç, 1985) .....	27
Şekil 11. Elmas diskli kesici makina (Pellegrini Mec. s.p.a., Italy) .....	28
Şekil 12. Alevle kesme (Pellegrini Mec. s.p.a., Italy) .	29
Şekil 13. Bir granit ocağında basınçlı su ile blok üretimi (Ciccu, 1993) .....	30
Şekil 14. Bir yeraltı mermer ocağı (Korfmann masch. katologu) .....	31
Şekil 15. Ortalama süreksizlik aralığı ile RQD arasındaki ilişki (Bieniawski, 1989) .....	38
Şekil 16. Elmaslı tel testerele ile üretimde kesme geometrisi-kesme hızı ilişkisi (Berry, P. ve arkadaşları, 1989) .....	40

Şekil 17. Deneyler sırasında ölçülen ve 3 nolu regresyon denklemi ile bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki (Unver, 1992) .....	41
Şekil 18. Deneyler sırasında ölçülen ve 4 nolu regresyon denklemi ile bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki (Unver, 1992) .....	42
Şekil 19. ALPHA 840 tipi Benetti elmaslı tel kesme makinası (Isparta-Modülmer A.Ő., 1993) .....	47
Şekil 20. HDM/025 tipi Benetti sondaj makinası (Isparta-Modülmer A.Ő., 1993).....	48
Şekil 21. Sivas-Geynik mermer ocağı üretim basamağı ...	51
Şekil 22. Sivas-Çırçır mermer ocağı üretim basamağı ...	52
Şekil 23. Sivas-Sıcak Çermik Oniks Mermer Ocağı .....	54
Şekil 24. Burdur (Karamanlı) beğ mermeri ocağı üretim basamağı .....	55
Şekil 25. Isparta (Büyük Gökçeli) beğ mermeri ocağı üretim basamağı .....	57
Şekil 26. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basma dayanımı arasındaki ilişki .....	64
Şekil 27. Schmidt çekici sertliği ve kohezyon arasındaki ilişki .....	64
Şekil 28. Tek eksenli basma dayanımı ve kohezyon arasındaki ilişki .....	65
Şekil 29. Tek eksenli basma dayanımı ve endirekt çekme dayanımı arasındaki ilişki .....	65
Şekil 30. Kohezyon ve endirekt çekme dayanımı arasındaki ilişki .....	66
Şekil 31. Tek eksenli basma dayanımı ve nokta yükü dayanımı arasındaki ilişki .....	66

## TABLolar DIZINI

Tablo 1. Kaplama Taşlarının Renklerine Göre Sınıflanması (Güleç, 1980) .....	33
Tablo 2. Kaya Ayrışma Sınıflandırması (I.S.R.M., 1979)..	34
Tablo 3. Mermerlerin Kristal Boyutlarına Göre Sınıflandırılması (Güleç, 1980) .....	35
Tablo 4. Mermerlerin İşlenme Niteliği ve Jeolojik Kusurlara Göre Sınıflanması (Güleç, 1980).....	35
Tablo 5. Mermerlerin Tek Eksenli Basınç Dayanımına Göre Sınıflandırılması (I.S.R.M., 1979) .....	36
Tablo 6. Schmidt Çekici Değerlerine Göre Kaya Sertlik Tanımı (I.S.R.M., 1978) .....	36
Tablo 7. Suda Dağılma Dayanım Değerlerine Göre Kaya Sınıflaması (Gamble, 1971) .....	37
Tablo 8. RQD'ye Göre Kaya Sınıflaması (Deere, 1964) ...	38
Tablo 9. Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflaması (Bieniawski, 1973) .....	39
Tablo 10. Çalışılan Mermer Sahaları .....	44
Tablo 11. Yerinde Deney Sonuçları .....	58
Tablo 12. Delme Performansı Ölçüm Sonuçları .....	58
Tablo 13. Kesme Performans Ölçüm Sonuçları .....	59
Tablo 14. Kaya Mekanik Laboratuvar Deneyleri Sonuçları .....	60
Tablo 15. Tek Eksenli Basma Dayanımı Değerleri ve Mermer Sınıfları .....	61
Tablo 16. Schmidt Çekici Değerlerine Göre Sertlik Sınıflaması .....	61
Tablo 17. RQD'ye Göre Mermer Sınıflaması .....	62
Tablo 18. Temel RMR'a Göre Mermer Sınıflaması .....	62



## EKLER DIZINI

- Ek 1. Çalışılan Mermer Sahalarının Yerlerini Gösteren Harita
- Ek 2. Jeoteknik ve Performans Çalışmaları Bilgi Formu
- Ek 3. Elmaslı Tel Kesme Makinası Tanıtım Kartı
- Ek 4. Delme Makinası Tanıtım Kartı
- Ek 5. Performans Ölçüm Tablosu
- Ek 6. Delme Makinası Performans Veri Tablosu
- Ek 7. Süreksizliklerin Pürüzlülük Sınıflaması (I.S.R.M., 1978)
- Ek 8. Tek Eksenli Deformabilite Deney Raporları ve Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri

## 1. GİRİŞ

Uygarlıkların gelişimine paralel olarak mermer kullanımı, bunun doğal sonucu olarak da mermer işletmeciliği madencilik sektörünün en önemli alanlarından biri durumundadır. Son yıllarda, bu önem giderek artmış olup, mermer sektörü üretici ülkeler açısından önemli bir milli gelir kaynağı halini almıştır. Ülkemizde tespit edilmiş mermer rezervleri, jeolojik ve tektonik yapısı ile Dünya çapında önemli bir potansiyele sahip bulunmaktadır.

Mermer ihracatımız, maden sektöründe birinci sıraya yükselirken, tüm sektörler bazında da her yıl ilk üç sırada yer almasına rağmen Dünya pazarındaki payımız oldukça düşük bir durumda gözükmektedir. Buna paralel olarak mermer işletmeciliğimiz de, optimum işletme parametrelerinin belirlenememiş olması ve teknolojik gelişmelerin etkin bir şekilde kullanılamaması nedeniyle istenilen düzeye getirilememektedir. Bunun sonucu olarak da çok yüksek miktarlarda dövizlerle alınan iş makinalarının çoğu işletmelerde atıl olarak durmaktadır.

Bu kapsamda altı adet mermer sahasında (Isparta-Burdur-Sivas) işletme sistemlerinin incelenmesi ve bazı mermer madde/kütle özellikleri ile ilişkilendirilebilmesi amacıyla beş bölüm halinde sunulan bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın 2.Bölümünde, mermerlerin tanıtımı, mermer işletme yöntemleri, mermer sınıflama sistemleri ve önceki çalışmalar gibi genel konularda, literatür araştırmalarına yer verilmiştir. Çalışılan sahalarda hakkında genel bilgilerle arazi ve laboratuvar çalışma yöntemleri 3.Bölümde anlatılmıştır. 4.Bölümde arazi ve laboratuvar çalışmalarının sonuçları ve analizi yapılmıştır. Son Bölümde ise sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1. Mermerin Tanımı

Mermer; "Kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesiyle oluşan metamorfik kayaç" olarak (petrografik) tanımlanmaktadır.

Ticari anlamda ise mermer tanımlaması çok geniş bir kapsam taşımaktadır. Blok verebilen, kesilerek cilalanıp parlatılabilen, dayanıklı ve göze hoş görünen her türlü taş (magmatik, metamorfik, sedimanter) mermer olarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir. Ürnegin iyi cila kabul eden kalkerler, tektonik breşler ve pudingler, traverten ve oniks mermerlerinden başka granit, diabaz, lösitli siyenit ve serpantinitler gibi magmatik kayaçlar da bu nedenle mermer deyimi içerisine girmektedirler. Bununla beraber mermerlerin değerlendirilmesinde jeolojik, mineralojik, petrografik, yapısal ve jeomekanik unsurlar ile teknolojik özellikler etkilidir (Öztürk, 1987).

Günümüzde mermerler ve mermer olarak kabul edilen taşları dört ana grupta toplamak mümkün olmaktadır.

- i. Sedimanter tip mermerler.
- ii. Başkalaşım tipi mermerler.
- iii. Çökelme tipi mermerler.
- iv. Magmatik kökenli mermerler.

#### 2.1.1. Sedimanter Tip Mermerler

Kalkerler, kireçtaşları tektonik breşler ve pudingler bu guruba girmektedir.

Kalkerler, kimyasal çökelme veya kalkerli organik artıkların çökmesi sonucu oluşmaktadırlar. Bileşiminde %90'dan fazla kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) bulunduran kütlelere genel olarak kalker adı verilmektedir. Kalkerler bazen az miktarda magnezyum karbonat'da ( $\text{MgCO}_3$ ) içerebilmektedirler. Kimyasal bileşiminde %10'dan fazla  $\text{MgCO}_3$  bulunan kalkerlere dolomitik kalker adı verilmektedir. Kalkerlerin içindeki kalsiyum karbonat genellikle

şekilsiz olmaktadır. Ayrıca yapılarında grafit, kil, demir, manganez ve çeşitli mineral oksitler bulunabilmektedir. Bazı cinslerinde fosillere de rastlanabilmektedir. Hakiki mermerlerde fosillere rastlamak mümkün olamamaktadır. Kalkerler bileşimindeki ikincil maddelere, dokularına, görünüşlerine ve içindeki fosillere göre isimlendirilmektedirler (Erguvanlı, 1983).

Çapları 2 mm'den büyük olan çakılların doğal bir çimento ile birleşmesinden oluşan taşlara konglomera denilmektedir. Konglomeralarda çakılların çapları, bileşimi, sertlikleri ve çimento maddesinin özellikleri farklı olabilmektedir. Konglomeraların mermer olarak kullanılabilmesi için çakıl aralarının tamamen çimento malzemesi ile dolu olması ve çimentoyla çakılın yaklaşık aynı sertlikte olması gerekmektedir. Doğal bir çimento maddesi ile bağlanan bu çakıllar köşeli olursa taş breş adını almaktadır. Konglomeralarda aranan özellikler breşler için de geçerlidir (M.T.A., 1966).

#### 2.1.2. Başkalaşım Tipi Mermerler

Başkalaşım tipi mermerlere hakiki mermerler denilmektedir. Hakiki mermerler; kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesiyle oluşan metamorfik kayalar olarak tanımlanmaktadır. Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat, daha düşük oranda magnezyum karbonat, yatağın oluşumuna bağlı olarak silis mineralleri ve mineral oksitleri içermektedir. Kalsiyum karbonat kristallerinden oluşanlarda genellikle %95-96 oranında kalsit ve değişik oranlarda silis, silikat, feldspat, demir oksit, mangan oksit, florit ve organik maddelerde bulunabilmektedir (Arıkan, 1968).

Mermerlerin sertliği 3 Mohr civarında olup, rengi bileşiminde bulunan kalsiyum karbonattan ötürü beyazdır. Fakat yukarıda bahsedilen yabancı maddeler mermerlerin sertliğine ve rengine etki ederek çeşitlenmesine neden olmaktadır. Mermerlerin bünyelerinde genellikle damar-

lara rastlanmaktadır. Bu damarlar mermerlerin rengi ile uyumlu ve güzel görünümlü ise degerini arttırmaktadırlar (M.T.A., 1966).

Başkalaşım tipi mermerlerin mikroskop altında incelendiğinde, birbirlerine sıkıca kenetlenmiş kalsit kristallerinden oluştuğu gözlenmektedir. Bu kristaller oluşum sırasındaki soğuma hızı ile ters orantılı olarak çeşitli büyüklüklerde meydana gelmektedirler. Bahsedilen kristal boyutu küçük ise mermerin sertlik, sağlamlık ve parlama yeteneği artmaktadır. Kalsit kristalleri büyük boyutlu ise mermerin dayanımı azalmakta, yumuşak ve mat bir hal almaktadır (M.T.A., 1966).

### 2.1.3. Çökelme Tipi Mermerler

Traverten ve oniks mermerleri bu guruba girmektedir.

Travertenler, kalsiyum bikarbonatlı sıcak kaynak sularının bıraktıkları çökeller olarak tanımlanmaktadır. Bu tür suların geçtiği yerlerde gözenekli, hafif taşlar meydana gelmektedir. Bu taşların çok delikli, hafif ve fazla miktarda organik maddeler ihtiva edenlerine kalker tufü, az boşluklu ve daha yoğun olanlarına traverten adı verilmektedir. Üretimi, işlenmesi, kesilmesi çok kolay olup, beyaz, kirli beyaz, krem, açık-koyu sarı gibi çeşitli renklerde bol olarak bulunması bu taşların yaygın olarak kullanımını sağlamaktadır (Arıkan, 1968).

Kalsiyum karbonatlı kaynak sularının sıcaklığı düşükse çökelme ve kristalizasyon daha geç gerçekleşmektedir. Bu şekilde oluşan taş daha ince kristalli, kompakt ve yarı saydam olup, bu taşlara oniks mermeri, albatr (alabaster) veya su mermeri adı verilmektedir (M.T.A., 1966).

Oniks mermerleri genellikle beyaz, sarı, yeşil renklerde olup, yarı saydam olabilmektedirler. Tek renkte olduğu gibi değişik renkler gösteren bantlar, damarlar v.b. hallerde de olabilirler. Çok renkli oniksler breşimsi yapıda olup renk verici maddeler çeşitli

mineral parçalarıdır (M.T.A., 1966). Oniks mermerleri, kristalleri birbirine sıkı şekilde bağlı olduğundan oldukça sert olabilmektedir. Yapılarında bulunan silikatlar sertliklerini arttırmaktadır. Ayrıca oniks mermerleri çok iyi cila kabul etmeleri ve görünümlerinin güzelliği nedeniyle çok kıymetli mermerlerdir (M.T.A.,1966).

Hakiki oniks bileşimi silis olan akik (kalsedon) taşı olup, süs eşyası ve mücevher yapımında kullanılmaktadır. Oniks mermeri ise esas olarak kalsiyum karbonattan ibaret olup, yalnızca görünümü bu taşla benzediğinden bu adla anılmaktadır.

#### **2.1.4. Magmatik Kökenli Mermerler**

Derinlerde veya yeryüzüne çıkan magmanın soğuması ve kristalleşmesi ile oluşan kayalara magmatik kayalar denilmektedir. Magmatik kayalardan mermercilikte en yaygın olarak kullanılanlar; granit, serpantinit, diyabaz, lösitli siyenit, siyenit ve granodiyorittir (M.T.A., 1966).

Granitler sert olduklarından işlenmeleri güç olup, yarılma hassasiyetleri yüksek olmaktadır. İyi cila kabul etmeleri, cilalarını uzun süre korumaları ve sağlamlıkları nedeniyle tercih edilen mermer cinslerinin başında gelmektedirler. İşlenmesi güç olan diabazlar ise mermer piyasasında renklerinin güzelliği, dayanıklılığı, cila alma özelliği ve cilalarını uzun süre korumaları ile aranan değerli bir taştır. Lösitli siyenit birçok özellikleri ile granite benzemektedir. Aynı kullanım alanlarına sahip olup, cila alma özelliği granite göre daha iyi olmaktadır (M.T.A., 1966).

Serpantinitin rengi çeşitli tonlarda yeşil ve sarımsı, kırmızı-kahverengi ve siyahımsı olabilmektedir. Farklı renkler nedeniyle genellikle lekeli, alacalı bir görünüme sahiptir. Sertliklerinin yüksek olması nedeniyle işlenmesi güç olan serpantinitlerin cila alma kapasiteleri çok yüksek olmaktadır.Sertlikleri,dayanıklı

olmaları ve cilalandıktan sonra uzun süre cilalarını korumaları nedeniyle özellikle zemin kaplama, sütun ve anıt inşaatlarında tercih edilmektedirler (M.T.A.,1966).

## **2.2. Mermerlerin Kullanım Alanları ve Bazı Özellikleri**

Mermerlerin kullanım yerlerinin belirlenmesine bir çok faktör etki etmektedir. Bu nedenle mermere ait fiziksel, jeomekanik, kimyasal ve mineralojik özelliklerini tanımlayan bazı deneylerin yapılmış olması gerekmektedir. Doğru seçim, mermerin araştırılan niteliklerinin beklenen standartlara uymasıyla mümkün olmaktadır (Vardar,1990).

Mermerlerin başlıca kullanım alanları; taşıyıcı yapı elemanı (kolon, sütun, giriş ve sarak), taşıyıcı konsol ve merdiven basamağı, duvar kaplaması, taban kaplaması, çatı kaplaması, tezgah - masa üstü - iç dekarasyon ve plastik sanatlar - heykel ve büst olmaktadır (Vardar, 1990).

Mermerlerde aranan özellikler; renk ve desen homojenliği, blok verme ve kesilip cilalanabilirlik, atmosferik ve kimyasal etkilere dayanım, çeşitli jeomekanik ve fiziksel özellikler diye genellenmektedir.

Mermerlerin en önemli özelliklerinden biri renkleri olup, estetik amaçlarla kullanılan endüstriyel hammaddeler sınıfında yer almaktadırlar. Bu nedenle bir taşın ticari anlamda mermer sayılabilmesi için öncelikle renginin cazip olması gerekmektedir. Mermerler tek renk olabildikleri gibi, değişik renkler gösteren bantlar, damarlar, benekler halinde çeşitli desenlerde olabilmektedirler. Bununla beraber mermerlerin renk ve desen yönünden homojenliğe sahip olmaları, yani bir yataktan alınan mermerlerin sürekli olarak, yatağın her yerinde aynı renk ve desende olması arzu edilmektedir (Ersoy, 1991).

Mermerlerin belirli boyutların üzerinde çatlaksız ve kırıksız blok vermeleri, bu bloklardan çeşitli

kalınlıklarda plaka kesilebilmesi ve kesilen plakaların parlatma işlemleri sonunda düzgün olarak cila alması gerekmektedir.

T.S.E. (1977), T.S. 1910'a göre kaplama taşı olarak kullanılan mermerlerde belirlenmesi gereken fiziksel ve jeomekanik özellikler; özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, görünür gözeneklilik, tek eksenli basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, don sonu basınç dayanımı azalması, darbe dayanımı ve aşınma dayanımı olup, bu özellikler T.S.E. (1987), T.S. 699'da belirtilen muayene ve deney metodlarına göre belirlenmektedir (Ersoy, 1991).

Mermerlerin yoğunlukları başkalaşım tipi mermerlerde 2590-2800, kalkerlerde 2400-2700, travertenlerde 2200-2500, oniks mermerlerinde 2200-3200, granitlerde 2590-2730 ve serpantinlerde 2500-2700 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. T.S.E. (1977), T.S. 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal taşların en az 2550 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta olması gerekmektedir. Travertenler için bu değer en az 2300 kg/m<sup>3</sup> olmalıdır (Ersoy, 1991).

Mermerlerin önemli bir diğer özelliği de gözeneklilikleri olmaktadır. Mermerlerin gözenekliliğinin düşük olması gerekmektedir. Gözenekliliğin çok olması su emme yoluyla renk bozulmalarına ve donma ile çatlamalara neden olabilmektedir. İyi kalitede olan mermerlerde gözeneklilik %0.0002 ile %0.5 arasında değişmektedir. T.S.E. (1977), T.S. 1910'a göre kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşlarda gözeneklilik %2'yi geçmemelidir. Travertenler için ise bu değer en çok %12'dir (Ersoy, 1991).

Mermerlerin çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılanlar için önemli bir nokta olmaktadır. Atmosfer şartları altında zamanla yavaşta olsa kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeye uğramaktadırlar. Çözülme şiddeti her mermerde aynı olmayıp, mermerlerin kimyasal bileşimi, yapısı ve su emme kabiliyetine göre değişmektedir. Az su emen mermerler binaların dış kaplamaları için ideal



olmaktadırlar. Aynı standarda göre mermerlerde atmosfer basıncı altında su emme yeteneği %0.75'den az olmalıdır. Travertenlerde ise bu degerin %7.5'i geçmemesi istenmektedir (Ersoy, 1991).

Mermerler kullanım yerlerine bağlı olarak çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadırlar. Bu nedenle mermerlerin kullanım yerlerine uygunluklarının belirlenmesi amacıyla bu kuvvetlere karşı dayanımlarının belirlenmesi gerekmektedir. T.S.E. (1977), T.S. 2513'e göre mermerlerde aranan minimum basınç dayanımları; başkalaşım tipi mermerlerde 49.05 MPa, kalkerlerde ve travertenlerde 34.34 MPa ve granit, diyabaz, siyenit gibi sert taşlarda ise 117.72 MPa'dır. Yine aynı standartta göre mermerlerin minimum çekme dayanımları; başkalaşım tipi mermerlerde 4.9 MPa, kalkerlerde ve travertenlerde 2.95 MPa ve granit, siyenit, diyabaz gibi sert taşlarda 7.36 MPa'dır (Ersoy, 1991).

İnşaat sektöründe binaların dış kaplamalarında kullanılan mermerlerin emdiği suyun donması sonucu zamanla basınç dayanımında bir azalma görülmektedir. T.S.E. (1977), T.S. 1910'a göre kaplama malzemesi olarak kullanılacak mermerlerin don sonu basınç dayanımı azalması %5'den çok olmamalıdır (Ersoy, 1991).

Mermerler kullanım yerlerinin her birinde darbe kuvvetlerine maruz kalabilmektedirler. T.S.E. (1977), T.S. 1910'da kaplama olarak kullanılacak mermerlerin darbe dayanımlarının en az 30 kgf.cm/cm<sup>3</sup> olması gerektiği belirtilmektedir (Ersoy, 1991).

Mermerler, taban döşemeleri ve merdivenlerde aşınmaya maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle mermerlerin belli bir aşınma dayanımına sahip olması istenmektedir. T.S.E. (1977), T.S. 1910'a göre bu degerin 15 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> (50 cm<sup>2</sup> alanda, 440 devir sonucu oluşan aşınma)'den fazla olmaması istenmektedir. Yine aynı standartta mermerlerin açık hava şartlarına ve paslanmaya karşı dayanıklı olması gerektiği de belirtilmektedir (Ersoy, 1991).

### 2.3. Mermer İşletme Yöntemleri

Mermer üretimi; mermerlerin ana kayadan koparılarak piyasada istenilen boyutlara indirilmesi ile gerçekleşmektedir. Bu amaçla tarihte çok eski devirlerden bu yana farklı araçlar ve yöntemler kullanılmıştır.

Mermer işletmeciliğindeki üretim metodları Açık Ocak Mermer İşletme Metodu (Quarry Mining) ve Yeraltı Mermer İşletme Metodu (Underground Quarrying) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Capuzzi, 1980).

Bir ocakta üretime geçilebilmesi için işletilecek mermerin yeterli miktarda ve kalitede olması istenmektedir. Kaliteden kasıt, renk, desen, sertlik, sağlamlık ve dış etkenlere dayanıklılık (rüzgar, sıcaklık, su, darbe, aşınma), homojenlik, izotropluk, işlenebilirlik (kesilip parlatılabilirlik) gibi özelliklerdir.

Yeterli rezervde ve istenilen kalitede bulunan bir mermer yatağının, ocak açılarak ekonomik olarak işletilebilmesi için ek birtakım özellikleri de içermesi gerekmektedir. Bu özelliklerin başında ise mermerlerin yapısı ile ilgili olanları gelmektedir. Yapısal özellikler olarak bilinen bu özellikler aşağıda verilmektedir.

- i- Tabaka durumu
- ii- Çatlak durumu
- iii- Faylanma durumu
- iv- Kıvrımlanma durumu
- v- Erime boşlukları, mağaralar v.b. oluşumlar
- vi- Yeraltı suyu durumu
- vii- Ortü malzemesi kalınlığı
- viii- Ayrışmış zonun kalınlığı
- ix- Bünyesindeki yabancı madde varlığı.

Tüm bu kriterlerin değerlendirilmesinden sonra işletme metodu seçilerek üretime geçilebilmektedir. Üretimi tamamlanan bloklar ya vinç sistemi yardımıyla (ideal) ya da oluşturulan rampalardan yükleyiciler ile kamyonlara yüklenerek fabrikalara taşınmaktadır.

### **2.3.1. Açık Ocak Mermer İşletme Yöntemleri**

Mermer yatağının üzerindeki örtü tabakasının ekonomik sınırları zorlamadığı durumlarda açık ocak mermer işletme yöntemleri uygulanmaktadır. Genellikle mermer yataklarının üzerinde fazla kalınlıkta örtü tabakası bulunmamakla birlikte açık işletmelerde dekapaj işlerinde kullanılan ekipmanın çoğu mermer açık işletmelerinde de kullanılabilir.

Mermer yatakları genelde geniş mostralara vermekte ve üst kısımlarında kalınlıkları 0.5-3 m. arasında değişen ve yanık diye tabir edilen ayrılmış zonlar yer almaktadır. Bu zonlar işletmecilik açısından genelde fazla bir problem oluşturmamakta, taze-ayrışmamış kısımlarla birlikte üretilmekte ve atılmaktadırlar.

Açık mermer ocaklarında uygulanan üretim yöntemleri şunlardır;

- i. Patlayıcı maddelerle üretim yöntemi
- ii. Kamalama yöntemi
- iii. Helozoni tel (tel testere) ile üretim yöntemi
- iv. Elmaslı tel testere ile üretim yöntemi
- v. Zincirli kesiciler ile üretim yöntemi
- vi. Elmas diskli kesici makinalarla üretim yöntemi
- vii. Alevle kesme
- viii. Basınçlı su ile üretim yöntemi

#### **2.3.1.1. Patlayıcı Maddelerle Mermer Üretimi**

Patlayıcı maddeler, mermer blokları üretiminde direkt olarak kullanılan üretim araçları olmayıp, üretime yardımcı malzeme olarak kullanılmaktadırlar.

Mermer üretiminde patlayıcı maddeler iki amaçla kullanılmaktadır. Bunlar;

- Mermer tabakalarının üzerinde yanık diye tabir edilen ayrılmış zonun temizlenmesinde (dinamit, teknik amonyum nitrat vs.).

- Mermer bloklarını yerinden sökmeye ve koparmaya (kara barut).

Mermer üretiminde kullanılan patlayıcı maddeler kırmak ve parçalamak için değil, büyük boyutta blokları itmek ve koparmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu nedenle blok mermer üretiminde detenasyon hızı düşük olan ve yanma hızı en fazla 400 m/sn mertebesinde bulunan kara barut kullanılmaktadır. Mermer kütlesinin üzerindeki bozuşmuş kısımlar ise dinamit, teknik amonyum nitrat v.b. gibi patlayıcı maddelerle patlatılarak parçalanmakta, yükleyiciler veya dozerlerle atılmaktadır.

Kara barutun kullanımı şu şekilde olmaktadır;

Blogun büyüklüğüne göre belli aralıklarda delikler açılmakta ve içerilerine barut elektrikli kapsüllerle birlikte yerleştirilmektedir. Manyeto ile aynı anda ateşlenen delikler blogu ana kayadan kopararak yukarı doğru kaldırmaktadır. Bundan sonra üstteki blogu istenilen şekilde üretme imkanı doğmaktadır (Tunç, 1985).

Kaldırma olayının sağlıklı gerçekleştirilebilmesi için deliklerin aynı anda patlaması (kullanılan elektrikli kapsüllerin aynı tipte ve dirençte olması), kaldırma işleminin bir zayıflık düzleminde gerçekleştirilmesi (tabaka yüzeyi, çatlak yüzeyi, şistli oluşuklar v.b.) ve sıkılama işleminin de iyi yapılması gerekmektedir (Tunç, 1985).

Kullanılan barutun miktarı kayacın serbest yüzeylerinin olup olmamasına bağlı olarak arttırılıp azaltılabilmektedir. Bazen tırnak denilen çıkıntılar nedeniyle kaya zor kaldırılmakta, istenmeyen bazı çatlaklar oluşmaktadır (Tunç, 1985).

Modern mermer ocaklarının çoğunda üretim kayıplarını fazlalaştırdığından dolayı patlayıcı madde kullanılmamaktadır.

### **2.3.1.2. Kamalama Yöntemi ile Mermer Üretimi**

Daha önceleri üçlü kama yöntemi diye isimlendirilen bu metod uzun zamandan beri kullanılagelmiş olup, mermer üretim aletlerinin teknolojisindeki gelişmelere paralel

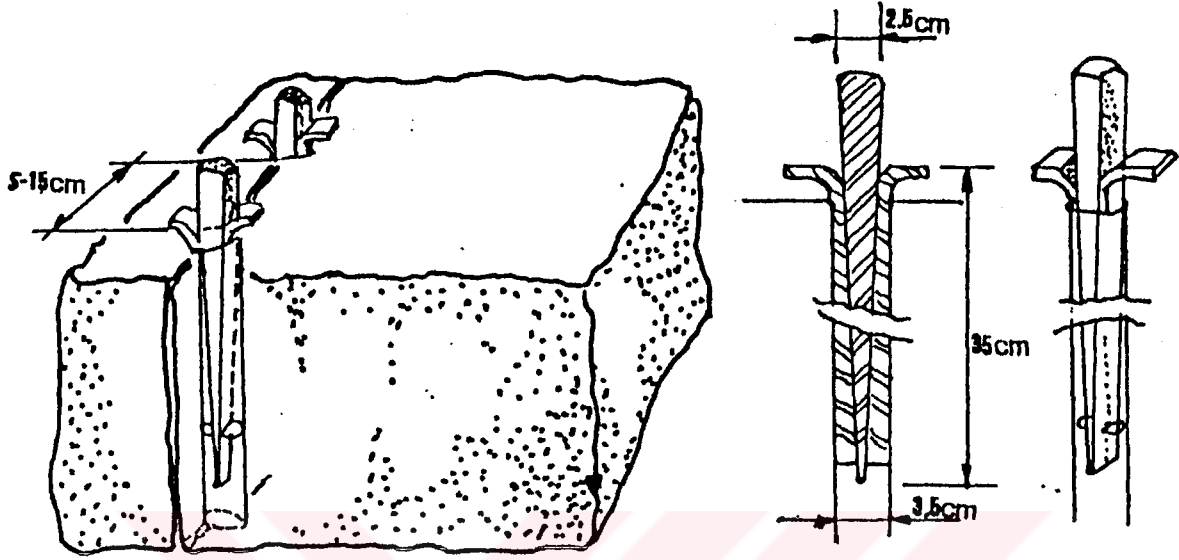
olarak popülerliğini yitirmeye başlamasına rağmen hala yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kamalama yöntemi kazanılmak istenen mermer bloğu ile ana kaya arasında birbirine dik üç doğrultuda ve aynı hat üzerinde zayıflık düzlemleri oluşturulması esasına dayanmaktadır. Zayıflık düzlemleri basınçlı hava ile çalışan delici makinalarla (Martoperfaratör) oluşturulmakta, bu makinalara gerekli olan basınçlı hava ise elektrikli veya dizel motorlu kompresörlerden sağlanmaktadır.

Martoperfaratörlerle açılan deliklerin aralıkları kesme işlemi yapılan mermerin dayanımına bağlı olarak 5-15 cm arasında değişmektedir. Delik derinlikleri ise yatağın konumuna bağlı olarak değişmekle birlikte eğer sınırlayıcı bir durum yok ise 6 m civarında olmaktadır. Daha büyük derinlikler zorunlu olmadıkça tercih edilmemektedir. Delik çapları ise kullanılan matkaba bağlı olarak traverten ve onix mermerleri, kristalize kireçtaşları ve gerçek mermerlerde 25-34 mm, magmatik kökenli mermerlerde ise 18-25 mm arasında değişmektedir. Delme işleminde kullanılan matkabin uzunluğu arttıkça delik çapı azalmaktadır.

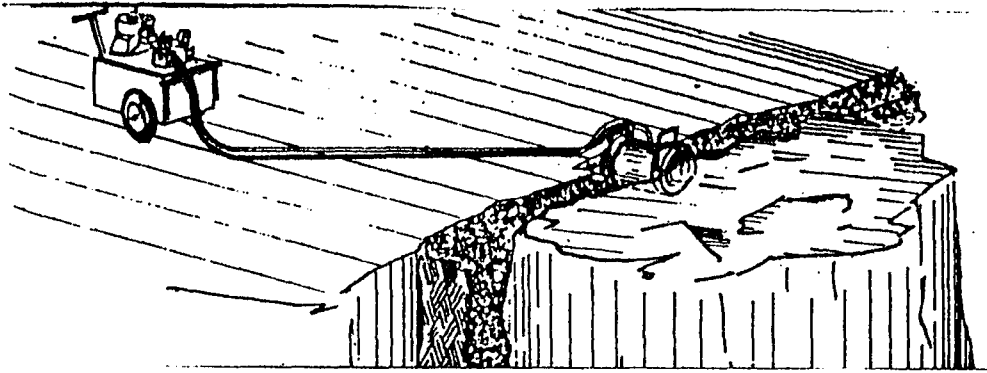
Mermer bloğunun bu yöntemle kesilmesi için bir doğrultu boyunca belirli aralıklarla ya delik delinecek noktalar işaretlenerek delikler delinmekte ya da otomatik kontrollü, ray üzerinde hareketli martoperfaratörlerden yararlanılmaktadır. Açılan her delige kamalar yerleştirilerek balyoz yardımıyla teker teker çakılmakta ve kesme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Kamalar yerleştirilirken kesim doğrultusunda olmak üzere her iki yanına yaprak (nalpare) denilen demir lamalar konulmakta olup, bu lamalar kamaların çakılması esnasında mermeri zedeleyerek gömülmesini ve bloğu çatlatmasını önlemektedir (Şekil 1). Yine bu lamaların kullanımı ile kamaların çakılması sonucunda mermere uygulaması gereken yükün daha muntazam dağıtımı söz konusu olmaktadır.

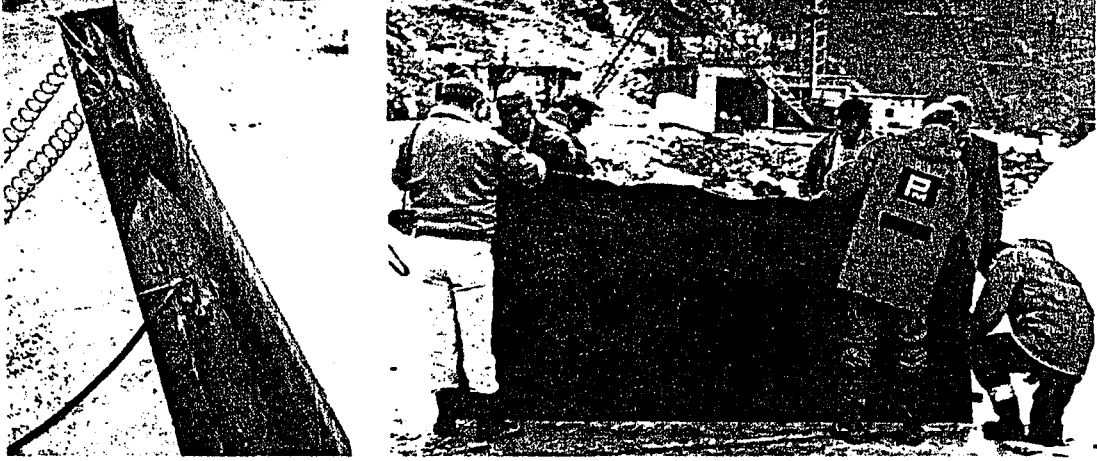


**Şekil 1. Kamalama yöntemi (Ersoy, 1991)**

Zayıflık düzlemlerinden çatlatılan bloklar; aks kamalarla iyice yerinden oynatılmakta, yerinden oynatılan blokların altına da 5-15 cm. çapında demir misketler konularak sürtünmenin azaltılması sağlanmaktadır (Tunç, 1985). Daha sonra mekanik, hidrolik krikolarla (Şekil 2) veya hava yastıkları ile (Şekil 3) itilmekte ve yerinden çıkarılmaktadır.



**Şekil 2. Bir hidrolik iticiyle mermer bloğunun yerinden çıkarılması (Pellegrini Mec. s.p.a., Italy).**



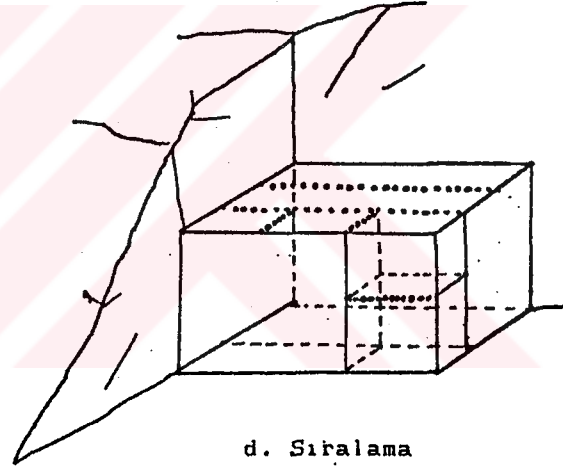
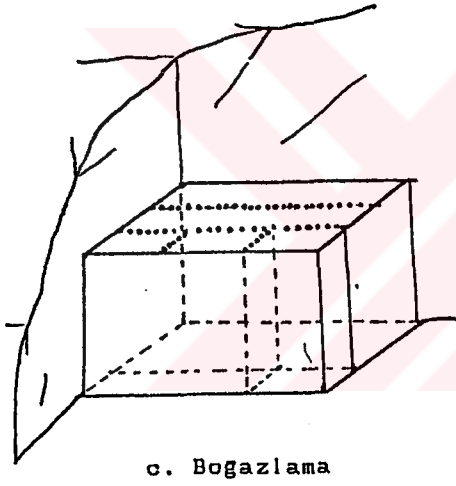
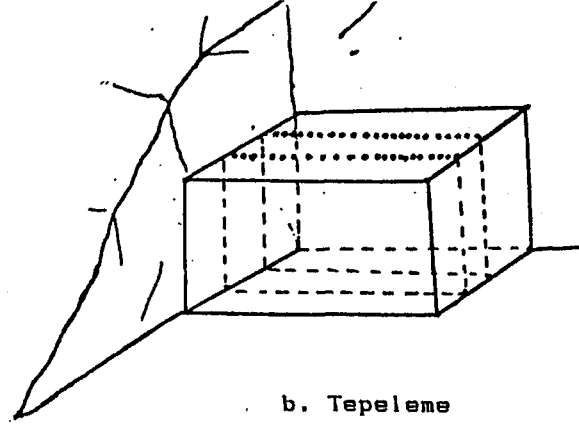
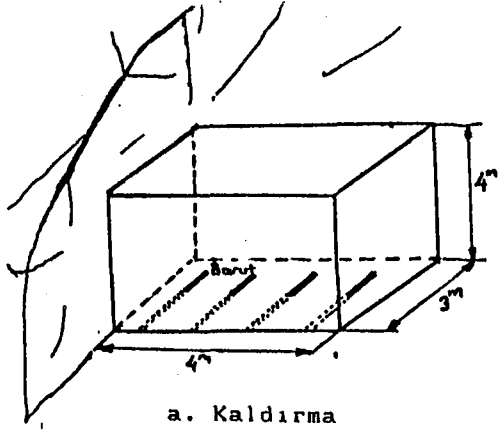
**Şekil 3. Hava yastıkları ile mermer bloklarının yerlerinden çıkarılması (Pellegrini Mec. s.p.a., Italy).**

Kamalama yönteminde uygulama sırası şekil 4'te gösterilmektedir. Büyük bir blok ya kayanın durumuna göre yatay açılan deliklerin kamalanması ile ya kara barut yardımıyla ya da kamalama+kara barut kombinasyonu ile ana kayadan koparılır. Bu işleme "kaldırma" denilmektedir (Şekil 4.a.)(Tunç, 1985).

Kaldırma işlemi tamamlandıktan sonra bloğun üst kısmından aşağı doğru düşey delikler delinmekte ve kamalanmaktadır. Bu işleme de "tepeleme" denilmektedir (Şekil 4.b.)(Tunç, 1985).

Blok boyutu fazla büyük ise tepeleme deliklerinin doğrultusuna dik ve yine düşey olarak açılan deliklerle tekrar bölünür. Bu işleme "boğazlama" denilmektedir (Şekil 4.c.)(Tunç, 1985).

İstenilen blok boyutuna bağlı olarak gerekiyorsa yataydan delikler açılarak tekrar kamalama işlemi uygulanır. Bu işleme de "sıralama" denilmektedir (Şekil 4.d.)(Tunç, 1985).



**Şekil 4. Kamalama yönteminde uygulama sırası.**

(Tunç, 1985)

### **2.3.1.3. Helozoni Tel (Tel Testere) İle Mermer Üretimi**

Yöntem, elektikli veya dizel motor ile tahrik edilen bir tamburdan geçirilmiş çelik telin uygun makara ve direkler yardımıyla kesilecek mermer üzerine, belirli bir basma kuvveti ve hızla aktarılması sonucu sürtünme ile mermeri aşındırarak kesmesi esasına dayanmaktadır (Tunç, 1985). Sistemi oluşturan kısımlar :



- i. Helezoni çelik tel halat
- ii. Kuvars kumu ve su
- iii. Makaralar
- iv. Tahrik ünitesi (çevirici kuvvet)
- v. Gergi mekanizması
- vi. Delici makina'dır.

#### **2.3.1.3.1. Helezoni Çelik Tel Halat**

Tel testerelerinde kullanılan çelik halatlar, 2.1 - 2.4 mm çaplı, özel sertleştirilmiş üç telin, 5 mm çaplı bir halat oluşturacak şekilde bükülmesi ile elde edilmektedirler. Halatın büküm sayısı 100 - 400 büküm/m olup, oluşabilecek burulma gerilmelerini önlemek amacıyla her 50 m'de büküm yönü değiştirilmektedir. Çelik halatlar 1000 m'lik kangallar halinde imal edilerek piyasaya sunulmaktadır (Üztürk, 1987).

#### **2.3.1.3.2. Kuvars Kumu ve Su**

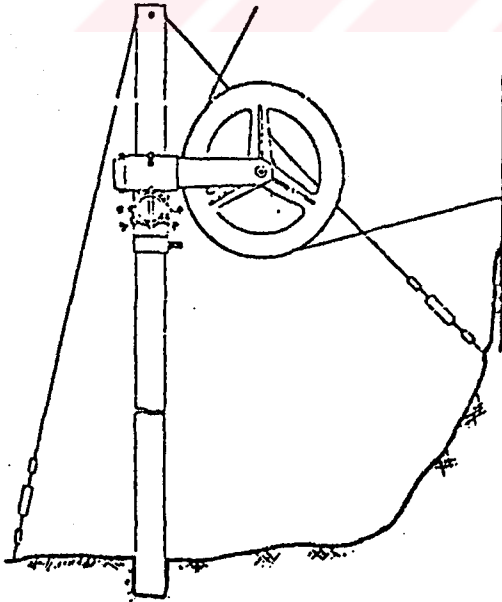
Kesme işlemi belirli bir baskı ile taş üzerinde hareket eden halatın bükümleri arasına giren su-kuvars kumu karışımı ile sağlanmaktadır. Kullanılan kuvars kumunda % 96 silis bulunmaktadır. Kumun maksimum tane boyutu 1.5 mm olup, ağırlıkça % 1'i 1.0-1.5 mm, % 21'i 0.5-1.0 mm, % 70'i 0.5-0.3 mm, % 8'i 0.3 mm'den az olan dağılım ideal tane boyutu dağılımı olmaktadır. Kesme operasyonu için 1 lt suya karşılık 0.7-1.6 kg kuvars kumu ayrı ayrı beslenmektedir. Su kuvars kumuna akıcılık kazandırmak, ısınan teli soğutmak ve oluşan kırıntıları uzaklaştırmak görevlerini görmektedir. Kuvars kumu-su sarfiyatı 350-400 lt/m<sup>2</sup>'dir (Vardar, 1972).

#### **2.3.1.3.3. Makaralar**

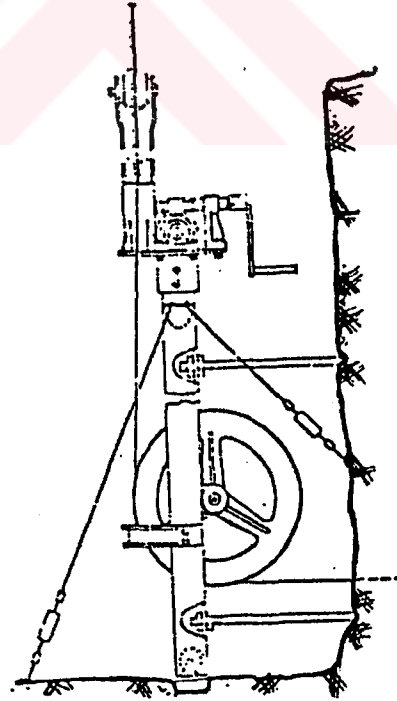
Çelik halatın yönlendirilmesinde 30-70 cm çaplı, kanalları 6 mm genişlikte ve 15 mm derinlikte olan makaralardan faydalanılmaktadır. Çelik halatla sürtünmenin arttırılması ve aşınmanın azaltılması için makara kanalları lastikle kaplanmaktadır.

Kullanılan makaralar görevlerine göre, yardımcı ve destek makaraları ile kılavuz makaraları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yardımcı - destek makaraları (Şekil 5.a.) ana tahrik tamburundan gelen çelik halatın kesme işleminin yapıldığı yere taşınması görevini görmektedir. Bu makaralar zemine açılan deliklere yerleştirilmiş direkler üzerinde üç eksenle hareket edebilecek şekilde imal edilmektedirler.

Kılavuz makaraları kesilen yüzeyin iki ucuna yerleştirilen direkler üzerinde, çelik halatın taşınmasında istenen yörüngeyi izlemesini sağlamaktadırlar. Bu makaralar yardımcı-destek makaralarına göre daha küçük çaplı olup, aşınmaya karşı kenarları sertleştirilmektedir (Şekil 5.b.).



a. Yardımcı-destek makarası



b. Kılavuz makarası

Şekil 5. Makaralar (Ersoy, 1991).

#### **2.3.1.3.4. Tahrik Ünitesi**

Tel testerelerin motor güçleri 7.5-30 HP arasında olup, çelik halata taş üzerinde 100-150 m/dk akış hızı vermektedir. Elektrik veya dizel motorundan oluşmaktadır.

Motor gücü bir kol aracılığıyla tambura artacak şekilde yavaş yavaş aktarılmaktadır. Tel birden istenilen hıza ulaştırılmamaktadır. Bu telin hem eylemsizliği bakımından hem de makaraların hasar görmemesi bakımından önem taşımaktadır (Tunç, 1985).

#### **2.3.1.3.5. Gergi Mekanizması**

Çelik halatın kendi ağırlığından dolayı sarkmasını ve makaralardan çıkmasını önlemek, blok kesilirken teli düzgün bir hat halinde gergin tutmak için kesme uzunluğuna bağlı olarak 150-350 kg germe ağırlığı kullanılmaktadır (Tunç, 1985).

#### **2.3.1.3.6. Delici Makina**

Delici makineler 10-18 HP gücünde, 25-30 cm çaplı delik açabilecek kabiliyette imal edilmektedirler. Delme derinliği 15 m'ye kadar olmaktadır. Bu sondaj delikleri klavuz makaralarını taşıyan direklerin yerleştirilebilmesi ve klavuz makaralarının çalışabilmesi açısından gerekmektedir (Tunç, 1985).

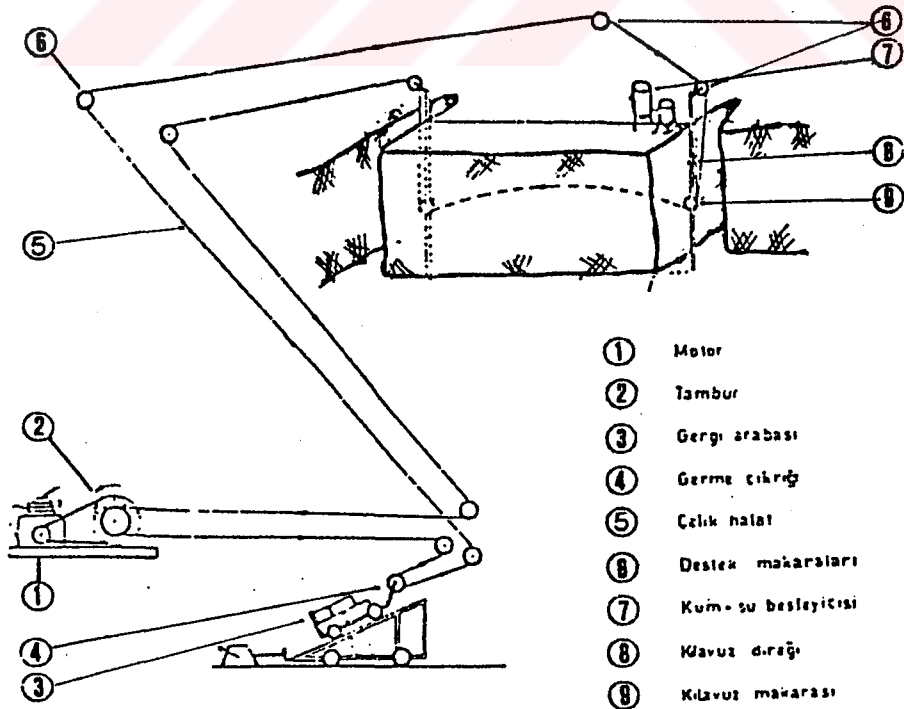
#### **2.3.1.3.7. Helezoni Çelik Tel Halat Sisteminin Çalışması**

Klavuz direkleri ya istenilen doğrultuda açılan sondaj delikleri içerisine ya da doğal bir çatlak içerisine yerleştirilmektedir. Klavuz direkleri üzerinde biri sabit diğeri hareketli olmak üzere iki makara bulunmaktadır. Telin kesme işlemi belli bir seviyeye gelince hareketli makaranın dişli bir sistem aracılığıyla direk boyunca yeri değiştirilmekte ve bu işlem kesme operasyonu tamamlanıncaya kadar devam ettirilmektedir. Telin kesilen mermer üzerinde sürekli olarak gerili olmasını bu yer değiştirme olayı sağlamaktadır.

Kesme uzunlukları mermer yatağında mevcut çatlaklar arası mesafeye ve kullanılan makina türüne bağlı olarak 10-40 m. arasında değişmektedir. Tercih edilen kesme mesafesi 20-25 m.'dir (Vardar, 1972).

Çalışma basamaklarının yüksekliği jeolojik süreksizliklerin türüne bağlı olarak 2-20 m. arasında değişmektedir. Süreksizliklerin el vermesi halinde en uygun basamak yüksekliği 3.5-7 m'dir (Erguvanlı ve Yüzer, 1983).

Tel kesme yöntemi ocak kayıplarının son derece düşük olması ve organizasyonun kolaylığı nedeniyle özellikle büyük işletmeler için son derece uygun bir yöntem olabilmektedir (Şekil 6). Ancak yöntemin başarısı geniş aralıklı sistematik süreksizliklerin varlığına ve kaya içerisinde kil dolgululu büyük çatlak ve boşlukların olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 6. Tel testeresi ile üretim yönteminin şematik görünümü (Vardar, 1972).

#### 2.3.1.4. Elmaslı Tel Testere ile Mermer Üretimi

Mermer üretim yöntemleri içerisinde şu anda en fazla uygulama alanı bulmuş yöntemlerden biri olup, kesim yapılacak yüzey etrafında sonsuz bir halka oluşturan elmaslı telin elektrikli veya dizel bir tahrik ünitesi ile belirli bir devirde döndürülmesi ve uygulanan gerilme ile de mermere sürttürülmesi sonucu kesilmesi esasına dayanmaktadır.

Elmaslı tel testere ile kesme sisteminin ana parçaları şunlardır;

- i. Elmaslı tel testere
- ii. Tahrik ünitesi
- iii. Delici makinalar
- iv. Yardımcı ekipmanlar

##### 2.3.1.4.1. Elmaslı Tel Testere

Bu sistemin en önemli parçasıdır (Şekil 7).



- 1.Çelik tel    2.Sıkmacık    3. Elmas Yüzük  
4.Pul    5.Yay

Şekil 7. Elmaslı tel testerenin dizilimi

(Urhan, Şişman, 1992)

Mermeri kesme işlevini iki türü bulunan elmas yüzükler yerine getirmektedir.

a. Elektrolitik kaplamalı : Çapı 45-49 mikron olan sentetik elmasların elektrolitik olarak nikel tuzlarına kaplanması ile elde edilmektedirler. Her yüzükte 0.3-0.4 karat elmas bulunmaktadır (Capuzzi, ...). Yüzüklerin iç çapı 5.2-5.5 mm, dış çapı 9-10 mm, boyları ise 8-8.5 mm arasında değişmektedir (Urhan, Şişman, 1992).

b. Sinterlenmiş ya da emprenye : Çapı 60-70 mikron olan sentetik elmas tozları ve metal tozları karışımının

preslenip sinterlenmesi yolu ile elde edilmektedir. Boyutları elektrolitik kaplamalı olanlar ile hemen hemen aynı olmaktadır (Urhan, Şişman, 1992).

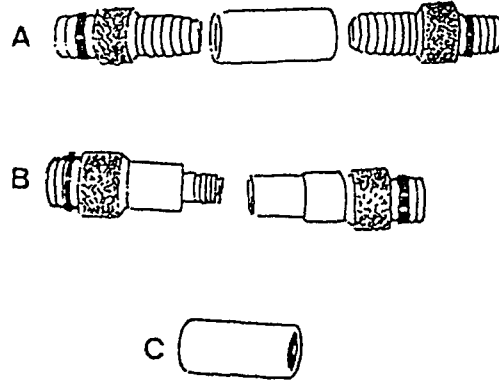
Elektrolitik kaplamalı elmas boncukların yeni olduğunda kesim hızı emprenye olanların hemen hemen iki katı olmaktadır. Ancak boncukların üzerindeki elmas parçacıklar kesim esnasında koptuğundan, bu performansı çok çabuk yarıya düşmekte ve emprenye olanların seviyesine inmektedir. Buna karşın, emprenye elmas yüzüklerde aşınma azlığından dolayı ömrü boyunca kesme hızında dikkate değer bir azalma gözlenmemektedir. Ömürleri de daha uzun olmaktadır. Emprenye elmas yüzükler sert taşların kesimi için daha uygundur (Urhan, Şişman, 1992).

Yaylar; paslanmaz çelik telin bükülüp özel ısıtılardan geçirilmesi yolu ile üretilmektedirler. Kesim süresince telde oluşabilecek ani gerilmeleri azaltmak, elmas yüzüklerin bir araya toplanmasını engellemek ve tele esnek bir yapı kazandırmak için kullanılmaktadır. Granit türü sert taşların kesiminde, kesim esnasında kopan taş parçalarının tel-yay arasına sıkışması çelik teli ve elmas yüzüklerin iç çeperlerini yıprattığından, çelik yay yerine, aynı görevi üstlenen, özel plastik tüpler kullanılmaktadır (Urhan, Şişman, 1992).

Sıkmacıklar çelik telin kopması durumunda elmas yüzük ve yay zaiyatını en aza indirmek, elmas yüzüklerin kesim esnasında tel üzerinde fazla miktarda hareketine engel olmak amacıyla kullanılmaktadırlar.

Pullar ise elmas yüzükler ile yaylar arasında mesnet teşkil etmek ve yayları korumak için kullanılmaktadırlar.

Dizilerek kullanıma hazır hale getirilmiş elmaslı tel testerenin uçlarının birleştirilmesinde bağlantı elemanlarından yararlanılmaktadır (Şekil 8).



- A. İki ucu ters dişli vida-somun tipi  
B. Vida-somun tipi  
C. Bakır tüp tipi

Şekil 8. Elmaslı tel testere bağlantı elemanları  
(Urhan, Şişman, 1992).

Yine çelik tel halatın kopması durumunda kopan kısımların birbirine eklenmesinde veya daha uzun elmaslı tel testere oluşturulmasında bağlantı elemanlarından yararlanılmaktadır.

#### 2.3.1.4.2. Tahrik Ünitesi

Elektrikli ya da dizel motorlu olabilmektedirler. Piyasada çok değişik tipte ve kapasitede üretimleri mevcut olup, tiplerine göre elektrikli olanları 10-75 HP, dizel olanları ise 50 HP gücüne kadar bulunabilmektedir. Tahrik ünitesi elmaslı telin hareketini sağlayan ve çapı kullanım amacına göre 350-800 mm arasında değişen volana bağlı olup, bu volanlar tele 25-30 m/sn'lik hız verecek şekilde dönmektedirler. Tahrik ünitesi genellikle bir kumanda tablasından idare edilmektedir. Tele hareket veren volan ya hidrolik bir merkez üzerinde tahrik ünitesinden ayrı olarak ileri-geri hareket etmekte ya da tahrik ünitesi ile birlikte raylar üzerinde ileri-geri hareket etmektedir. İlk kesim başlangıcı için tele hareket veren volanın yavaş yavaş hızlanarak dönmeye başlaması çok uygun olmakta böylelikle elmaslı tel testerenin içindeki çelik tel halatın ani şoklarla yıpranması engellenebilmektedir.

#### **2.3.1.4.3. Delici Makinalar**

Bu yöntemle mermer blogunun üretilebilmesi için öncelikle elmaslı telin kesim yapılacak yüzey etrafından dolaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla 9-12 cm. çapında, 10-15 m. derinliğe delikler delebilen, 7.5-25 kW gücünde küçük boyutlu sondaj makinalarından ve basınçlı hava ile çalışan martoperfaratörlerden yararlanılmaktadır. Genel olarak uygulama, dikey deliklerin sondaj makinaları ile, yatay deliklerin ise delici tabancalar ile delinmesi şeklinde olmakla beraber yatay deliklerin de sondaj makinası ile delindiği durumlar olmaktadır. Yine dikey deliklerin kısa olması durumunda (2-4 m.) martoperfaratörlerden yararlanılarak delindikleri durumlar söz konusu olmaktadır.

#### **2.3.1.4.4. Yardımcı Ekipman**

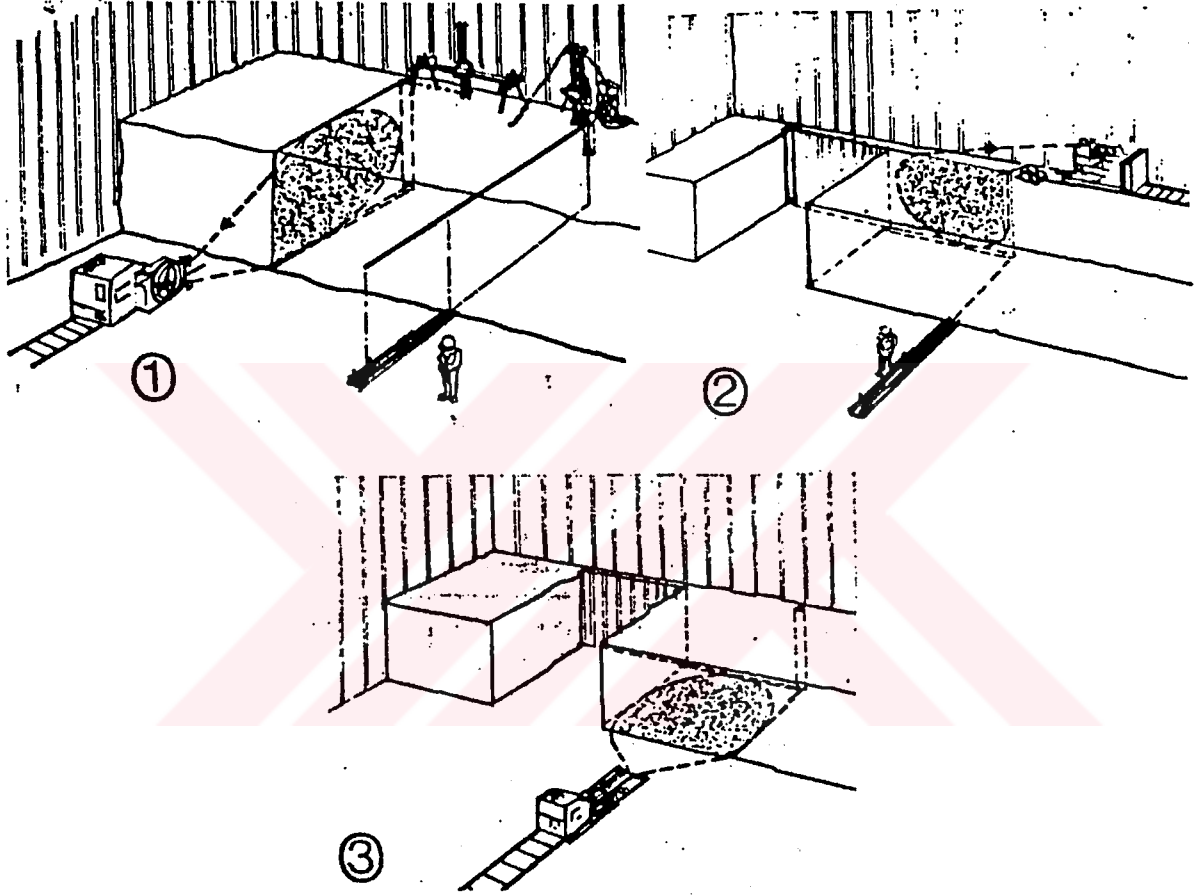
Bu ekipman; tel dizilirken sıkmacıkların sıkılmasında, tel uçları birleştirilirken tel bağlantı elemanlarının tele sabitleştirilmesinde kullanılan pres makas ya da pres pompa, telin düzgünce kesilebilmesi ve liflenmesini engellemek için özel bir makas ve sisteme su beslemesinde yardımcı olacak su hortumu, su tankı, su pompası gibi aletler olmaktadır.

#### **2.3.1.4.5. Elmaslı Tel Testere Sisteminin Çalışması**

Sistemin çalışabilmesi için öncelikle üretilecek blogun etrafında hazırlıklar yapılması gerekmektedir. Bu amaçla üretim basamağı gerisine istenen blok yüksekliği, kalınlığı ve genişliğine bağlı olarak dikey sondajla delikler delinmektedir. Bu delikler, tabandan yatay olarak yapılan sondajlarla veya delici tabancalarla açılan deliklerle irtibatlanmaktadır. Deliklerle kesilecek blogun etrafını hazır hale getirildikten sonra elmaslı tel testere bu deliklerden öncelikle taban kesimi yapacak şekilde geçirilmektedir.



Elmaslı tel testerenin kesilecek yüzeyin etrafından dolaştırılmasından sonra elmaslı tel kesme makinasının volanına takılarak sistem çalışmaya hazır hale getirilmektedir (Şekil 9).



1. Basamak önünde dikey kesim.
2. Basamak üzerinde blok arkası kesimi.
3. Basamak önünde taban kesimi.

Şekil 9. Elmaslı telle kesme sisteminin uygulanışı  
(Pellegrini mec., s.p.a., Italy)

Elmaslı tel döndürülürken aynı zamanda tahrik ünitesi de volan ile birlikte geriye doğru hareket ettirilerek elmaslı tele bir gerilme uygulanmaktadır. Bu gerilmeye bağlı olarak elmaslı tel mermer yüzeye bir baskı ve sürtünme uygularken elmas yüzükler mermeri aşındırarak kesmektedirler. Sistemin çalışması esnasında

sürekli su beslenerek tel testerenin soguması ve elmas yüzükler tarafından çıkarılan kırıntılarının ortamdan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Bu amaçla harcanan su miktarı 300-500 lt/saat olup, bu yöntemle 5-15 m<sup>2</sup>/saat lik üretim yapma olanagı mevcut olmaktadır. Sistem 0-90° egimle üretim yapabilmektedir.

#### **2.3.1.5. Zincirli Kesiciler ile Mermer Üretimi**

Sistem, makinaya bağlı bir kol üzerinde hareket edebilen sonsuz bir zincirin özel dişlerinin kayacı kesmesi şeklinde açıklanmaktadır. Bu makina madencilikte kullanılan potkapaç makinasına benzetilebilmektedir (Tunç , 1985). Zincirli kesiciler piyasada genellikle Korfmann adıyla anılmaktadırlar. Sistemin ana kısımları şunlardır;

- i. Tahrik ünitesi ve raylar
- ii. Kesiciler
- iii. Yardımcı ekipman

##### **2.3.1.5.1. Tahrik Ünitesi ve Raylar**

Tahrik ünitesi elektrikli ya da dizel motorlu olabilmektedir. Tahrik ünitesi motor güçleri tiplerine göre 10-65 HP olabilmektedir.

Zincirli kesici makinalar bir ray gurubu üzerinde hareket edecek şekilde üretilmektedirler. Rayların görevi; makinanın emniyetli bir şekilde basamaklarda çalışmasını sağlamak ve makinanın ileri-geri hareketlerine yataklık etmektir. Ray boyunca 0.8 m'lik aralarla vidalar mevcut olup bunların görevi döndürülmek suretiyle ray hattının yatay konuma getirilmesine yardımcı olmaktır. Ayrıca 1.5 m'de bir delikler mevcut olup, bu delikler makina mermeri keserken oluşacak kuvvetlerden dolayı sistemin stabilitesinin bozulmaması için açılmış olan kama delikleridir (Tunç, 1985).

Zincirli kesiciler genellikle 1.5-2.5 m. kesici kol uzunluğunda imal edilmektedirler. Uzunluğu 2.5 m. olan kesici kolla yatay kesimde 2.5 cm/dk. hızla 1.4 m.

derinlige, düşey kesimde 3.6 cm/dk. hızla 2.4 m. derinlige kadar kesme yapılabilir (Öztürk, 1987).

#### **2.3.1.5.2. Keskiler**

Kol üzerinde 4 tür keski mevcut olup genişlikleri sırasıyla 15, 20, 30, 40 mm olabilmektedir. Kesim yapılan kanalın nihai durumunu 40 mm'lik keski tayin etmektedirler. Keskinin söküp takılmaları kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.

Zincirli kol kayaca bastırıldığında keski kayacı parçalayarak bir yarık açmaktadır. Bütün keskinin genişlikleri ve yükseklikleri aynı olmadığından yarık açma kendiliğinden kademeli olarak gelişmektedir.

15 mm genişliğindeki keskinin yüksekliği 20 mm, 40 mm genişliğindeki keskinin yüksekliği ise 14 mm olup, keski her 15-20 m<sup>2</sup> kesimden sonra bilenmektedir.

#### **2.3.1.5.3. Yardımcı Ekipman**

Sistemi soğutmaya yarayan suyu taşıyan borular, su pompaları ve tankları, keski bileyicileri gibi malzemeler yardımcı ekipman olarak kullanılmaktadır.

#### **2.3.1.5.4. Zincirli Kesici Makinalarla Kesme Sisteminin Uygulanması**

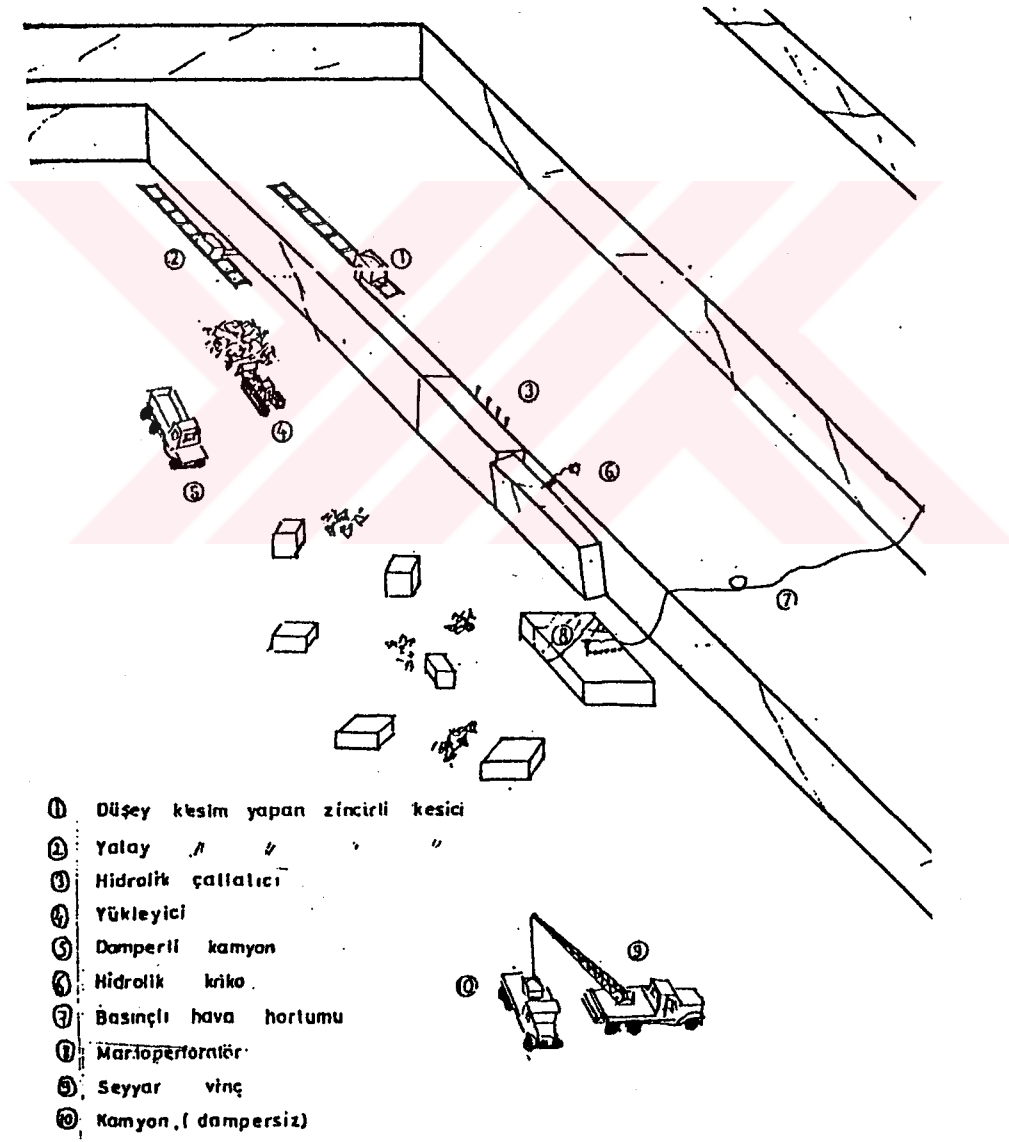
Elmas dişleri taşıyan zincirli kolun kayaca girip, makinanın ileriye doğru hareketi sonucunda kesme olayı gerçekleştirilmektedir. Dakikada 3-5 lt.'lik su bağlantısı sağlanarak kolda bulunan sonsuz zincirli döndürülmeye başlanmakta ve kol kayaca yavaş yavaş bastırılmaktadır. Kayaçta kendine yer açarak aşağı doğru veya yatay şekilde hareket ettirilen kol istenen konuma geldiğinde kol hareketi durdurulmakta ve makinanın ileriye doğru hareket etmesi sağlanmaktadır.

Kesilen kayaç dönen dişli sistemi ve suyun yardımıyla sürekli dışarıya atılmaktadır. Düşey kesimlerde dışarıya çıkarılan bu kırıntılıların tekrar açılan kanala

girmemesi için açılan yarığın etrafı makinayı çalıştıran kişi tarafından bir kaç dakikalık aralıklarla temizlenmektedir.

Sistemin başarısı için mermer ocağında uzun ve düz basamaklar oluşturmak gerekmektedir.

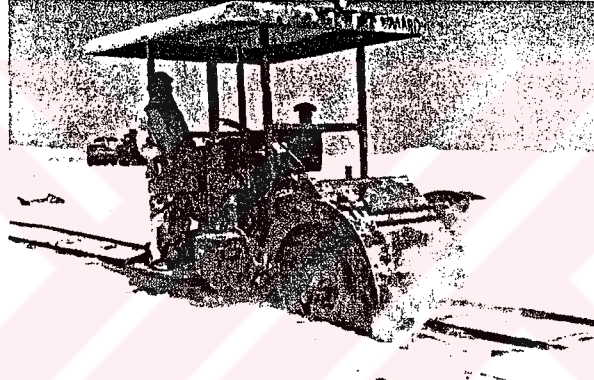
Bu makinalarla yatay, dikey ya da eğik kesim yapmak mümkün olabilmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Zincirli kesici makinalarla mermer üretim sistemi (Tunç, 1985).

### 2.3.1.6. Elmas Diskli Kesici Makinalarla Mermer Üretimi

Bu yöntem, mermer kütlelerinin büyük diskler yardımıyla kesilerek bloklar haline dönüştürülmesi şeklinde açıklanmaktadır. Kullanılan kesme makinası mermer fabrikalarında kullanılan dairesel diskin daha büyük modeli olarak tanımlanabilir (Şekil 11).



Şekil 11. Elmas diskli kesici makina.  
(Pellegrini mec., s.p.a., Italy)

Kullanılan dairesel diskin kenarı elmas soketler ile çepeçevre donatılmış olup aşındıklarında yenileri ile değiştirilmeleri mümkün olabilmektedir. Disk yüksek devirlerle dönmeye başladığında mermer ile temas ettirilmekte ve elmas soketler sürtünme sonucu mermeri kesmektedir. Sistem sulu çalışmakta ve su, soğumayı sağlamakta ve kesme sonucu oluşan kırıntıların ortamdaki uzaklaştırılması görevini yerine getirmektedir.

Kesme işlemi yatay ve dikey doğrultularda yapılabilmektedir. Kesme derinliği 1-2.2 m. arasında değişmektedir. Kullanılan disklerin çapları 2.2-4.8 m, kalınlıkları 11.5 mm civarında değişmektedir.

Tahrik ünitesi raylar üzerinde hareket etmekte ve 0-90° arasında egimlerde üretim yapabilmektedir.

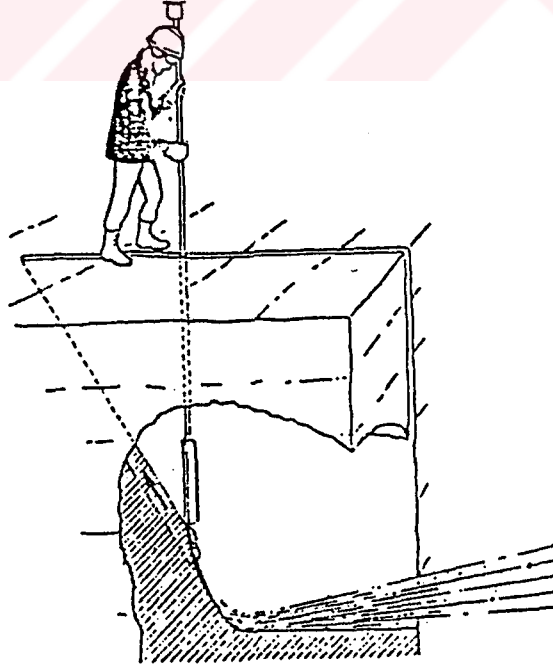
Bu üretim yöntemi daha çok yatay ve yataya yakın tabaka konumlu mermer yataklarında uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca mermer ocağı içerisinde 30\*60 m. civarında düz alan tesis etmek zorunlu olmaktadır.

Bu yöntem, günümüzde çok fazla uygulama alanı bulamamaktadır.

#### 2.3.1.7. Alevle Kesme (Rock-jet, Termal Ok)

Bu yöntem oksijen ve sıvı yakıt karışımının bir alev bekinden geçirilerek üretilecek blok çerçevesini eritmek şeklinde uygulanmaktadır (Şekil 12).

Bu yöntem daha çok homojen ve çatlaksız magmatik kökenli sert mermerlerde başarı ile uygulanabilirken ergimenin parçalanmaya göre fazla olduğu hakiki mermer ve kalkerlerde verimli olarak uygulanamaz (Lefond, 1985).



Şekil 12. Alevle kesme

(Pellegrini mec., s.p.a., Italy)

Çelik bir tûp içerisinde, basınç ve termal kontrollü yanma sonucu oluşan 1500-2000 °C sıcaklıktaki alev şoku mermeri parçalayarak kanal açmaktadır. Alev şoku çelik borunun ağzından yaklaşık ses hızının beş katı bir hızla çıkarak mermer üzerinde 10 cm. kalınlıkta bir kanal açmaktadır. Bu işlem için çelik borunun ağzının kesilecek yüzeye 30°'lik açı ile tutulması gerekmektedir. Alevden çıkan sıcaklık sonucu genleşme ile meydana gelecek çatlakların oluşmaması için, kayanın sürekli ve uygun bir şekilde su ile soğutulması zorunlu olmaktadır. Açılan kanalın derinliği 6 m.'ye kadar çıkabilmektedir. Kesme hızı 1-1.5 m<sup>2</sup>/saat arasında gerçekleşmektedir (Erguvanlı, 1984).

#### 2.3.1.8. Basınçlı Su ile Mermer Üretimi

Mermer üretiminde yeni yöntemlerden biri olup, kesme işlemi yüksek basınçlı suyun 0.2-1.0 mm. çaplı bir delikten ses hızının 3-4 katı bir hızla 50 mm. uzaklıktaki mermer yüzeyine çarptırılması ile sağlanmaktadır (Şekil 13). Suyun püskürtüldüğü uç sentetik safirden yapılmaktadır. Uç ve bağlayıcı kısımların kullanılma ömrü 50-200 saat civarında olmaktadır.

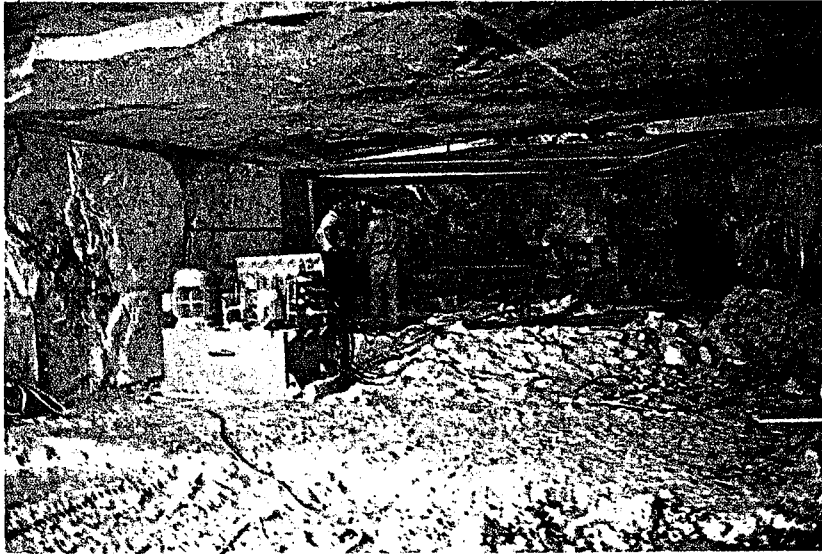


Şekil 13. Bir granit ocağında basınçlı su ile blok üretimi (Ciccu, 1993).

Basınçlı su yönteminde kesme derinliği kesilen taşın sertliğine, tane boyuna, çimento türü ve derecesine göre değişmektedir. Su içerisine eklenen uzun zincirli polimerler yardımıyla kesme derinliği arttırılabilmektedir. Endüstriyel ölçekte 400 MPa basınç ve 25 lt/dk. akış debisi olan pompalar üretilmiş olmasına karşın, yüksek enerji gereksinimi nedeniyle yöntem genellikle ekonomik olamamaktadır (Tutluoglu, 1986).

### 2.3.2. Yeraltı Mermer İşletme Metodu

Ürtü tabakasının açık işletmeciliğe olanak vermediği, mekanik özellikleri yüksek ve doğal çatlakların sınırlı olduğu, kıymetli mermerlerin işletilmesinde yeraltı üretim yöntemi uygulanmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Bir yeraltı mermer ocağı  
(Korfmann masch. katologu)



Ocak belli bir metodla açık ocaktan kapalı ocaga dönüştürülmekte veya işletmeye direk yeraltı hazırlıkları ile başlanmaktadır. Yeraltı işletme metodu henüz çok yaygın olarak uygulanmamakla beraber uygulamaları ve üretim kapasiteleri yönünden hızla gelişmektedir.

Yeraltı işletme metodu genelde oda-topuk yöntemi (Room & Pillar) olup, üretim, mermerin jeomekanik özellikleri, doğal çatlak sistemleri ve yatağın şekline bağlı olarak boyutları belirlenen oda ve topuklar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Kazı planı oda-topukların düzenli veya düzensiz olmasına göre ikiye ayrılmaktadır.

Masif ve homojen yataklarda kare ve dikdörtgen kesitli, 50-100 m. genişliği ve uzunluğu olan, 10-15 m. yüksekliğinde ve düzenli odalarda üretim yapılmaktadır (Conti,1985). Çatlaklı ve homojen olmayan yataklarda ise oda ve topuk boyutları çatlakların lokal derecesine göre tespit edilmektedir. Kazı derinlere doğru ilerledikçe topuk boyutları geniş tutulmaktadır. Odalar genişliklerinin %15-%25'ne sahip topuklar tarafından desteklenmekte ve tahkimat teknikleri (tavan civataları) uygulanarak topuk dayanımları arttırılmaktadır (Power, 1985).

Odaların oluşturulmasına tüm oda boyunca 2-3 m. yükseklikte açılan blok galerisinin tüm oda tavanı boyunca genişletilmesiyle başlanmaktadır. Blok galerileri zincirli kesiciler, elmas tel testereleleri veya delme-patlatma ile açılmaktadır. Taş kaybını önlemek ve en ucuz yöntem olan delme-patlatma yöntemini uygulamak için blok galerisi tavan taşı içinde sürülelebilmektedir. Bu aşamadan sonra izotropik yataklarda zincirli kesicilerle 2-3 m, homojen yataklarda elmas tel testeresi ile 8-10 m yüksekliğinde basamaklar oluşturarak üretim yapılmaktadır. 30°-45° eğimli, tabakalı yataklar, tabaka düzlemine dik oluşturulan topuklar yardımıyla üretilmektedir. Buna bağlı olarak ocak tabanı eğimli olmaktadır (Power,1985).

## 2.4. Mermer Sınıflama Sistemleri

### 2.4.1. Renk Özelliklerine Göre Mermer Sınıflaması

Mermerler doğada çeşitli renklerde ve desenlerde bulunmakta ve renklerine göre isimlendirilmektedirler. Mermerlere renk kazandıran içlerindeki renk verici mineraller olup, bazı hallerde mermerlerde meydana gelen çatlaklar yabancı maddelerle dolularak değişik renk ve desenlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Sonuç olarak mermer ticaretinde mermerlerin renk ve desenleri, piyasada isim yapmış diğer mermerlerle karşılaştırmalı olarak tanımlanır (Ersoy, 1991).

Renklere göre mermer sınıflamasında baz alınan kriterler mermerin rengi ve bu renklere uygun mermerlerin bulunduğu yöreler olmaktadır (Tablo 1.).

Tablo 1. Kaplama Taşlarının Renklerine Göre Sınıflanması (Güleç, 1980).

Renk	Örnek Kaplama Taşı İsmi
Süt Beyaz	Marmara dolomit mermerleri
Beyaz	Marmara beyaz mermeri, Afyon ak mermeri, Ankara travertenleri
Gri	Afyon gri mermer
Gri-Mavi	Afyon kaplan postu, Marmara adası mermeri
Kirli Sarı	Afyon sarı mermeri, Denizli ve Çankırı travertenleri
Mor	Kastamonu (Tosya) ve Afyon mermerleri
Vişne Çürüğü	Afyon gülü mermeri, Haymana breş mermeri
Pembe	Bilecik tektonik breşi, Hereke pudingi
Açık Kırmızı	Bandırma breşi, Yayla dağı kalkerleri, Çanakkale graniti
Koyu Kırmızı	Mugla mermeri, Gebze marnlı kalkerleri, Konya marnlı kalkerleri
Yeşil	Söğüt albatrı, Turhal albatrı, Gemlik diabazı, Bilecik serpantini
Siyah	Adapazarı, İstanbul ve Tarsus kalkerleri
Karışık Renk	Afyon güvercin bağı, Kırşehir albatrı

#### 2.4.2. Ayrışma Derecesine Göre Sınıflama

Kaya kalitesi belirlemede gözönüne alınması gereken önemli parametrelerden birisi de ayrışma derecesidir. Mermerlerin ayrışma derecesine göre sınıflandırılmasında Uluslararası Kaya Mekanığı Derneği ( ISRM ) tarafından tavsiye edilen kaya ayrışma sınıflandırmasına uyulmuştur ( Tablo 2 ).

Tablo 2. Kaya Ayrışma Sınıflandırması ( I.S.R.M., 1979 )

SINIF	TERİM	TANIM
I	Taze	Kaya kütleğinde ayrışmanın hiçbir etkisi görülmez, belki süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir.
II	Az Derecede Ayrışmış	Renk değişimi kaya kütleğinin ve süreksizlik yüzeylerinin ayrıştığını gösterir. Ayrışma sonucu kaya kısmen renk değiştirebilir, fakat henüz direncinden birşey yitirmemiştir.
III	Orta Derecede Ayrışmış	Kaya kütleğisi tümüyle renk değiştirmiş ve önemli ölçüde direncini yitirmiştir. Kaya kütleğisi ayrışmanın etkisi ile süreksiz bir çatı veya çekirdek taşları şeklinde bulunabilir.
IV	İleri Derecede Ayrışmış	Kaya kısmen toprağa dönüşmüş ve/veya ufalanmıştır. Toprak içinde taze veya renk değiştirmiş veya dayanımsız kaya maddesi ve süreksiz bir çatı veya çekirdek taşları şeklinde bulunabilir.
V	Tümüyle Ayrışmış	Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş ve/veya ufalanmıştır, fakat kayanın orjinal yapı ve dokusu hala korunmaktadır.
VI	Kalıntı	Kaya tümüyle toprağa dönüşmüş olup, kütleğisel yapı ve dokusu bozulmuştur. Hacim büyük ölçüde artmış fakat toprak henüz taşınmamıştır.

#### 2.4.3. Kristal Boyutlarına Göre Mermer Sınıflaması

Kristal boyutuna göre yapılan sınıflandırmada kriter olarak belirli sınırlar içerisinde kalan (%75) kristallerin boyutu esas alınmakta, alt ve üst sınır tespit edilmektedir. Bu nedenle bu sınıflama yalnızca kristalleşme gösteren mermerler için yapılabilmektedir (Güleç, 1980).

Mermerlerin kristal boyutlarına göre sınıflanması Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3. Mermerlerin Kristal Boyutlarına Göre Sınıflandırılması (Güleç, 1980).**

Kristal Sınıfı	Kristal Boyutu ( $\mu$ )	Örnek Mermer	
		Türkiye	Yabancı
Çok İnce	< 50	-	Yule M., A.B.D.
İnce	50-100	Marmara Dolomit	Carrara M., İtalya
Orta	100-1000	Afyon Mermeri	Carrara M., İtalya
Kaba	> 1000	Marmara Mermeri	Georgia M., A.B.D.

#### **2.4.4. İşlenme Özelliği ve Jeolojik Kusurlara Göre Mermer Sınıflaması**

Mermerlerde oluşumu sırasında meydana gelen boşluklar, kırıklar, çatlaklar gibi veya blok üretimi esnasında meydana gelen çatlaklar ve kırıklar gibi kusurlar gözlenmektedir. Amerika Standartlar Enstitüsü 1961 yılında kaplama taşlarını ticari değerlerine etki eden işleme ve jeolojik kusurlara göre dört grupta toplamıştır (Tablo 4).

**Tablo 4. Mermerlerin İşlenme Niteliği ve Jeolojik Kusurlara Göre Sınıflanması (Güleç, 1980).**

Sınıf	Özellik
A	Sağlam, üniform ve işlenme özelliği çok iyi
B	Genellikle A gibi, fakat işlenme özelliği iyi değil, bazen doldurulması ve yapıştırılması gerekli kusurları var.
C	İşlenme niteliği değişken ve damar, çatlak, fissür, boşluk ve benzeri kusurlar çokça görülür. Bu kusurları çeşitli maddelerle tamir edilerek kullanılabilir.
D	C grubuna benzer, kusurları daha çoktur ve işlenme niteliği kusurlara bağlı olarak çok fazla değişmektedir. Süs taşı olarak kullanılan renkli-damarlı mermerler bu gruba girer

#### **2.4.5. Tek Eksenli Basma Dayanımına Göre Sınıflama**

Mermerlerin tek eksenli basma dayanımlarına göre sınıflanmasında I.S.R.M.'nin (1979) tek eksenli basma dayanımına göre kaya sınıflamasından (Tablo 5) faydalanılmıştır.

**Tablo 5. Mermerlerin Tek Eksenli Basınç Dayanımına Göre Sınıflandırılması (I.S.R.M., 1979).**

Sınıf	Özellik	T.E.B.D. (MPa)
A	Çok Yüksek Dirençli	> 225
B	Yüksek Dirençli	225 - 100
C	Orta Dirençli	100 - 50
D	Orta-Düşük Dirençli	50 - 25
E	Düşük Dirençli	25 - 5
F	Çok Düşük Dirençli	5 - 1

#### 2.4.6. Modülüs Oranına Göre Sınıflama

Deere ve Miller (1966) tanjant (elastisite) modülünün tek eksenli basma dayanımına oranını modül oranı olarak tarif etmişler ve aşağıdaki sınıflamayı önermişlerdir.

Tanım	Modülüs Oranı
Yüksek Modül Oranı	> 500
Orta Modül Oranı	200 - 500
Düşük Modül Oranı	< 200

#### 2.4.7. Schmidt Çekici Değerine Göre Sınıflama

Schmidt Çekici değerlerine göre mermerlerin sınıflanmasında (Tablo 6) I.S.R.M.'nin (1978) Schmidt Çekici değerlerine göre kaya sertlik sınıflamasından yararlanılmıştır.

**Tablo 6. Schmidt Çekici Değerlerine Göre Kaya Sertlik Tanımı (I.S.R.M., 1978)**

Schmidt Çekici Değeri	Tanım Terimi
0 - 10	Yumuşak
10 - 20	Az Yumuşak
20 - 40	Az Sert
40 - 50	Sert
50 - 60	Oldukça Sert
> 60	Çok Sert

#### 2.4.8. Suda Dağılma Dayanım İndeksine Göre Sınıflama

Suda dağılma dayanım değerlerine göre kayalar aşağıda gösterildiği şekilde sınıflandırılmaktadır (Gamble, 1971 (I<sub>d</sub>-2 için)).

Tablo 7. Suda Dağılma Dayanım Değerlerine Göre  
Kaya Sınıflaması (Gamble, 1971)

Suya Dayanım İndeks Değeri (%)	Dağılma Dayanım Sınıflaması
0 - 30	Çok Düşük
30 - 60	Düşük
60 - 85	Orta Derecede
85 - 95	Orta - Yüksek
95 - 98	Yüksek
98 - 100	Çok Yüksek

#### 2.4.9. Kaya Kalitesi Belirtecine (RQD) Göre Sınıflama

Deere (1964), karotlu delmede karotun kazanımı esasına dayalı bir kaya kütle kalitesi nicel indeksi önermiştir. Kaya Kalitesi Belirteci (RQD) çok yaygın olarak kullanılmakta ve kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında çok yararlı olmaktadır.

RQD, karotlu ilerlemede toplam ilerleme uzunluğu içinde 100 mm veya daha fazla uzunluktaki parçaların yüzdesi olarak ifade edilmektedir.

$$RQD (\%) = \frac{100 \text{ mm ve daha büyük parç. topl. uzunl.}}{\text{Toplam ilerleme uzunluğu}} \times 100$$

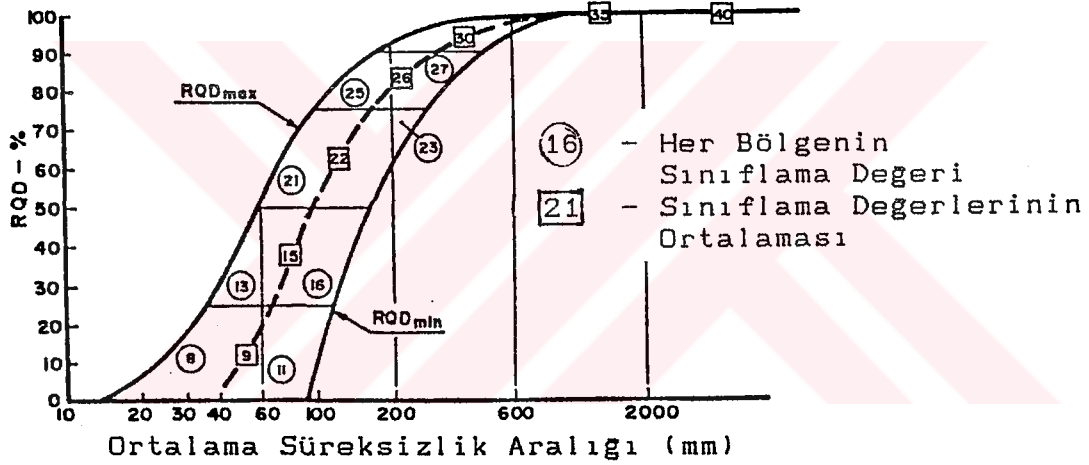
En az 50 mm çapındaki bir log üzerinde belirlenen RQD normal olarak kabul edilmektedir. Delikler çift barrelli elmas delme makinası ile delinmiş olması gerekmektedir. RQD değeri genellikle aşağı yukarı 2 m'lik serilerle her bir log için hesaplanmaktadır. Bu yöntem basit ve hızlı sonuçlanabilmektedir.

Deere RQD 'nin nümerik değerleri ve kayanın mühendislik kalitesi sınıflaması Tablo 8'de verilmektedir.

Tablo 8. RQD'ye Göre Kaya Sınıflaması (Deere, 1964)

Kaya Kalitesi Belirteci (RQD %)	Kaya Kalitesi Sınıflaması
< 25	Çok Kötü
25 - 50	Kötü
50 - 75	Orta
75 - 90	İyi
90 - 100	Çok iyi

Bu çalışmada RQD değerleri; ortalama süreksizlik aralığı ile RQD arasındaki ilişki'den (Şekil 15) yararlanılarak bulunmuştur.



Şekil 15. Ortalama süreksizlik aralığı ile RQD arasındaki ilişki (Bieniawski, 1989).

#### 2.4.10. Jeomekanik Kaya Kütleli Sınıflama Sistemi (RMR)

" Jeomekanik Kaya Kütleli Sınıflama Sistemi " veya "Kaya Kütleli Değerlendirme (RMR) Sistemi " Bieniawski (1973) tarafından ortaya konmuş, daha sonra üzerinde bazı değişiklikler yapılarak geliştirilmiştir (Tablo 9).

Bu sınıflama sisteminde, sahada ölçülebilen veya sondaj verilerinden elde edilebilecek altı parametre kullanılmaktadır. Bunlar; kaya numunesinin tek eksenli basma dayanımı ( $\sigma_c$ ), kaya kalitesi belirteci (RQD), süreksizliklerin aralığı, süreksizliklerin durumu, yeraltı suyu durumu ve süreksizliklerin konumudur.

**Tablo 9. Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflaması**  
(Bieniawski, 1973)

**A. SINIFLANDIRMA DEĞİŞKENLERİ VE SAYISAL DEĞERLENDİRMELERİ**

DEĞİŞKEN		DEĞER ARALIĞI				Bu düşük aralık için tek eksenli Basma deneyi tercih edilir		
1	Kayanın Nokta-yükü Dayanım İndisi	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
	Dayanım Tek eksenli Basma Dayanımı	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	Sayısal Değer	15	12	7	4	2	1	0
2	Kaya Hileliliği Belirticisi (RQD)	90 %-100 %	75 %-90 %	50 %-75 %	25 %-50 %	< 25 %		
	Sayısal Değer	20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı	> 2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Sayısal Değer	20	15	10	8	5		
4	Süreksizlik Durumu	Çok pürüzlü yüzeyler Süreksiz Bitirlik Sert eklem yüzeyi	Az pürüzlü yüzeyler Açıklık < 1 mm Sert eklem yüzeyi	Az pürüzlü yüzeyler Açıklık < 1 mm Yumuşak eklem yüzeyi	Parlak yüzeyler VETA 5 mm.den az kalınlıkta dolgu malzemesi VETA Açıklık 1-5 mm sürekli	5 mm.den daha kalın yumuşak dolgu malzemesi VETA Açıklık > 5 mm.sürekli		
	Sayısal Değer	30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünel uzunluğunun her 10 m. içindeki akış	YOK	< 10 lit/dak.	10-25 litre/dak.	25-125 litre/dak.	> 125 litre/dak.	
		Eklem suyu basıncı	0	0	0.0-0.2	0.2-0.5	0.5	
		Büyük asal Gerilme	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	
		Genel Durum	Kuru	Nemli	Islak	Orta miktarda su	Çok aşırı su problemleri	
	Sayısal Değer	15	10	7	4	0		

\*Süreksizlik içermeyen kaya (intact rock)

**B. EKLEM KONUMLARINA GÖRE SAYISAL DEĞERLENDİRMEDE YAPILACAK DÜZELTMELER**

Eklemelerin yatım ve doğrularının konumu		Çok Uygun	Uygun	Vasat	Uygun Değil	Hiç Uygun Değil
Sayısal Değerler	Tünel	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

**C. TOPLAM SAYISAL DEĞERLENDİRMEYE GÖRE KAYA KÜTLESİNİN SINIFLANDIRILMASI**

Sayısal Değerler Toplamı	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Tanım	Çok İyi Kaya	İyi Kaya	Vasat Kaya	Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya

**D. KAYA KÜTLESİ SINIFLARININ İFADE ETTİĞİ ANLAMLAR**

Sınıf No.	I	II	III	IV	V
Ortalama tahkimsiz geçmeden durma zamanı	15 m açıklık için 10 sene	8 m açıklık için 6 ay	5 m açıklık için 1 hafta	2.5 m açıklık için 10 saat	0.1 m açıklık için 30 dakika
Kaya kütlelerinin kohezyonu	> 400 kPa	300-400 kPa	250-300 kPa	100-200 kPa	< 100 kPa
Kaya kütlelerinin sürtünme açısı	< 45°	35°-45°	25°-35°	25°-25°	< 15°

**E. SÜREKSİZLİĞİN DOĞRULTU VE YATIM KONUMUNUN TUNEL AÇIMINDAKİ ETKİSİ**

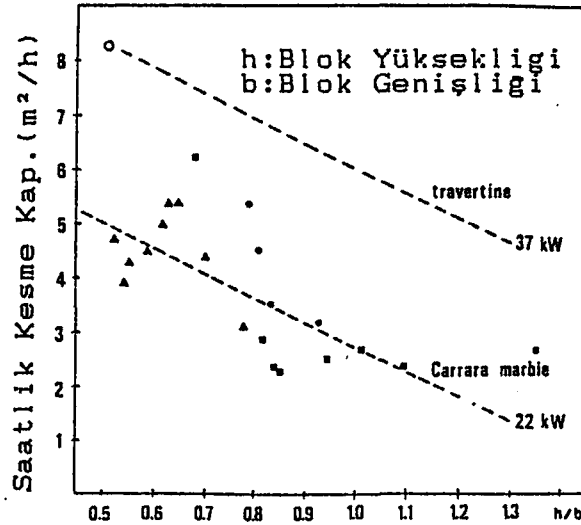
Doğrultu Tünel Eksenine Dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Yatım 0°-20° Doğrultu göz önüne alınmadan
Yatım Yönünde İlerleme		Yatıma Karşı İlerleme		Yatım 45°-90°	Yatım 20°-45°	
Yatım 45°-90°	Yatım 20°-45°	Yatım 45°-90°	Yatım 20°-45°			
Çok Uygun	Uygun	Vasat	Uygun değil	Hiç uygun değil	Vasat	Uygun değil



Sınıflama için gerekli veriler toplandıktan sonra, ilk beş sınıflama değişkeni için sayısal değerler Tablo 9'un "A" bölümünden yararlanılarak bulunmaktadır. Süreksizliklerin konumlarına göre ( altıncı sınıflama değişkeni ) sayısal değer ise Tablonun "E" ve "B" bölümü kullanılarak bulunmaktadır. "C" bölümünde ise toplam sayısal değerlendirmeye göre kaya kütlesinin sınıflandırılması, "D" bölümünde ise, kaya kütlesi sınıflarının ne anlama geldiği, kaya kütlesi dayanım parametreleri ile ortalama tahkimatsız durma zamanları verilerek açıklanmaktadır.

## 2.5. Önceki Çalışmalar

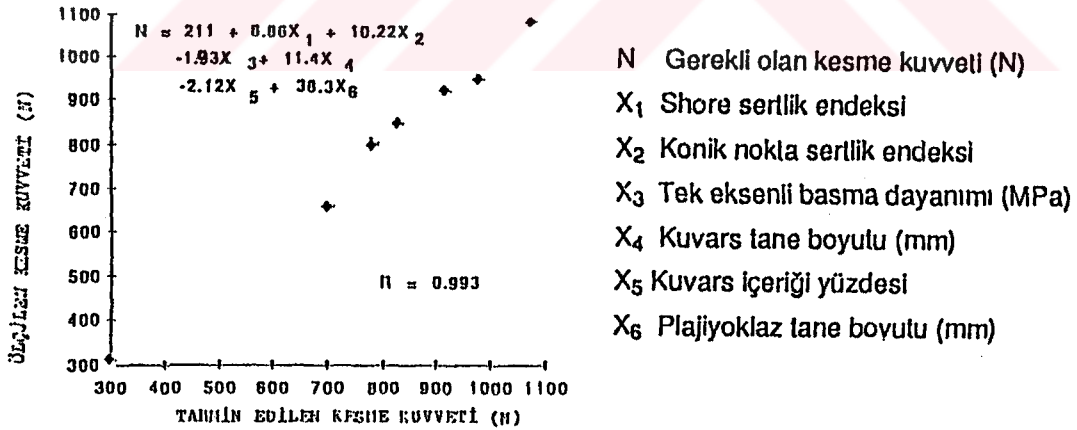
Berry, P. ve arkadaşları 1989'da elmaslı tel testerelerle mermer üretiminde kesme geometrisi ile kesme kapasitesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve blok yüksekliğinin blok genişliğine oranı ile saatlik kesme kapasitesi arasında anlamlı bir ilişki kurulabildiğini göstermişlerdir (Şekil 16).



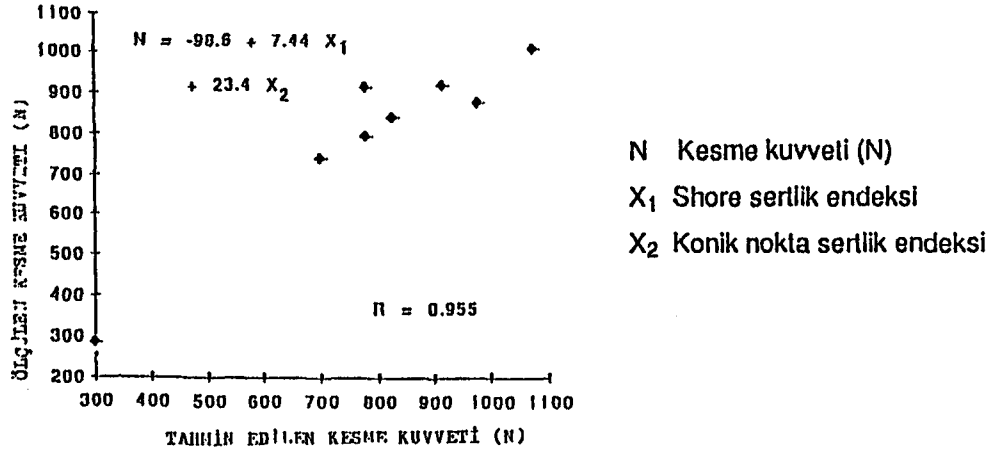
Şekil 16. Elmaslı tel testereler ile üretimde kesme geometrisi-kesme hızı ilişkisi (Berry, P. ve arkadaşları, 1989).

Unver, B. kayaların testerelerle kesilebilirliğinin pratik olarak belirlenebilmesi için istatistiksel bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonuçları mermer işleme tesislerine yönelik olmasına rağmen elmas diskli kesici makinalarla mermer üretimi ile de ilişkilendirilebilir gözükmektedir.

Unver çalışmasının sonucunda kayaların tezgahlarda kesilebilirliği açısından en önemli faktörlerin genel kayaç sertliği ve sert minerallerin tane boyutları olduğunu ortaya koymuş ve sert minerallerin tane boyutlarının artmasının kesme işlemini güçleştirdiğini vurgulamıştır. Unver kuvars, plajiyoklas ve ortoklaz tane boyutlarının miktarları ile birlikte kiritik faktörler olduğunu belirttikten sonra kayaların testerelerle kesilebilmesi açısından gerekli olan kesme kuvvetini belirlemeye yönelik regresyon analizi yaparak bazı ilişkiler sunmuştur (Şekil 17 ve Şekil 18).



Şekil 17. Deneyler sırasında ölçülen ve 3 nolu regresyon denklemleri ile bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki (Unver, 1992)



**Şekil 18. Deneyler sırasında ölçülen ve 4 nolu regresyon denklemleri ile bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki (Unver, 1992)**

Ersoy, H.,T., 1991'de Konya-Ladik mermerlerinin jeomekanik özellikleri ve işletmeciliği konulu bir çalışma yapmış ve bu yörede yer alan gri ve beyaz renkli iki mermer örneğinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiş ve sınıflandırmıştır. Ersoy bu çalışma sonunda Ladik yöresindeki mermerlerin iç ve dış duvar kaplaması, tezgah-masa üstü ve özel iç dekorasyon malzemesi olarak kullanılabilirliğini ancak sürtünme ile aşınma miktarının yüksek olması nedeniyle döşeme ve basamaklarda kullanılamayacağını vurgulamıştır. Ladik mermerlerinin kristal boyutlarına göre orta kristalli mermerler sınıfına girdiklerini, tek eksenli basma dayanımlarına göre gri-mavi mermerin orta,beyaz mermerin ise orta-düşük sınıfına dahil olduklarını, işleme özellikleri ve jeolojik kusurlarına göre ise A sınıfı mermer olduklarını belirtmiştir. Daha sonra mermer işletme yöntemi olarak elmaslı tel testere yöntemi ile üretimi önermiştir. Ancak bu yöntemi seçmek açısından fiziksel ve mekanik özelliklerin ilişkisine değinmemiştir.

Erguvanlı ve Yüzer, 1983, çalışmalarında 2-20 m arasında değişen süreksizliklerin el vermesinde halinde tel kesme ile mermer üretiminde en uygun basamak yüksekliğinin 3.5 - 7 metre olduğunu belirtmişlerdir.

Mermer işletmeciliği ve optimizasyonu konusunda bir çok araştırma ve yayın yapılmış olmasına rağmen bu çalışmalar sadece yöntemlerin tanıtılması, kaya madde ve kütle özelliklerinin belirlenmesi gibi konularla sınırlı kalmış, üretim yöntemi seçimi ve optimum uygulamasına yönelik olarak mermerlerin madde-kütle özelliklerinin hangilerinin ne derecede etkili olduğu konusuna değinilmemiştir.

#### **2.6. Tezin Amacı**

Yüksek rezervli, kaliteli, çeşitli renk ve desenli mermerlerin değerlendirilmesi için jeolojik ve yapısal özelliklerinin yanısıra mermer üretiminde ve kullanımında etkin olan fiziksel ve mekanik özelliklerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla aşağıda belirtilen çalışmalar bu tez kapsamında gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

- Arazi ve laboratuvar çalışmaları
- Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi
- Çalışılan mermerlerin çeşitli parametrelere göre sınıflanması
- Üretim sistemleri ile mermer madde/kütle özellikleri arasında ilişkiler kurulması

### 3. ARAZI VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

#### 3.1. Genel

Bu çalışma kapsamında aşağıda belirtilen altı değişik mermer sahasında işletme sistemleri incelenmiştir. İş makinalarının performanslarını ölçmeye ve kaya madde/kütle özelliklerini belirlemeye yönelik arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bu mermer sahaları Tablo 10'da gösterildiği şekilde kodlanmış olup, bundan sonra belirtilen kodlarla anılacaklardır.

Tablo 10. Çalışılan Mermer Sahaları

Mermer Sahası	Kod No
Sivas-Geynik (Siyah Mermer)	1
Sivas-Çırçır (Siyah Mermer)	2
Sivas-Kösrev (Bej Mermer)	3
Sivas-Sıcak Çermik (Oniks Mermer)	4
Burdur-Karamanlı (Bej Mermer)	5
Isparta-Büyük Gökçeli (Bej Mermer)	6

1 nolu saha Sivas ili Yıldızeli ilçesi Geynik köyü Eski Geynik mevkiinde ve Geynik' e 2 km. uzaklıktadır. Sahanın kuzeyinde Çebitçalı tepesi, batısında ise Uçolgun deresinin geçtiği vadi yer almaktadır.

2 nolu saha Sivas ili Yıldızeli ilçesi Çırçır köyü Kale mevkiindedir. Kuzeyinde Doğanlı köyü güney batısında Aslandoğmuş köyü bulunmaktadır.

3 nolu saha Sivas ili Kösrev köyü civarındadır. Kuzeyinde Kösrev köyü, güney-batısında Porsuk köyü, doğusunda Karaçayır köyü yer almaktadır. Batısında ise Hıdırnalı köyüne giden stabilize bir yol mevcuttur.

4 nolu saha Sivas ili Yıldızeli ilçesi Bakırcıoğlu köyü Yazı mevkiindedir. Batısında Bakırcıoğlu köyü, kuzey-doğusunda Karacaören köyü, doğusunda İğdecik köyü, kuzeyinde ise Çigli ırmağı ile çevrilidir.

5 nolu saha Burdur ili Karamanlı ilçesi Yazılıtaş mevkiindedir. Dogusunda Karamanlı ilçesi, güneyinde Tefenni ilçesi yer almaktadır.

6 nolu saha Isparta ili Büyük Gökçeli köyü civarındadır. Büyük Gökçeli köyü çalışan ocagın 1 km kadar güneyinde yer almaktadır. Ancak ruhsat sahası köyün içine kadar uzanmaktadır.

Bu mermer sahalarının yerlerini gösteren harita Ek 1.'de sunulmuştur.

Hukuki olarak 1 ve 3 nolu sahalar Emmioglu Mermer Ltd.Şti., 2 nolu saha Sivmer A.Ş. , 4 nolu saha Kemal ŞİMŞEK, 5 nolu saha Isparta Gölmer Ltd. Şti. ve Afyon Diyar Mermer, 6 nolu saha ise Isparta Modül Mermer San. ve Tic. A.Ş.'ne aittir.

### 3.2. Arazi Çalışmaları

Altı adet mermer sahasında gerçekleştirilen bu çalışmada kapsamlı bir arazi çalışma programı sürdürülmüştür. Mermerler süreksizlik, sertlik ve bazı malzeme özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Arazi çalışması mermer sahalarında kullanılan üretim ekipmanının belirlenmesini, jeoteknik tanımı, yerinde yapılan deneyleri, performans analizine yönelik veri alınmasını ve kaya mekanigi laboratuvar deneyleri için çalışılan mermerleri temsil ve karakterize eden blok numunelerin alınarak laboratuvara getirilmesini içermiştir. Ayrıca kaya mühendislik sınıflaması ve kalitesinin belirlenmesine yönelik jeoteknik veriler alınmaya çalışılmıştır.

Her lokasyonun kalıcı kaydının sağlanması ve daha sonraki büro çalışmalarında yeniden gözden geçirilerek değerlendirilebilmesi amacıyla video, slayt ve fotoğraf çekimleri yapılmıştır.

### 3.2.1. Ekipman Durumu ve Üretim Kapasitesi

Çalışılan herbir mermer sahasında üretimde kullanılan ana ekipman ve yardımcı malzemeler tespit edilmiştir. Tespit edilen ekipman aşağıda sunulmuştur;

1 nolu sahada; 1 adet 955 Caterpillar yükleyici, 1 adet kompresör (2 adet martoperfaratör çalıştırabilecek kapasitede), 2 adet martoperfaratör ve muhtelif uzunluklarda matkaplar, 1 adet titano (hidrolik itici tahrik ünitesi) ve 2 adet boom (itici), kamalar ve diğer el aletleri (kazma, kürek vs.) mevcuttur. Bu sahada zaman zaman üretim durdurularak, buradaki ekipman ruhsat sahibi firmanın diğer sahalarında da kullanılmaktadır. Yine bu firmaya ait 3 nolu sahada da aynı ekipman kullanılmaktadır. Ancak arazi çalışmaları sırasında bu sahalarda mermer üretim çalışmaları yapılmamaktaydı. Üretim kapasiteleri 300-400 m<sup>3</sup>/yıl olarak beklenmektedir.

2 nolu sahada; 1 adet Caterpillar 955 L yükleyici, 6 silindir Ford kompresör, 3 adet Atlas Copco martoperfaratör, muhtelif uzunluklarda matkaplar, 2 adet titano (10 HP'lik) ve 4 adet iticisi, muhtelif sayıda kama takımı ve diğer yardımcı el aletleri mevcuttur. 500-800 m<sup>3</sup>/yıl üretim hedeflenmektedir.

4 nolu sahada 1 adet Janbach kompresör, 1 adet Atlas Copco martoperfaratör, 1 adet 80 cm'lik matkap, kama takımları ve muhtelif el aletleri mevcuttur.

5 nolu sahada 1 adet 110 kW'lık jeneratör, 1 adet 955 L Caterpillar yükleyici, 2 adet titano, 4 adet muhtelif kapasitelerde hidrolik itici, 1 adet dizel motorlu Ingersoll-rand kompresör (2 adet martoperfaratör çalıştırabilecek kapasitede), 2 adet Toko martoperfaratör, muhtelif uzunluklarda matkaplar ve el aletleri, 2 adet Diyar Makina elektrik motorlu elmaslı tel kesme makinası ve 1 adet sondaj makinası mevcuttur. Bu makinalardan birinin volan (kasnak) dış çapı 50 cm olup, blok ebatlama amacıyla, diğerinin volan dış çapı 81.7 cm olup, blok mermer üretimi ve ebatlanması amacıyla

kullanılmaktadır. Bu sahada kamalama yöntemi kullanılmazken kompresör ve delici tabancalar sadece yardımcı ekipman olarak bulundurulmaktadır. 1000-1500 m<sup>3</sup>/yıl üretim planlamaktadırlar.

6 nolu sahada 1 adet D 75 S Komatsu yükleyici, 1 adet ALPHA 840 tipi (Şekil 19) ve 1 adet TL-920 tipi iki adet elektrik motorlu Benetti elmaslı tel kesme makinası (TL-920 sadece ebatlamada kullanılmaktadır), 1 adet Benetti HDM/025 tipi elektrik motorlu sondaj makinası (Şekil 20), 1 adet XA-125 tipi Atlas Copco kompresör, 1 adet titano ve muhtelif kapasitelerde iticileri, 2 adet Toko martoperfaratör, muhtelif sayıda kama takımları ve değişik el aletleri mevcuttur. Bu sahada enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi kullanılmakta olup, bu amaçla ruhsat sahibi firma tarafından trafo merkezi kurulmuştur. 2000-2500 m<sup>3</sup>/yıl üretim gerçekleştirebilecek ekipmana sahiptirler.



Şekil 19. ALPHA 840 tipi Benetti elmaslı tel kesme Makinası (Isparta-Modülmer A.Ş., 1993)





**Şekil 20. HDM/025 tipi Benetti sondaj makinası  
(Isparta-Modülmer A.Ş., 1993)**

### **3.2.2. Jeoteknik Tanım**

Her sahada mermer birimlerinin madde ve kütle özelliklerini belirleyebilmek amacıyla sistematik olarak veriler toplanmış ve mermerlerin jeoteknik tanımlamaları yapılmıştır.

Bu amaçla daha önce hazırlanan mermer ocaklarında jeoteknik ve performans çalışmaları bilgi formlarından (Ek 2.) yararlanılmıştır.

Mermer kütle özellikleri olarak renk, ayrışma derecesi, nem durumu, mevcut süreksizlik sistemleri ve bunların özellikleri arazide yapılan gözlemler sonucunda kaydedilmiştir.

Mermer kütlesi içindeki mevcut süreksizliklerin (eklem takımları, katmanlaşma düzlemleri gibi) konumları, aralıkları, dikey ve yatay devamlılıkları ve ayrıca yüzey özellikleri belirlenmiştir. Eklemler arası mesafe, doğrultu ve yatım itibarı ile aynı sisteme dahil olan eklem yüzeyleri arasındaki ortalama dikey mesafe olarak tanımlanmaktadır. Eklem yüzeylerinin pürüzlülük durumları I.S.R.M.'ye göre sınıflandırılmış (Ek 7) ve dolgu maddesinin bulunup bulunmadığı da kaydedilmiştir. Mermer kütlesinin eklemler ve katmanlaşma düzlemlerinin kesişimi ile oluşan bloklardan oluştuğu düşünüldüğünde, bu blokların boyut ve geometrilerinin üretim yöntemi seçimi ve üretilebilecek blok boyutları açısından çok önemli bir faktör olduğu açıktır.

### 3.2.3. Yerinde Yapılan Deneyler

Jeoteknik tanımlamalar yapıldıktan sonra arazide (yerinde) deneyler yapılarak veriler elde edilmiştir. Bu deneyler, Schmidt çekici sertlik testi ve nokta yükleme dayanımı deneyidir.

Sertlik testi için N-tipi Schmidt çekici kullanılmış ve ayna veya iri mermer blokları ( $>0.2 \text{ m}^3$ ) üzerinde darbe yaptırılarak ölçülen sertlik değerleri kaydedilmiştir. Bu sertlik ölçümlerinde Poole ve Farmer (1980)'in geliştirdiği tekrarlamalı darbe yöntemi kullanılmıştır. Schmidt çekici darbe değerlerine göre kaya sertlik tanımlamaları Tablo 6.'de verilmiştir.

Mermer birimlerinin nokta yükü dayanımları arazide hazırlanan parça numuneler üzerinde yerinde yapılan deneyler sonucunda saptanmıştır.

### 3.2.4. Performans Çalışmaları

Performans ölçümü, 5 ve 6 nolu sahalarda çalışan elmaslı tel kesme makinaları, 2,4 ve 6 nolu sahalarda çalışan delici makinaları için gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla araziye çıkılmadan önce hazırlanan, mermer ocaklarında jeoteknik ve performans çalışmaları bilgi formu (Ek 2.), elmaslı tel kesme makinası tanıtım kartı (Ek 3.), delme makinası tanıtım kartı (Ek 4.), performans ölçüm tablosu (Ek 5.) ve delme makinası performans veri tablosu (Ek 6.) arazide doldurulmuştur.

Daha sonra performans ölçme çalışmaları sonucunda elde edilen veriler mermer madde/kütle özellikleriyle ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

### 3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Yukarıda belirtilen mermer sahalarının her birinden alınan mermer blokları C.U. Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekanigi Laboratuvarına getirilerek numune hazırlama bölümünde I.S.R.M. standartlarına uygun olarak karot numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan karot numuneler üzerinde I.S.R.M. standartlarına uygun olarak aşağıda belirtilen kaya mekanigi laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Deney verileri Ceylanoglu ve arkadaşları (1993) tarafından geliştirilen KAYALAB adlı bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen kaya mekanigi laboratuvar deneyleri şunlardır;

- i. Yoğunluk ve nem oranı belirleme
- ii. Suda dağılma dayanımı deneyi
- iii. Tek eksenli basma dayanımı deneyi
- iv. Tek eksenli deformabilite deneyi
- v. Darbe dayanımı deneyi
- vi. Endirekt çekme (Brazilian) dayanımı deneyi
- vii. Üç eksenli basma dayanımı deneyi

#### 4. ARAZI VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI SONUÇLARI VE ANALIZI

##### 4.1. Jeoteknik Tanımlar

Daha önce bahsedildiği gibi her mermer sahası için jeoteknik tanımlamalar yapılmıştır. Bu tanımlamalar saha bazında aşağıda sunulmuştur.

##### Sivas-Geynik (Kod No:1)

Saha bir tepecik üzerinde yer almakta ve dekapaj gerektirmektedir (Şekil 21). Mermer kütleleri ayrışma derecesine göre sınıflandırıldığında (Bölüm 2, Tablo 2) taze sınıfına girmektedir. Üst kısımlarında 0.5 m'yi geçmeyen az derecede ayrılmış bir zon mevcut olup, bu zon üretimde herhangi bir problem oluşturmamaktadır.



Şekil 21. Sivas-Geynik mermer ocağı üretim basamağı

Eklem aralıkları yüzeyden yaklaşık 3 m derinlere kadar toprak ile dolu olup, daha derinlerde dolgunsuz ve dalgalı pürüzlü durumdadır. Mermer yatağının yatım yönü KD 80° olarak tespit edilmiştir. Saha genelde kurudur.

Ayna ortasında 5 m'lik bir kısım masif olup, bu kısmın sağ tarafında eklem aralığı 1.5 m'ye kadar

düşmektedir. Sahada dikey yönde bir eklem takımı tespit edilmiştir. Yine yatayla 10°-15° açı yapan bir eklem takımı daha tespit edilmiş, ancak devamlılığı gözlenememiştir. Dikey eklemlerin yanal devamlılığı 1.5-3 m arasında değişmektedir.

Üretilmiş maksimum blok boyutu 2.65\*1.75\*1.90 m olarak ölçülmüş olmasına rağmen bu sahada ocak derinliğinin artmasına paralel olarak 50-60 m<sup>3</sup>'lük mermer blokları üretme imkanı görülmektedir..

Sahada patlatma işlemi ile blok çatlaması sonucu ortalama boyut 50\*50\*50 cm ve oranı %40, maksimum blok boyutu 2\*1.5\*1 m ve oranı %50 olarak tespit edilmiştir. Daha ufak boyutlu blok oranı ise %10'dur.

Mermerin rengi siyahtır. Kamalama yöntemi ile üretim yapılmaktadır.

#### **Sivas-Çırçır (Kod No:2)**

Saha büyük bir tepe üzerinde oldukça geniş bir yayılım göstermekte ve dekapaj gerektirmemektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Sivas-Çırçır mermer ocağı üretim basamağı

Mermer kütleleri ayrışma derecesine göre taze sınıfına girmektedir. Üst kısımlarında (1 m) az derecede ayrışmış bir zon mevcut olup, bu zon mermer blokları ile birlikte üretilmekte ve daha sonra atılmaktadır.

Eklem aralıkları yüzeyden yaklaşık 7-8 m derinlere kadar toprak ile dolu olup, daha derinlerde dolgunsuz ve pürüzlülüğü düzlemsel-düz olarak belirlenmiştir. Saha genelde kurudur.

Ocak ortasında 8-9 m genişlikte, 5-6 m kalınlıkta, 3-4 m derinlikli eklemlemlerle kesik masif bir kısım mevcuttur. Dikey yönlü eklemlemler yatayla 85° açı yapacak şekilde ve doğu yönünde, yatay eklemlemler ise tabakalanma yüzeyleridir. Diğer eklem takımları ise KB yönünde, yatayla yaklaşık 85° açı yapmaktadır. Sahanın genelinde eklem aralıkları üç boyutta da yaklaşık 3-4 m olarak gözlemlenmiştir. Kamalama yöntemi ile üretim yapılmaktadır.

Ocak derinliği arttıkça üretilebilecek maksimum blok boyutları artmakta ve eklem takımları kaybolmaktadır. Bu kısımlarda 80-100 m<sup>3</sup>'lük bloklar üretmek mümkün görünmektedir. Patlatma sonrası blok boyut ve yüzdeleri; maksimum 3\*2\*2 m ve %70, ortalama 0.8\*0.7\*0.60 m ve %20, daha küçük boyutlar ise %10 olarak gözlemlenmiştir.

Mermer rengi mat siyah olmakla birlikte ocak genelinde bakıldığında koyu gri görüntü vermektedir.

#### **Sivas-Kösrev (Kod No:3)**

Saha dar ve az eğimli bir yamaçta yer almaktadır. Mermer bloklarının üzerinde yer yer 0.5-1 m arasında değişen kalınlıkta toprak örtüsü bulunmaktadır. Üst kısımlarda, 2 m'ye kadar, az derecede ayrışmış zon mevcut olup daha derinlerde tazedir.

Mermer yatağının üst kısımlarında genel olarak 3-4 m civarında ezik zonlar mevcuttur. Saha genelde üç eklem takımı içermektedir. Üst kısımlarda 1\*1.5\*1 m'lik bloklar tespit edilmiştir. Dikeyde 0.6-2 m aralıklı eklem takımları mevcuttur. Yatay yönde belirgin bir

tabakalanma yoktur. Üçüncü eklem seti yatayla  $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$  eğimle yer almakta ve devamlılığı 40-50 cm'dir.

Üst kısımlarda eklem aralıkları toprakla dolmuş olup bu dolgunun ocağın genel yapısına göre 5-6 m derinliklere kadar devam ettiği düşünülmektedir.

Süreksizliklerin pürüzlülük sınıflaması dalgalı-düz ve mermer rengi açık krem olarak belirlenmiştir. Saha genelde az nemli ve kuru olup yer yer yüzeylerde oksitlenme görülmektedir.

#### **Sivas-Sıcak Çermik (Kod No:4)**

Saha düz bir alanda yer almakta ve kuzey yönünde bir fay hattı mevcuttur. Saha civarında sıcak su kaynakları ve oldukça yaygın traverten tabakaları bulunmaktadır.

Sahanın üst kısmı 2 m civarında ileri derecede ayrılmış traverten mermeri ile kaplı olup, bu kısmın hemen altında kalınlığı 20-60 cm arasında değişen taze oniks tabakası yer almaktadır (Şekil 23).



**Şekil 23. Sivas-Sıcak Çermik oniks mermer ocağı**

Bu tabakanın hemen altında yer yer kalınlığı 1 m'ye ulaşan taze traverten tabakası ve altında da 60-100 cm kalınlıkta ikinci bir oniks tabakası mevcuttur. Oniks

mermerinin oluşumuna bağlı olarak delikler içerdigi ve bu deliklerin içlerinin su ile dolu olduğu görülmüştür.

Dikey konumlu eklem takımlarının aralıkları ortalama 60 cm, yanal devamlılıkları ise 60-80 cm arasında değişmektedir. Süreksizliklerin dalgalı-pürüzlü sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Saha genelde kurudur. Oniks mermeri sarı zemin üzerinde karışık renkli görünümündedir.

Çok küçük boyutlu bir işletme olup kamalama yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Bu sahada 3 m<sup>3</sup> civarında oniks mermer blokları üretilebileceği gözlemlenmiştir.

#### **Burdur-Karamanlı (Kod No:5)**

Saha düz bir alanda yer almaktadır. Üretime hafif eğimli bir yamaçtan başlanarak (KB yönünde) 8-10 m yüksekliğinde bir basamak oluşturulmuştur (Şekil 24).



**Şekil 24. Burdur (Karamanlı) bej mermeri ocağı üretim basamağı**

Mermer yatağının üst kısımları 0.5-1 m kalınlıkta toprak örtüsü ile kapalı olup yer yer geniş mostralara vermektedir. Sahanın geneli oldukça fazla sayıda ancak geniş aralıklı eklem takımları içermektedir. Eklemler 3-



5 m derinliklere kadar kırmızı toprak dolgusu ile doludur.

Mermerin ayrışma derecesi sınıfı taze olup, üst kısımlar toprak ile örtülü olduğundan mostra veren kısımlar dışında ayrışma gözlenememiştir.

Üretim yapılan kısımda altı adet dikey eklem mevcuttur ve aralıkları 4-12 m arasında değişmektedir. Bu eklemlerden üç tanesi tabanda kaybolmakta ve basamağın tabanı oldukça masifleşmektedir. Diğer üç eklem ise devamlılığını korumaktadır. Basamak ortasında yaklaşık yatay bir eklem bulunmakta, 3-4 m devamlılık göstermektedir. Diğer bir eklem seti ise D-B yönünde 6-8 m aralıkla ve 3-4 m devamlılıkla yer almaktadır.

Pürüzlülük sınıflaması dalgalı-düz ve genel nemliliği kuru olarak tespit edilmiştir. Mermer krem rengi görünümündedir.

Mermer üretimi elmaslı tel testere ile gerçekleştirilmekte ve 200 m<sup>3</sup>'lük blokların üretimi mümkün olabilmektedir. Patlayıcı madde kullanılmamaktadır.

#### **Isparta-Büyük Gökçeli (Kod No:6)**

Saha büyük bir tepede oldukça geniş yayılım göstermektedir. 9-10 m yükseklikte iki tane üretim basamağı oluşturulmuş, ilk oluşturulan basamak mermer bloklarının çok ezik ve kılcal çatlaklar içermesi nedeniyle terk edilmiştir. Bu üretim aynası ikinci basamağın (Şekil 25) 50 m kadar batısında ve 10 m kadar daha derinde yer almakta ve pasa döküm yeri olarak kullanılmaktadır.

Saha genelde yer yer toprak örtüsü ile kaplı iken, yer yer de geniş mermer mostraları göstermektedir. Üst kısımlarda mermer 2 m ye kadar az derecede ayrılmış, daha alt kısımlarda ise tazedir.

Sahanın tepe kısımlarında ve eteklere doğru ortalama 1 m aralıklarla çok sayıda eklem takımları içerdiği görülmüştür. Çalışılan kısımda ise yaklaşık 1 m derinliğe kadar devamlılığı olan, 2-3 m aralıklı eklem takımları mevcuttur. Bu eklemlerin araları toprak dolgu

ile doludur. Ocagın içinde K-G yönünde 45° egimle batıya dalan toprak dolgulu bir eklem mevcut olup üretimde problem çıkarmaktadır. Bu eklem haricinde ocak aynasında çok küçük boyutlu ve devamlılığı gözlenemeyen çatlaklar mevcuttur. Sahadaki en önemli problem mermer kütlesinin yağlı kesik diye tabir edilen kılcal çatlaklar içermesidir. Bu çatlaklar mermerin kalitesini ve tesiste işlenebilirlik randımanlarını çok düşürmektedir.



**Şekil 25. Isparta (Büyük Gökçeli) bej mermeri ocagı üretim basamağı**

Mermer krem renklidir. Süreksizlikler dalgalı-düz bir pürüzlülük arz etmektedir.

Mermer üretimi elmaslı tel testere ile gerçekleştirilmektedir. Sahada üretilebilecek mermer blokları boyutlarında herhangi bir sorun olmayıp 200 m<sup>3</sup> ve daha büyük hacimlerde üretim yapmak mümkün görünmektedir. Patlayıcı madde kullanılmamaktadır.

#### **4.2. Yerinde Deney Sonuçları**

Daha önce de bahsedildiği gibi arazide (yerinde) yapılan bu deneyler kayaların sertliklerini belirlemeye

yarayan Schmidt çekici sertlik testi ve nokta yükleme dayanımı deneyleridir. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 11'da sunulmuştur.

**Tablo 11. Yerinde Deney Sonuçları**

Kod No	Schmidt Çekici Sertliği	Nokta Yüğü Dayanımı (Is(50)) (MPa)
1	56.4 ± 1.90	8.11 ± 1.54
2	51.8 ± 4.24	7.19 ± 1.73
3	50.7 ± 3.47	9.02 ± 2.38
4	47.6 ± 4.27	8.49 ± 0.99
5	58.4 ± 3.17	5.51 ± 0.76
6	62.5 ± 1.65	8.04 ± 1.21

#### 4.3. Performans Çalışmaları Sonuçları

2, 4 ve 6 nolu sahalarda bulunan delme makinaları için kronometraj tutularak delme hızları bulunmaya çalışılmıştır. Araziden alınan veriler değerlendirilerek sonuçları Tablo 12'de sunulmuştur.

**Tablo 12. Delme Performansı Ölçüm Sonuçları**

Kod No	Delme Sistemi	Matkap Tipi	Matkap Çapı (mm)	Baskı (kg/cm <sup>2</sup> )	Delme Hızı (m/dk)	Açıklamalar
2	Darbeli Döner*	Keski	34	5.50 ± 0.75	0.23 ± 0.01	Dikey Delik Yeterli bs. Matkap boyu 80 cm
2	Darbeli Döner*	Keski	33	5.85 ± 0.75	0.15 ± 0.01	Dikey delik Yeterli bs. Matkap boyu 160 cm
4	Darbeli Döner*	Keski	33	1.65 ± 1.00	0.07	Dikey delik Yetersiz baskı-hava Matkap boyu 80 cm
6	Darbeli Döner*	Keski	34-28	5.50 ± 0.75	0.15 ± 0.05	Yatay delik Yeterli bs. Matkap boyu 80-640 cm (6 adet)
6	Döner**	Tri cone	120	50.00 ± 5.00	0.038	Dikey Delik Boşluklar nedeniyle kötü delme performansı

(\*) : Kuru delik delme  
(\*\*) : Sulu delik delme

5 ve 6 nolu sahalarda biri ebatlama diğeri de üretim amaçlı ikişer adet elmaslı tel kesme makinaları için kronometraj tutulmuş ve değerlendirme sonuçları Tablo 13'de sunulmuştur.

Tablo 13. Kesme Performans Ölçüm Sonuçları

Kod No	Üretim Makinasına Ait Bilgiler	Kronometraj Süresi (sn)	Toplam Kesme Süresi (sn)	Kesme Zorluğu Gözlemi	Toplam Üretim (m <sup>2</sup> )	Beklemez Saatlik Ort.Kpst. (m <sup>2</sup> /saat)	Harcanan Enerji (kW-sa)	Özgül Kesme Enerjisi (kW-sa/m <sup>2</sup> )
5	Diyar Makina Elektrikli, motor güçleri okunamıyor. 80 cm volanlı yaklaşık 1000 d/d, 50 cm volanlı 1500 d/d	9951.25	9951.25	Zor (dikey, kesme, su az, elmas teller eski)	3.84	1.389	81.737*	58.847
6	Benetti ALPHA 840 tip Elektrikli, 30 kW motor 40 m/sn tel hızı, 970 d/d	5079.76	5079.76	Orta-Zor (dikey)	6.10	4.323	25.513	5.902
6	Benetti TL 920 tip, 15 kW motor, 35 m/sn tel hızı, 1460 d/d Elektrikli	1058.33	1058.33	Orta (dikey)	0.85	2.891	-	-
6	ALPHA 840 tip	7786.48	7786.48	Zor (yatay)	8.0	3.699	-	-
6	ALPHA 840 tip ile TL920 tip birlikte	22757.77	22757.77	Orta-Zor (dikey)	30.90	4.888	30.372	6.214

(\*): Lt-mazot'dan çevrilmiştir.

#### 4.4 Laboratuvar Deneyleri Sonuçları

C.U. Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekanigi Laboratuvarına getirilen numuneler I.S.R.M. standartlarının öngördüğü biçimde hazırlanarak standart kaya mekanigi laboratuvar deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu deneylerden elde edilen veriler KAYALAB programı kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçları Tablo 14'de verilmiştir. Ayrıca tek eksenli deformabilite deney raporları ve gerilme-birim deformasyon grafiklerine ilişkin örnekler Ek 8.'de sunulmuştur.

Tablo 14. Kaya Mekanikçi Laboratuvar Deneyleri Sonuçları

Kod No	Yogunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Nem Oranı (%)	Suya Dayanım İndeksi (I <sub>d2</sub> ) (%)	Darbe Dayanımı (kgf.cm/cm <sup>3</sup> )	Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)	Tek Eks. Basma Dayanımı (MPa)	Kohezyon (MPa)	İçsel Sürtünme Açısı (°)(Ø)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı
1	2.67	0.1	99.50	6.98 ± 2.51	9.18 ± 1.14	112.14 ± 14.03	46.32	38.68	98.25	0.378
2	2.66	0.1	99.48	5.40 ± 1.82	9.44 ± 0.89	102.21 ± 9.73	41.79	41.53	84.69	0.345
3	2.66	0.2	99.42	10.54 ± 4.16	8.94 ± 1.65	90.04 ± 4.48	40.05	43.60	71.02	0.377
4	2.69	0.1	99.19	5.72 ± 3.34	6.45 ± 0.86	68.69 ± 16.27	17.85	48.02	56.63	0.195
5	2.65	0.1	99.31	8.14 ± 2.36	7.73 ± 2.54	99.11 ± 12.67	37.96	46.89	83.64	0.320
6	2.68	0.1	99.45	6.96 ± 3.17	9.41 ± 1.98	121.42 ± 11.08	56.37	34.25	88.08	0.327

#### 4.5. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları Sonuçlarına Göre Mermerlerin Sınıflandırılması

Arazi ve laboratuvar çalışmaları tamamlandıktan sonra elde edilen verilerin değerlendirilmesine geçilmiştir. Bu amaçla, öncelikle çalışılan mermerlerin literatürde verilen parametrelere göre (Bölüm 2.5.) sınıflandırılması yapılmıştır.

##### 4.5.1. Renk Özelliklerine Göre Sınıflama

1 ve 2 nolu sahalardaki mermerler siyah renkli olup Afyon Kaplan Postu ve Akşehir Siyahı ile benzer özelliklere sahiptir.

4 nolu sahadaki mermer sarı zemin üzerinde karışık renkli olup Söğüt onikslerine benzemektedir.

5 ve 6 nolu sahalardaki mermerler açık krem renkli olup birbirlerine benzemektedirler. Yine 3 nolu sahadaki mermer koyu krem renkli olup bu iki sahadaki mermerlere çok az da olsa benzemektedir.

##### 4.5.2. Tek Eksenli Basma Dayanımlarına Göre Sınıflama

Elde edilen tek eksenli basma dayanımı değerleri literatüre (Tablo 5) göre sınıflandırılarak Tablo 15'de sunulmuştur.

**Tablo 15. Tek Eksenli Basma Dayanımı Değerleri ve Mermer Sınıfları**

Kod No	Tek Eks. Basma Dayanımı (MPa)	I.S.R.M. (1979)' ye Göre Dayanım Sınıflaması
1	112.14 ± 14.03	Yüksek Dirençli
2	102.21 ± 9.73	Yüksek Dirençli
3	90.04 ± 4.48	Orta Dirençli
4	68.69 ± 16.27	Orta Dirençli
5	99.11 ± 12.67	Orta Dirençli
6	121.42 ± 11.08	Yüksek Dirençli

#### **4.5.3. İşlenme Özelliği ve Jeolojik Kusurlara Göre Sınıflama**

1, 2 ve 5 nolu sahalardaki mermerleri literatüre göre (Tablo 4) A grubu olarak, 3, 4 ve 6 nolu sahalardaki mermerleri B grubu olarak sınıflamak mümkündür. Ancak 3 ve 6 nolu sahalardaki mermerlerin jeoteknik tanımlamalarda da bahsedildiği gibi kılcal çatlaklar içerdiğini belirtmekte yarar vardır.

#### **4.5.4. Schmidt Çekici Değerlerine Göre Sınıflama**

N-tipi Schmidt çekici ile bulunan sertlik değerleri literatür değerleri kullanılarak (Tablo 6) Tablo 16'da gösterildiği şekilde sınıflandırılmıştır.

**Tablo 16. Schmidt Çekici Değerlerine Göre Sertlik Sınıflaması**

Kod No	Schmidt Çekici Sertliği	Mermer Sertlik Tanımı
1	56.4 ± 1.90	Oldukça sert
2	51.8 ± 4.24	Oldukça sert
3	50.7 ± 3.47	Oldukça Sert
4	47.6 ± 4.27	Sert
5	58.4 ± 3.17	Oldukça sert
6	62.5 ± 1.65	Çok sert

#### **4.5.5. Suda Dağılma Dayanımına Göre Sınıflama**

Bu deney sonucunda elde edilen değerlere göre çalışılan tüm mermerlerin çok yüksek dağılma dayanımı sınıfına girdiği bulunmuştur.

#### 4.5.6. Kaya Kalitesi Belirtecine (RQD) Göre Sınıflama

RQD hesaplaması, Bieniawski'nin (1989) ortaya koyduğu ortalama süreksizlik aralığı ile RQD arasındaki ilişki (Şekil 15) kullanılarak yapılmış, buna bağlı olarak elde edilen değerler ve yapılan sınıflama Tablo 17'de sunulmuştur.

Tablo 17. RQD'ye Göre Mermer Sınıflaması

Kod No	Kaya Kalitesi Belirteci (RQD %)	Kaya Kalitesi Sınıflaması
1	99.50	Çok iyi
2	99.50	Çok iyi
3	95.00	Çok iyi
4	80.00	İyi
5	99.50	Çok iyi
6	99.50	Çok iyi

#### 4.5.7. Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemine (RMR) Göre Değerlendirme

Bu sisteme göre mermerleri sınıflandırmak için arazide yapılan jeoteknik çalışmalardan ve laboratuvarında elde edilen tek eksenli basma dayanımı değerlerinden yararlanılmıştır. Elde edilen RMR değeri temel RMR olup sonuçlar Tablo 18'de sunulmuştur.

Tablo 18. Temel RMR'a Göre Mermer Sınıflaması

Kod No	Temel RMR (%)	Jeomekanik Kaya Kütle Sınıflaması
1	97	Çok iyi kaya
2	97	Çok iyi kaya
3	87	Çok iyi kaya
4	79	İyi kaya
5	92	Çok iyi kaya
6	97	Çok iyi kaya

#### 4.5.8. Modülüs Oranına Göre Sınıflama

Modülüs oranına göre çalışılan tüm mermerlerin yüksek modül oranı sınıfına girdiği bulunmuştur.

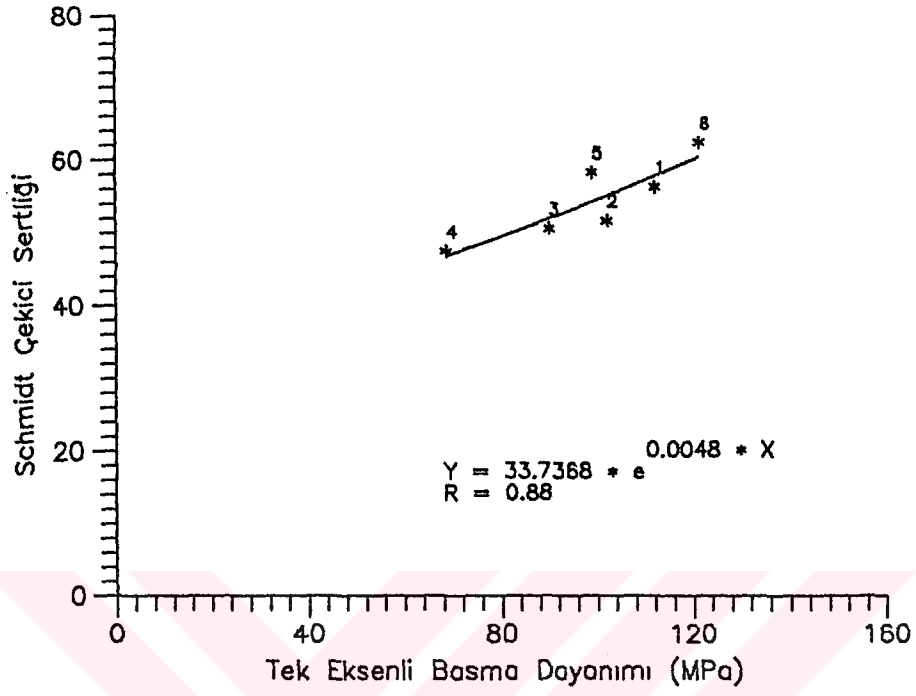
#### 4.6. Arazi ve Laboratuvar Deney Sonuçlarının Birbirleri ile İlişkileri

Arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkilerin ortaya konulabilmesi amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde içsel sürtünme açısı, elastisite modülü ve poisson oranı ile lokasyon farklılığına rağmen birbirine çok yakın değerler elde edilen yoğunluk, nem oranı ve suya dayanım deney sonuçları kullanılmamıştır.

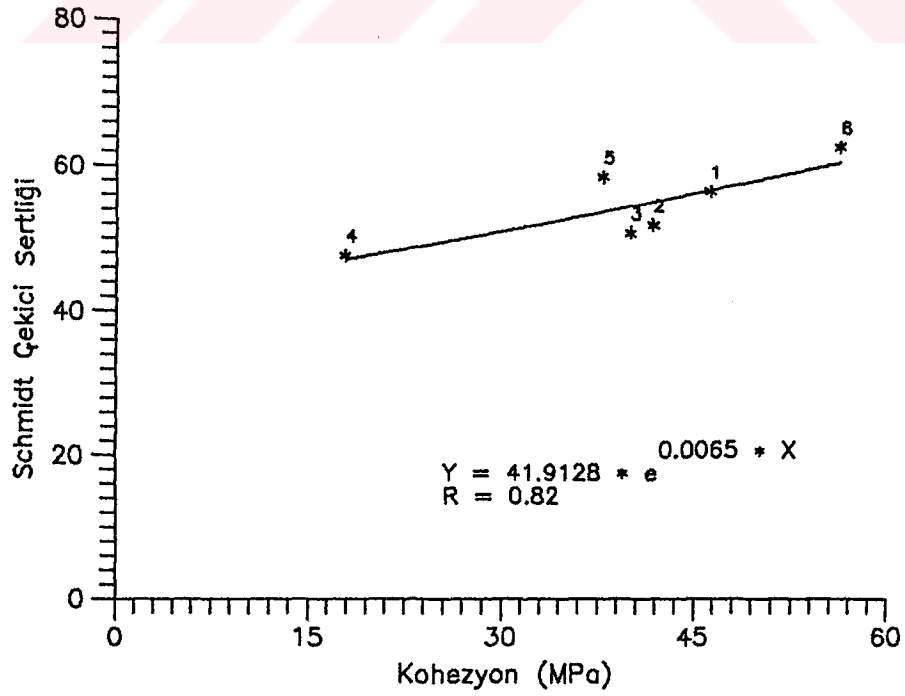
Regresyon analizleri ile Tablo 11. ve Tablo 14.'de verilen deney sonuçları arasında ilişkiler kurulmaya çalışılmıştır. Doğrusal, logaritmik, exponential (e üzeri) ve üssel eğri uyum yaklaşımları denenmiş ve en yüksek korelasyon katsayısının elde edildiği yaklaşım denklemi belirlenmiştir. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basma dayanımı, Schmidt çekici sertliği ve kohezyon, tek eksenli basma dayanımı ve kohezyon, tek eksenli basma dayanımı ve endirekt çekme dayanımı, kohezyon ve endirekt çekme dayanımı aralarındaki ilişkiler iyi korelasyonlar göstermiş ve kabul edilebilir korelasyon düzeyleri vermiştir. Şekil 26,27,28,29,30 bu ilişkileri; en iyi uyum veren eğrileri ile birlikte denklemlerini ve korelasyon katsayılarını göstermektedir.

Literatürde bu tür çalışmalarda tek eksenli basma dayanımı ile nokta yükü dayanımı arasında anlamlı ilişkiler bulunduğu görülmüştür. Ancak bu çalışmada tüm değerler kullanıldığında nokta yükü dayanımı ve tek eksenli basma dayanımı arasında iyi bir korelasyon ( $R=-0.25$ ) bulunamamıştır. Bu nedenle, uyumsuz durum gösteren 3 ve 4 nolu sahaların verileri gözönüne alınmamış ve korelasyon katsayısının 0.83'e yükseldiği görülmüştür (Şekil 31).

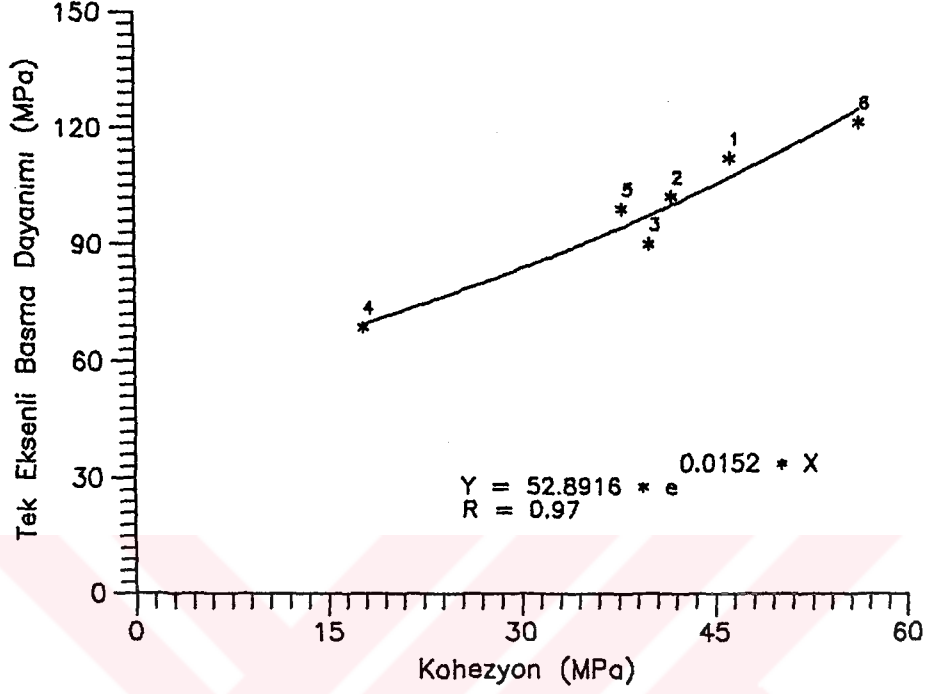




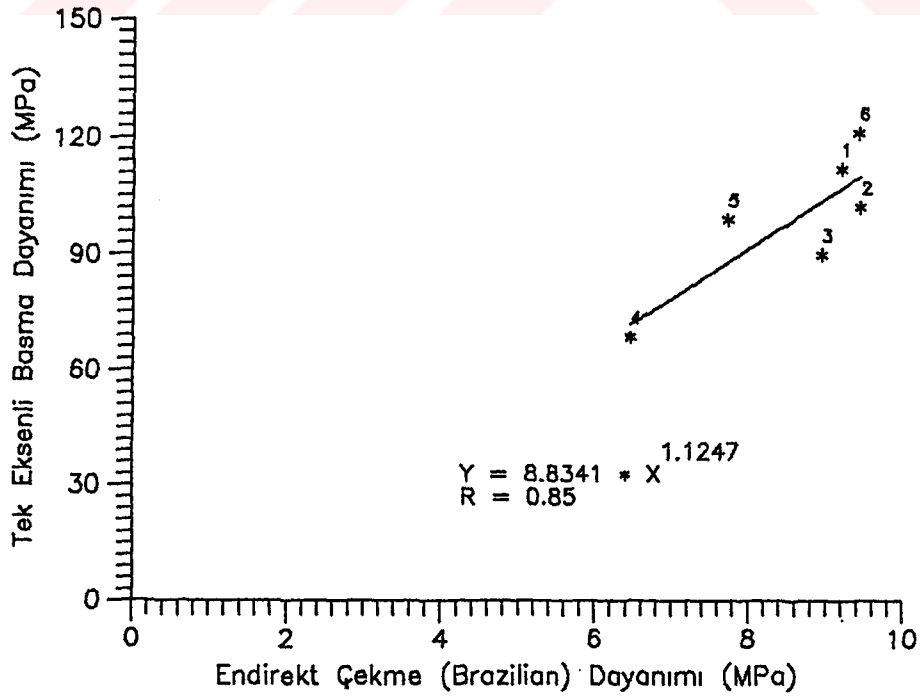
Şekil 26. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basma dayanımı arasındaki ilişki



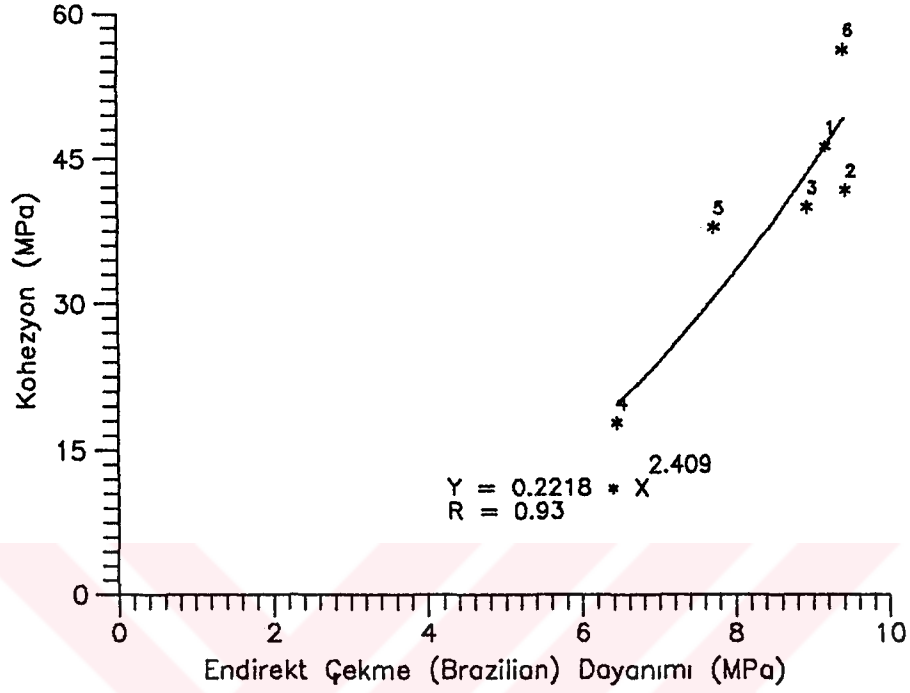
Şekil 27. Schmidt çekici sertliği ve kohezyon arasındaki ilişki



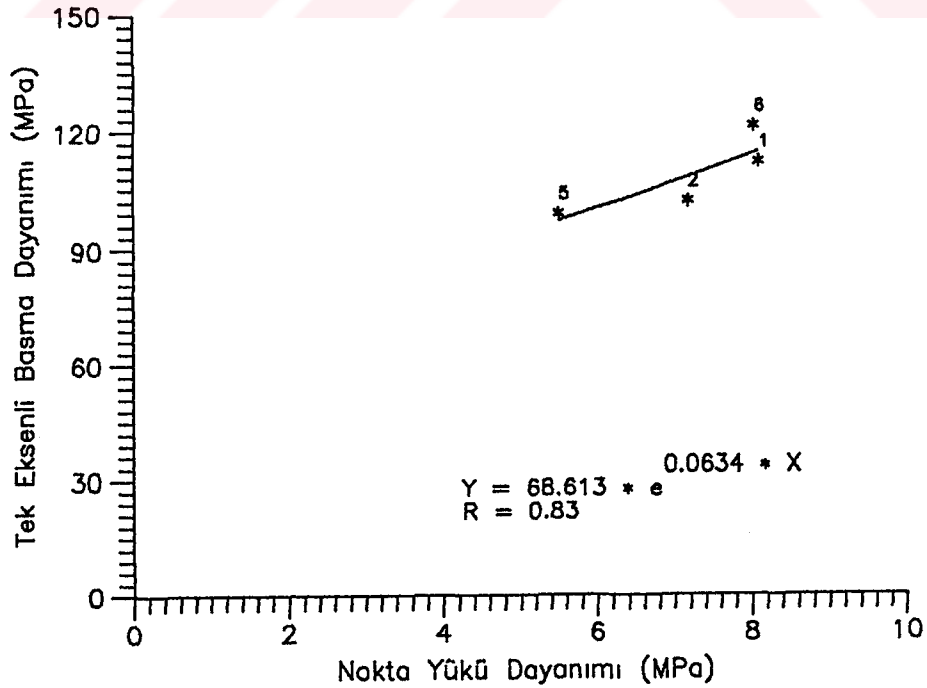
Şekil 28. Tek eksenli basma dayanımı ve kohezyon arasındaki ilişki



Şekil 29. Tek eksenli basma dayanımı ve endirekt çekme dayanımı arasındaki ilişki



Şekil 30. Kohezyon ve endirekt çekme dayanımı arasındaki ilişki



Şekil 31. Tek eksenli basma dayanımı ve nokta yükü dayanımı arasındaki ilişki

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Altı değişik mermer sahası için gerçekleştirilen arazi incelemeleri ve bazı kaya mekanik laboratuvar deneylerini de kapsayan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

i. Genel olarak mermer sektöründe çalışacak yönde yetiştirilmiş teknik eleman ve kalifiye işçi sıkıntısının çok fazla olduğu gözlenmektedir.

ii. Çalışılan sahalarda üretim yöntemi seçiminde mermerlerin jeolojik ve yapısal özellikleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri gibi parametrelerin dikkate alınmadığı tespit edilmiştir.

iii. Burdur-Karamanlı ve Isparta-Büyük Gökçeli mermer sahalarında elmaslı tel kesme yöntemi ile mermer üretimi yapılmasına rağmen üretimi gerçekleştiren elemanların (taşeron) teknik yönden yeterli bilgi seviyesinde olmamaları nedeniyle genel işletme veriminin %30-%50 arasında olduğu, üretimin etkin bir şekilde planlanmadığı görülmüştür.

iv. Sivas yöresinde yer alan mermer sahalarında (1, 2, 3 ve 4 nolu sahalarda) üretim yöntemleri belirlenirken en ucuz teknoloji olan kamalama yöntemi seçilmiş olup, üretim kayıplarının %30-%50 arasında değiştiği, bu oranın patlayıcı madde kullanımı ile daha da arttığı gözlenmiştir.

v. Delme performans çalışmaları sonucunda derinlik arttıkça delme hızının düştüğü belirlenmiştir. Delme işleminde insan faktörü kullanılmasının, baskının uygun ayarlanamaması nedeniyle, delme hızını düşürdüğü görülmüştür.

vi. Burdur-Karamanlı ve Isparta-Büyük Gökçeli mermer sahalarında elmaslı tel testere ile mermer üretiminde özgül kesme enerjilerinin ve kesme kapasitelerinin tespit edilmesi amacıyla performans verileri alınmış ve genel olarak aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir;

- Isparta-Büyük Gökçeli mermer ocagında Benetti ALPHA 840 tipi makina ile üretimde özgül kesme enerjisi 5.902 kW-saat/m<sup>2</sup>'dir.

- Isparta-Büyük Gökçeli mermer ocagında Benetti TL920 tipi için ayrıca performans ölçümü mümkün olamamış, Benetti ALPHA 840 ve TL920 tipleri aynı anda çalıştıklarında özgül kesme enerjisi 6.214 kW-saat/m<sup>2</sup> bulunurken, bu rakam Burdur-Karamanlı mermer ocagında Diyar makina üretimi büyük ve küçük elmaslı tel kesme makinaları aynı anda çalıştığında 58.847 kW-saat/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu farkın Burdur-Karamanlı mermer ocagında çalışan elmaslı tel kesme makinalarına gereken enerjinin bir jeneratörden sağlanması, kullanılan elmaslı tel testere ve kesme makinası dizaynı gibi parametrelerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

- Kesilen mermer yüzeyi küçüldükçe saatlik kesme kapasitesinin azaldığı, elmaslı tel hızının kesme kapasitesi üzerinde çok etkili olduğu, beslenen su miktarının kesme kapasitesini etkilediği, kullanılan elmaslı tel testerenin eski olmasının üretim kapasitesini azaltırken özgül kesme enerjisini artırdığı ve mermerin bünyesinde kil, dolomit vb. gibi çamurlaşarak sıvama özelliği olan malzemelerin bulunmasının kesme kapasitesini düşürdüğü görülmüştür.

vii. Yerinde gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre, mermerlerin Schmidt çekici sertlik değerleri 47.6-62.5, nokta yükü dayanımları ( $I_{s(50)}$ ) ise 5.51-9.02 MPa arasında değişmektedir.

viii. Kaya Mekanigi Laboratuvarında gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlara göre mermerlerin;

- Yoğunlukları 2.65-2.68 gr/cm<sup>3</sup>,
- Nem oranları 0.1-0.2 %,
- Suyu dayanım indeksleri ( $I_{d2}$ ) 99.19-99.50 %,
- Darbe dayanımları 5.4-10.54 kgf.cm/cm<sup>3</sup>,
- Endirekt çekme dayanımları 6.45-9.44 MPa,
- Tek eksenli basma dayanımları 68.69-121.42 MPa,

- Kohezyonları 17.85-56.37 MPa ve içsel sürtünme açıları 34.25°-48.02°,

- Elastisite modülleri 56.63-98.25 GPa ve poisson oranları 0.195-0.378, arasında oldukları belirlenmiştir.

ix. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonuçları hem ayrı ayrı ve hemde birlikte değerlendirilerek mermerler sınıflandırıldıklarında;

- Renk özelliklerine göre; Sivas-Geynik ve Sivas-Çırçır mermerleri siyah, Sivas-Kösrev mermeri koyu krem, Sivas-Sıcak Çermik oniks mermeri sarı zeminde karışık renkli, Burdur-Karamanlı ve Isparta-Büyük Gökçeli mermerleri ise açık krem,

- Tek eksenli basma dayanımlarına göre; Sivas-Geynik, Sivas-Çırçır ve Isparta-Büyük Gökçeli mermerleri yüksek dirençli, Sivas-Kösrev, Sivas-Sıcak Çermik ve Burdur-Karamanlı mermerleri orta dirençli,

- İşlenme özellikleri ve jeolojik kusurlara göre; Sivas-Geynik, Sivas-Çırçır ve Burdur-Karamanlı mermerleri A, Sivas-Kösrev, Sivas-Sıcak Çermik ve Isparta-Büyük Gökçeli mermerleri B,

- Schmidt çekici değerlerine göre; Sivas-Geynik, Sivas-Çırçır, Sivas-Kösrev ve Burdur-Karamanlı mermerleri oldukça sert, Sivas-Sıcak Çermik oniks mermeri sert, Isparta-Büyük Gökçeli mermeri ise çok sert,

- Suda dağılma dayanımlarına göre; çalışılan tüm mermerlerin çok yüksek dağılma dayanımlı,

- Modülüs oranlarına göre; çalışılan tüm mermerlerin yüksek modül oranı,

- Kaya kalitesi belirtecine (RQD) göre; Sivas-Geynik, Sivas-Çırçır, Sivas-Kösrev, Burdur-Karamanlı ve Isparta-Büyük Gökçeli mermerleri çok iyi, Sivas-Sıcak Çermik oniks mermeri iyi,

- Jeomekanik kaya kütlesi sınıflama sistemine (RMR) göre; Sivas-Geynik, Sivas-Çırçır, Sivas-Kösrev, Burdur-Karamanlı ve Isparta-Büyük Gökçeli mermerleri çok iyi kaya, Sivas-Sıcak Çermik oniks mermeri iyi kaya, sınıflarında oldukları tespit edilmiştir.

x. Regresyon analizleri ile Tablo 10. ve Tablo 13.'de verilen deney sonuçları arasında ilişkiler kurulmaya çalışılmıştır. Schmidt çekici sertliği ve tek eksenli basma dayanımı ( $R=0.88$ ), Schmidt çekici sertliği ve kohezyon ( $R=0.82$ ), tek eksenli basma dayanımı ve kohezyon ( $R=0.97$ ), tek eksenli basma dayanımı ve endirekt çekme dayanımı ( $R=0.85$ ), kohezyon ve endirekt çekme dayanımı ( $R=0.93$ ) aralarındaki ilişkiler iyi korelasyonlar göstermiş ve kabul edilebilir korelasyon düzeyleri vermiştir.

Bu sonuçlar doğrultusunda oluşan öneriler aşağıda sunulmaktadır.

i. Üretim yöntemleri üzerinde etkili olan jeolojik ve yapısal parametreler ile mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlenmelidir. Blok mermer işletme ve işleme işlemlerinde birim operasyonlar etkin bir şekilde incelenmelidir. Bu amaçla gerek ocak gerekse işleme tesislerinde performans ölçümlerine yönelik çalışmalar yapılmalı, izleme ve ölçme sistemleri geliştirilmelidir.

ii. Arazi ve laboratuvar verileri arasında ilişkiler kurulmalı, üretime etki eden parametrelerin etki sınırları belirlenerek üretim yöntemleri seçimine yönelik sınıflama sistemlerinin geliştirilmesine ve optimum işletme parametrelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

iii. Laboratuvarlarda değişik kesme düzenekleri tasarlanmalı, bu düzeneklerden elde edilecek verilerin mermer üretim yöntemleri ile uyumu ortaya konmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Berry, P., ve Arkadaşları, 21 st. Application Of Computers and Operation Research in the Mineral Industry, 1989, Las vegas  
Optimum Use Of Diamond Wire Equipment In Stone Quarrying
2. Bieniawski, Z., T., Pennsylvania, June, 1989, 237 p.  
Engineering Rock Mass Classifications
3. Brown, E., T., International Society for Rock Mechanics, ISRM, 1981.  
Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods
4. Capuzzi, Q., 1980, Roma, Italy.  
Modern Technology and Machinery For Marble Quarrying
5. Cassapi, V. ,B., Unver, B., Singh, R., N., Unv. of Nottingham Department of Mining Eng. A Special Report to De Beers, September 1987  
Statistical Assessment of Sawability of Rocks
6. Ceylanoglu, A., Ph.D. Thesis, O.D.T.U., 1991, 228 p.  
Ankara  
Performance Monitoring of Electrical Power Shovels for Diggability Assessment in Surface Coal Mines
7. Ceylanoglu, A., C.U. Müh.Fak. Maden Müh. Böl.  
Sivas, 1991  
Kaya Mekanigi Laboratuvarı Deney Formları
8. Ceylanoglu, A., Görgülü, K., Kahriman A.,  
Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, Konya, 9-10 Haziran 1993  
Standart Kaya Mekanigi Laboratuvar Deneyleri Verilerinin Degerlendirilmesi İçin Bir Bilgisayar Programı
9. Ciccu, R., Türkiye 13. Madencilik Kongresi, 10-14 Mayıs 1993, Istanbul  
Stone Quarrying : The Italian Experience

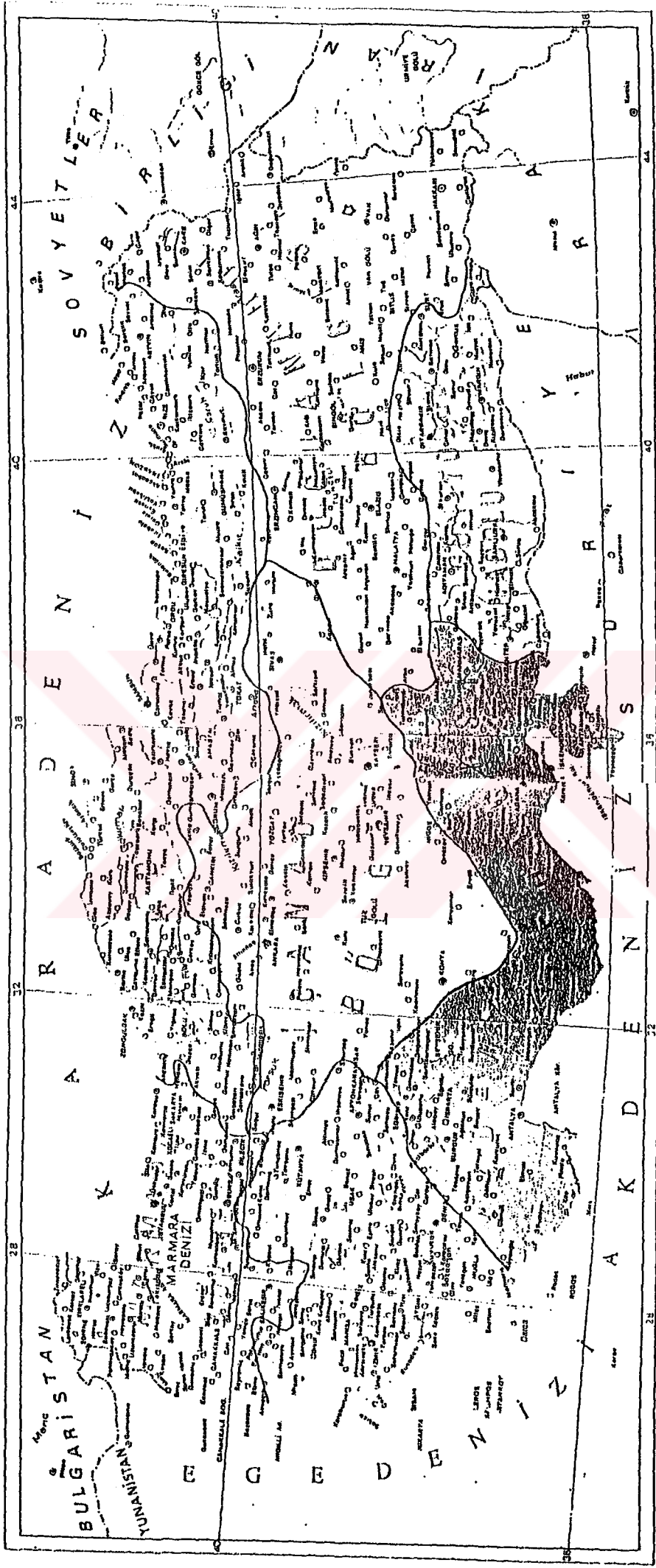


10. Ersoy, H.T., H.U.M.M.F. Maden Müh. Y.L. Tezi, 1991, Ankara, 98 p.  
Ladik (Konya) Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve İşletmeciliği.
11. Görgülü, K., Anadolu Univ. M.M.F. Maden Müh. Böl. Bitirme Ödevi, Haziran 1987, Eskişehir.  
Mermer İşletme Yöntemleri ve Afyon, Eskişehir, Bilecik Yörelerindeki Uygulamaları
12. Güleç K., İ.T.U.M.M.F. Maden Müh., Doktora Tezi, 1973, İstanbul, 60 p.  
Afyon Mermerlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Ayrışma ile İlişkisi.
13. Hartman, H.L. Introductory Mining Engineering
14. İpek, H., Güven, İ., A.U.M.M.F. Maden Müh. Bitirme Ödevi, 1983, Eskişehir.  
Eskişehir Bölgesindeki Mermer Ocaklarının Kesme, Delme, Patlatma Açısından Sorunları.
15. İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, 1987, İstanbul, 47 p.  
II. Uluslararası Mermer Sempozyumu Bildirileri.
16. Köse, H., Onargan, H., Dokuz Eylül Univ. M.M.F. Bas., İzmir, 1992, 206 p.  
Mermer Üretimi, Kesme Teknolojisi, Ekonomisi
17. Osmanlıoğlu, A., E., Ersoy H., T., Türkiye 13. Madencilik Kongresi, 10-14 Mayıs 1993, İstanbul  
Konya-Ladik Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi
18. SME Surface Mining Handbook
19. Tunç, A.Y. İ.T.U.M.M.F. Maden Müh. Y.L. Tezi, 1985, İstanbul  
Afyon-İscehisar Mermerleri İçin En Uygun Üretim Yönteminin Seçimi.
20. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), TS 1910/1977, Ankara  
Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar

21. T.S.E., TS 2513/Şubat 1977, Ankara  
Doğal Yapı Taşları
22. T.S.E., TS 699/1987, Ankara  
Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metodları
23. Urhan, S., Şişman N., Madencilik, TMMOB Maden Müh.  
Odası, Haziran 1992, Ankara  
Blok Mermer Üretiminde Kullanılan Tel Kesme  
Yönteminin Gelişimi ve Önemi
24. Unver, B., Madencilik, TMMOB Maden Müh. Odası,  
Eylül 1992, Ankara  
Kayaların Testerelemlerle Kesilebilirliğinin Pratik  
Olarak Belirlenmesi için İstatistiksel Bir Yaklaşım
25. Maschinenfabrik Korfmann GMBH Katalogu
26. Pellegrini Meccanica S.P.A. Katalogu
27. Değişik Yerli ve Yabancı Mermer Üretim Makinaları  
Katalogları



**Ek 1.**





**Ek 2.**

MERMER OCAKLARINDA JEOTEKNİK VE PERFORMANS ÇALIŞMALARI  
BİLGİ FORMU

Bölge, Ocak Adı :

Tarih:

Üretimi Yapan Firma :

Üretim Makinasının Tipi :

Üretim Makinasının Faaliyette Olduğu Süre :

Mermer Cinsi :

Rengi :

Tabakalanma Durumu :

Eklem Durumu :

Sayısı :

Aralığı :

Devamlılığı :

Fay, Ezilme ya da Genel Süreksizlik Zonlarının Varlığı  
ya da Yokluğu, Varsa Kalınlık ve Devamlılığı :

Ayrışma Derecesi :

Nem Durumu :

Yardımcı Patlatma Yapılıp Yapılmadığı :

Blok Boyutları (Max., Ort. %'leri) :

Schmidt Çekici Değerleri :

Nokta Yükleme Dayanımı Değerleri :

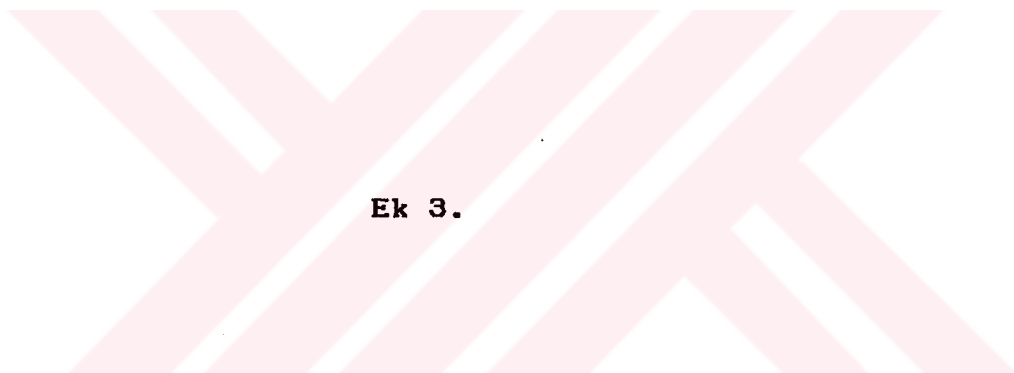
Basamak Yüksekliği :

Enerji Türü :

Kod :

Laboratuvar Numuneleri :

Fotoğraf No:



**Ek 3.**

ELMASLI TEL KESME MAKINASI TANITIM KARTI

Bölge, Ocak Adı : Tarih:

Uretimi Yapan Firma :

Markası, Tipi, No :

Hizmette Oldugu Süre :

Kullandığı Enerji Türü :

Tahrik Makarası Devir Sayısı : dev/dk

Döndürme Motor Gücü : kW - BG

Pompa ya da Geri Yürüyüş Motor Gücü : kW - BG

Kullanılan Elmaslı Tel Testere Tipi :

Hızı : m/sn

Teorik Saatlik Kesme Kapasitesi : m<sup>2</sup>/saat

Teorik Üretim Ömrü : m<sup>2</sup>/m

Telin Gerçekleştirdiği Üretim : m<sup>2</sup>/m

Operatör Tecrübesi :

Kod :





**Ek 4.**

DELME MAKINASI TANITIM KARTI

Bölge, Ocak Adı :

Tarih:

Uretimi Yapan Firma :

Markası, Tipi, No :

Hizmette Oldugu Süre :

Kullandığı Enerji Türü :

Devir Sayısı : dev/dk

Döndürme Motor Gücü : kW - BG

Matkap Tipi :

" Çapı :

" Delme Türü :

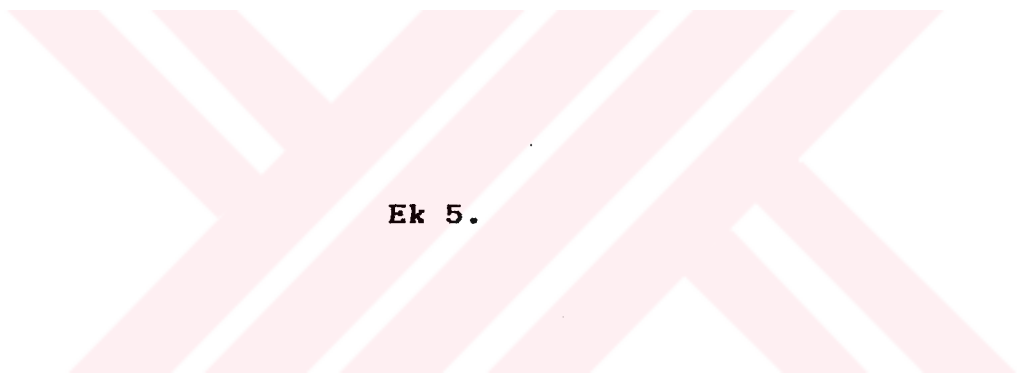
" Teorik Ömrü :

" Teorik Delme Hızı :

Matkap Üzerindeki Baskı :

Operatör Tecrübesi :

Kod :



**Ek 5.**





**Ek 6.**

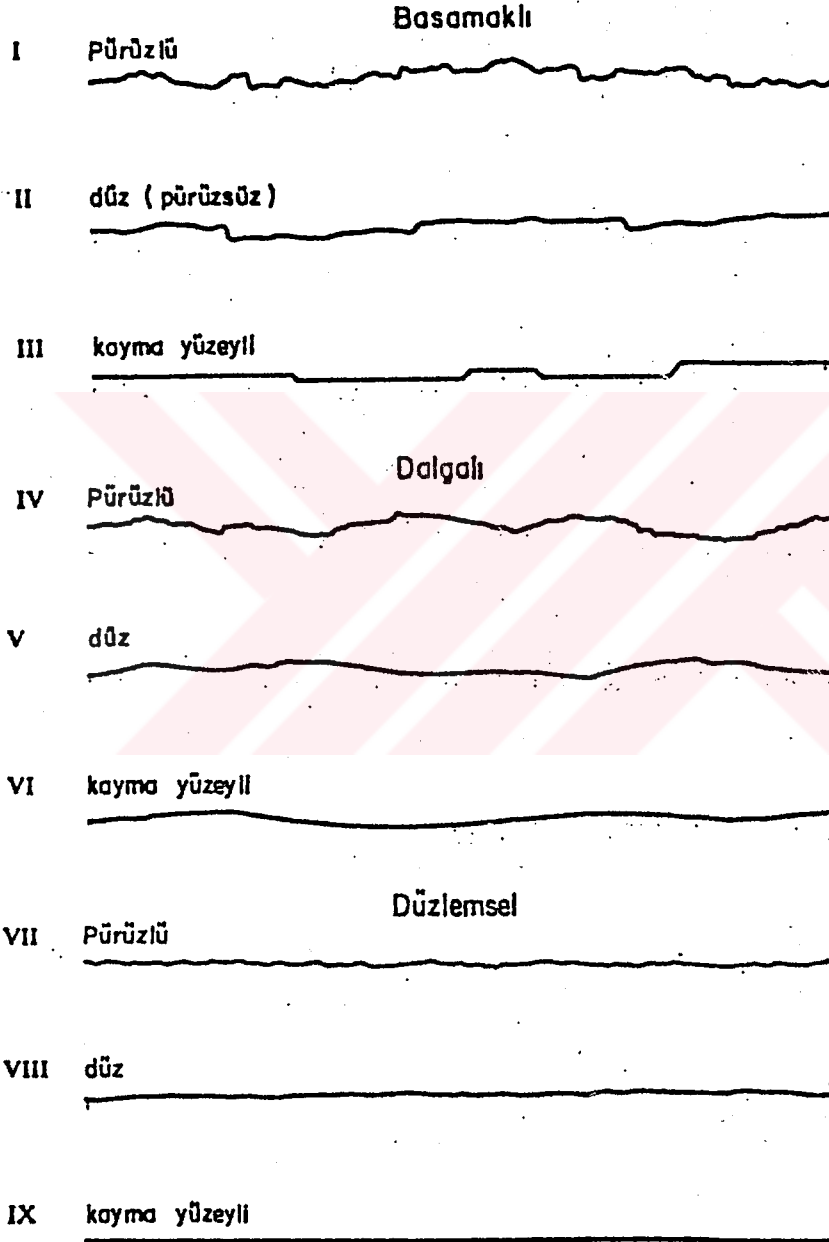




**Ek 7.**

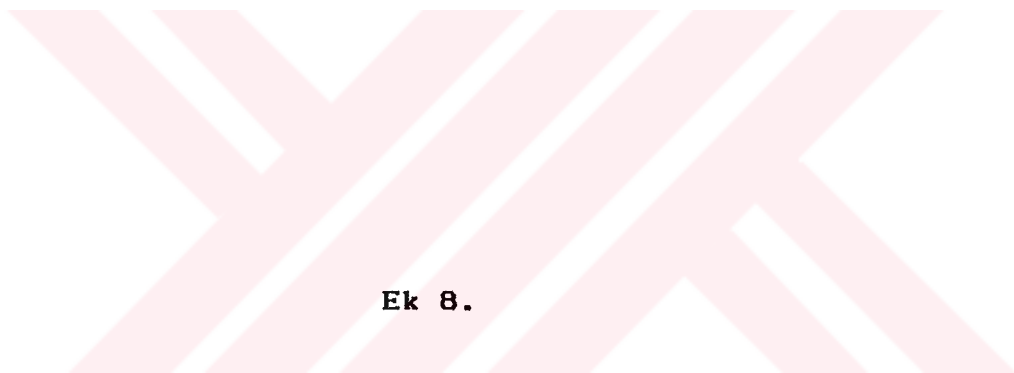
## Süreksizliklerin Pürüzlülük Sınıflaması (ISRM,1978)

Sınıf	Tanım
I	Pürüzlü, basamaklı
II	Düz, basamaklı
III	Kayma yüzeyli, basamaklı
IV	Pürüzlü, dalgalı
V	Düz, dalgalı
VI	Kayma yüzeyli, dalgalı
VII	Pürüzlü, düzlemsel
VIII	Düz, düzlemsel
IX	Kayma yüzeyli, düzlemsel



Tipik Pürüzlülük Profilleri ve Önerilen Terimler. Profil Uzunlukları 1-10 metre Arasındadır. Düşey ve Yatay Ölçekler Birbirine Eşittir (ISRM,1978)





**Ek 8.**

**TEK EKSENLI DEFORMABILITE DENEY RAPORU**

NUMUNE NO: 1

KAYA NUMUNESİ :MERMER

BÖLGE : SIVAS-KÖSREV

YENİLME YUKU : 23000 kg

BOY/ÇAP ORANI:2.05

UYGULANAN YUK (kg)	ÇAPSAL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)	EKSENEL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)	EKSENEL GERİLME (MPa)	HACIMSAL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)
0	0	0	0.00	0
500	7	39	2.13	53
1000	12	68	4.27	92
1500	23	99	6.40	145
2000	27	128	8.54	182
2500	36	154	10.67	226
3000	43	183	12.80	269
3500	52	215	14.94	319
4000	60	239	17.07	359
4500	67	268	19.20	402
5000	77	299	21.34	453
6000	98	368	25.61	564
7500	125	451	32.01	701
9000	156	538	38.41	850
10000	179	598	42.68	956
12000	221	716	51.21	1158
14000	270	839	59.75	1379
16000	315	975	68.28	1605
17500		1108	74.68	
19000		1208	81.08	
21000		1352	89.62	
23000		1502	98.15	

1 . NUMUNE TEK EKSENLI BASMA DAYANIMI ( $\sigma_c$ )= 98.155 MPa

AŞAĞIDAKİ DEĞERLER YENİLME YUKUNUN %50'si KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR

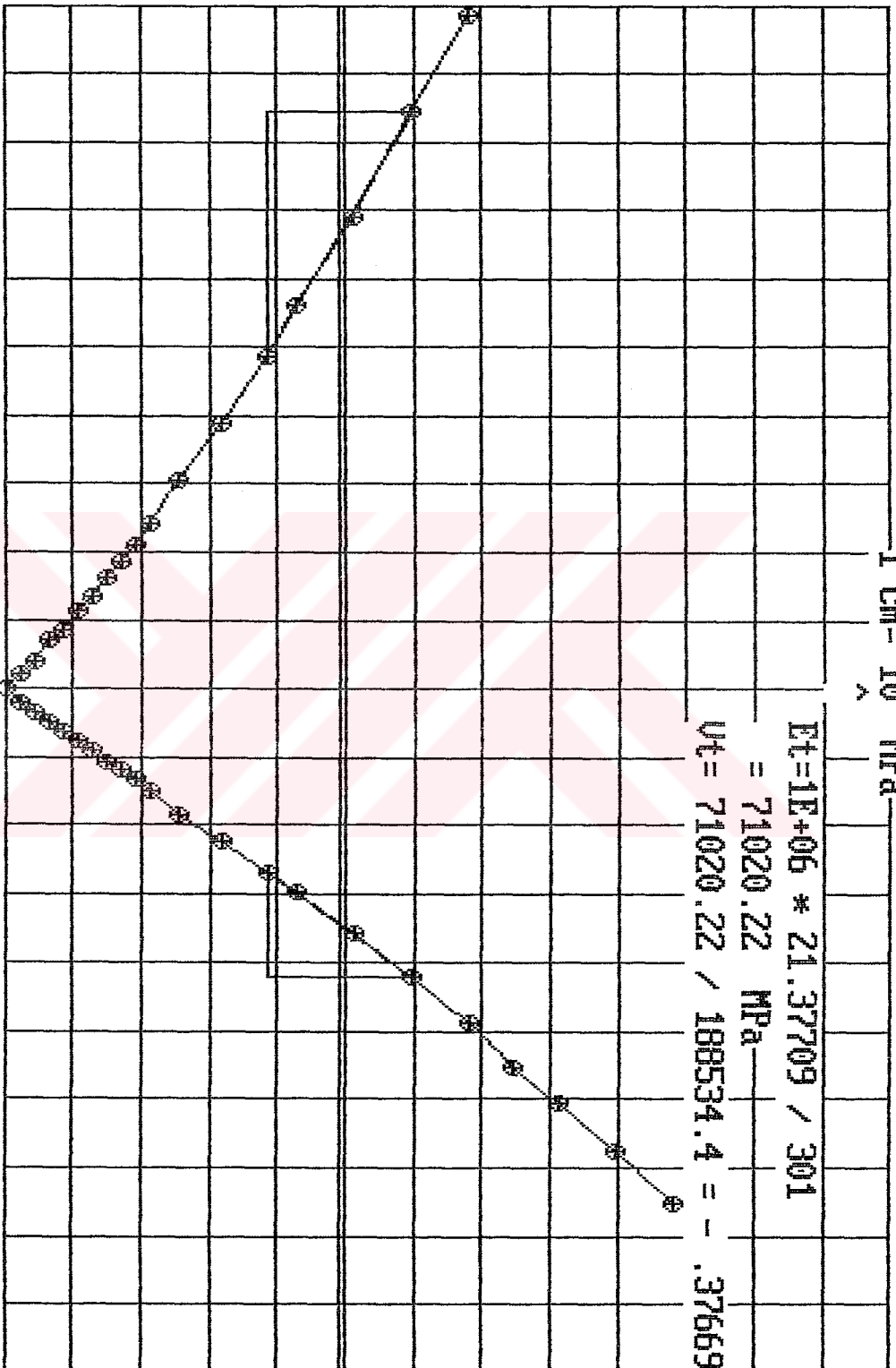
NUM. NO	SECANT YOUNG MODULU (GPa)	SECANT POISSON ORANI	TANJANT YOUNG MODULU (GPa)	TANJANT POISSON ORANI	ORTALAMA YOUNG MODULU (GPa)	ORTALAMA POISSON ORANI	TEK EKS. BASMA DAYANIMI (MPa)
1	71.49	0.3066	71.02	0.3767	71.30	0.3369	98.155

ORTALAMA: 71.49 0.3066 71.02 0.3767 71.30 0.3369 98.155

Ormal Gerilme ( $\sigma$ )

1 cm = 10 MPa

$$E_t = 1E+06 * 21.37709 / 301$$
$$= 71020.22 \text{ MPa}$$
$$U_t = 71020.22 / 188534.4 = -.3766963$$



<-- (-) Çapsal Birim Def.

1 cm = 32  $\mu$ strain

Regresyon Denklemi:

$$\sigma = 9.078239 + .1885344 * \epsilon_c$$

R = .999984

Eksenel Birim Def. (+) -->

1 cm = 200  $\mu$ strain

Regresyon Denklemi:

$$\sigma = .231739 + 7.102022E-02 * \epsilon_e$$

R = .9999554

TEK EKSENLI DEFORMABILITE DENEY RAPORU

NUMUNE NO: 1

KAYA NUMUNESİ :MERMER

BOLGE : SIVAS-SICAK ÇERMİK

YENİLME YUKU : 11775 kg

BOY/ÇAP ORANI:2.12

UYGULANAN YUK (kg)	ÇAPSAL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)	EKSENEL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)	EKSENEL GERİLME (MPa)	HACIMSAL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)
0	0	0	0.00	0
500	0	55	2.23	55
1000	6	92	4.46	104
1500	15	130	6.70	160
2000	20	171	8.93	211
2500	29	209	11.16	267
3000	38	245	13.39	321
3500	42	286	15.62	370
4000	51	325	17.85	427
4500	55	366	20.09	476
5000	62	400	22.32	524
6000	81	484	26.78	646
7000		553	31.24	

1 . NUMUNE TEK EKSENLI BASMA DAYANIMI ( $\sigma_c$ )= 52.557 MPa

AŞAĞIDAKI DEĞERLER YENİLME YUKUNON %50'si KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR

NUM. NO	SECANT YOUNG MODULU (GPa)	SECANT POISSON ORANI	TANJANT YOUNG MODULU (GPa)	TANJANT POISSON ORANI	ORTALAMA YOUNG MODULU (GPa)	ORTALAMA POISSON ORANI	TEK EKS. BASMA DAYANIMI (MPa)
1	55.38	0.1662	56.63	0.1949	57.37	0.1855	52.557
ORTALAMA:	55.38	0.1662	56.63	0.1949	57.37	0.1855	52.557

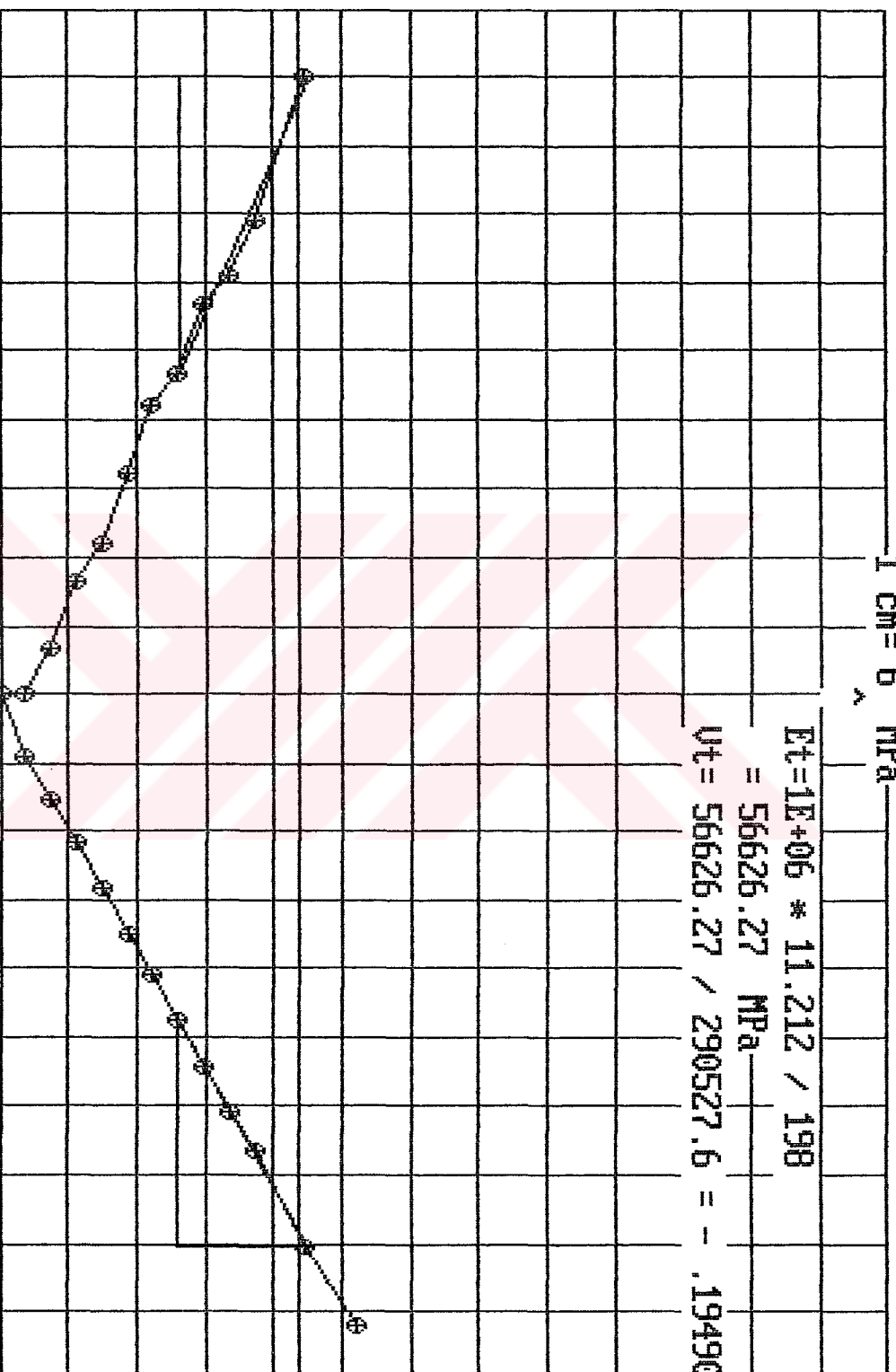
Normal Gerilme ( $\sigma$ )

1 cm = 6 MPa

$$E_t = 1E+06 * 11.212 / 198$$

$$= 56626.27 \text{ MPa}$$

$$U_t = 56626.27 / 290527.6 = - .1949084$$



← (-) Gapsal Birim Def.

1 cm = 9 µstrain

Regresyon Denklemi:

$$\sigma = 3.623028 + .2905276 * \epsilon$$

$$R = .9997196$$

Eksamel Birim Def. (+) →

1 cm = 60 µstrain

Regresyon Denklemi:

$$\sigma = -.5445652 + 5.662627E-02 * \epsilon$$

$$R = .9995824$$

**TEK EKSENLI DEFORMABILITE DENEY RAPORU**

NUMUNE NO: 1

KAYA NUMUNESİ :MERMER

BÖLGE : BURDUR -KARAMANLI

YENİLME YUKU : 21400 kg

BOY/ÇAP ORANI:2.14

UYGULANAN YUK (kg)	ÇAPSAL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)	EKSENEL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)	EKSENEL GERİLME (MPa)	HACIMSAL BİRİM DEFORMASYON ( $\mu$ strain)
0	0	0	0.00	0
500	7	33	2.31	47
1000	19	66	4.61	104
1500	25	89	6.92	139
2000	35	111	9.22	181
2500	43	140	11.53	226
3000	54	170	13.83	278
4000	65	223	18.44	353
5000	86	279	23.05	451
6000	100	335	27.66	535
7000	120	390	32.27	630
8000	136	444	36.88	716
9000	154	499	41.49	807
10000	172	554	46.10	898
12000	207	666	55.32	1080
14000	242	774	64.55	1258
17000	303	937	78.38	1543
18000	316	995	82.99	1627
19000	335	1095	87.60	1765
20000	357		92.21	
21000	381		96.82	

1 . NUMUNE TEK EKSENLI BASMA DAYANIMI ( $\sigma_c$ )= 98.662 MPa

AŞAĞIDAKİ DEĞERLER YENİLME YUKUNUN %50'si KULLANILARAK HESAPLANMIŞTIR

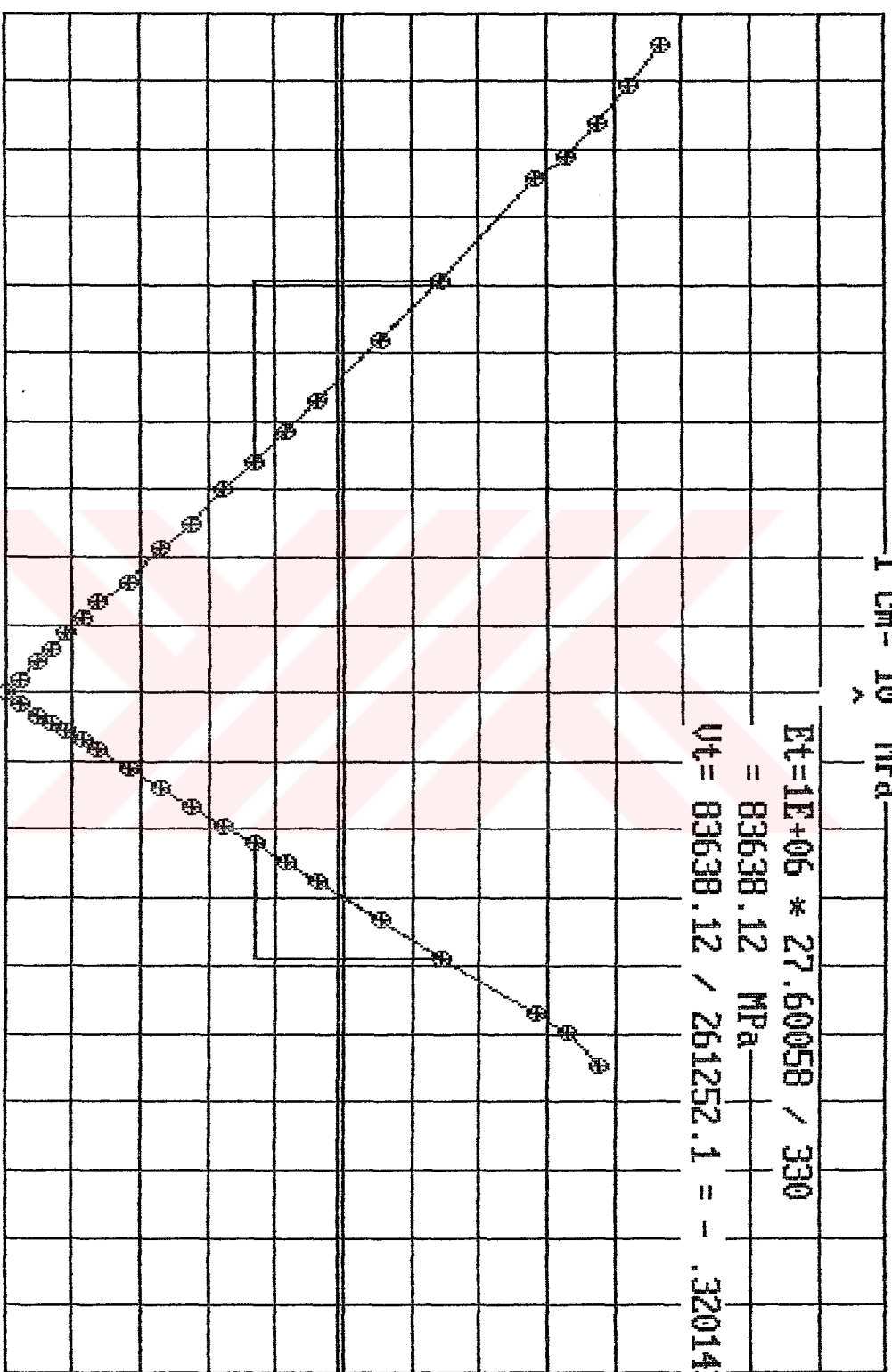
NUM. NO	SECANT YOUNG MODULU (GPa)	SECANT POISSON ORANI	TANJANT YOUNG MODULU (GPa)	TANJANT POISSON ORANI	ORTALAMA YOUNG MODULU (GPa)	ORTALAMA POISSON ORANI	TEK EKS. BASMA DAYANIMI (MPa)
1	83.16	0.3106	83.64	0.3201	83.84	0.3206	98.662

ORTALAMA: 83.16 0.3106 83.64 0.3201 83.84 0.3206 98.662

Normal Gerilme ( $\sigma$ )

1 cm = 10 MPa

$$E_t = 1E+06 * 27.60058 / 330$$
$$= 83638.12 \text{ MPa}$$
$$U_t = 83638.12 / 261252.1 = -.3201434$$



<-- (-) Gapsal Birim Def. 1 cm = 40  $\mu$ strain

Ekseneel Birim Def. (+) --> 1 cm = 200  $\mu$ strain

Regresyon Denklemi:

Regresyon Denklemi:

$$\sigma = 1.270008 + .261252 * \epsilon_c$$

$$\sigma = -.2588921 + .0836381 * \epsilon_e$$

R = .9999992

R = .999977

## ÖZGEÇMİŞ

Kazım GÖRGÜLU 08.02. 1967'de ORDU - AKKUŞ'da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Akkuş'da tamamladıktan sonra 1983 yılında Anadolu Üniversitesi Müh. - Mim. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve Temmuz 1987'de mezun oldu.

Temmuz 1987-Şubat 1988 tarihleri arasında Isparta Modül Mermer Sanayi ve Tic. A.Ş.'de, Şubat 1988-Agustos 1988 tarihleri arasında Konya Mesaş Maden San. A.Ş.'de, Ocak 1990 - Haziran 1990 tarihleri arasında Akşehir Aktezcan Madencilik San. Tic. Ltd. Şti.'de, Haziran 1990-Aralık 1990 tarihleri arasında Isparta Modül Mermer San. ve Tic. A.Ş.'de, Ocak 1991-Temmuz 1991 tarihleri arasında da Sivas Mermer San. ve Tic. A.Ş.'de çalıştı.

Temmuz 1991'de Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde Uzman olarak çalışmaya başladı ve Şubat 1993'de Araştırma Görevliliğine atandı. Halen bu görevini sürdürmektedir.

Aralık 1988-Temmuz 1989 tarihleri arasında askerlik hizmetini tamamladı. Evli ve bir çocuk babasıdır. İngilizce ve Fransızca bilmektedir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**