

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

**TÜRKİYE'DEKİ BAZI MERMERLERİN MİNERALojİK VE PETROGRAfİK
ÖZELLİKLERİNE GÖRE KESİLEBİLME VE İŞLENEBİLME PARAMETRELERİNİN
MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

ALİ NAMIK GÜNEŞ

DANIŞMAN

PROF.DR. ALİ BİLGİN - PROF DR. LÜTFULLAH GÜNDÜZ

DOKTORA TEZİ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISPARTA, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	v
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLGİSİ	5
3. MATERYAL ve METOD	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Mermerlerle İlgili Genel Bilgiler.....	7
3.1.1.1. Mermerlerin Tanımı ve Mermercilik.....	7
3.1.1.2. Mermerlerin Mineralojik ve Petrografik Özellikleri.....	9
3.1.1.3. Mermerlerin Sınıflandırılması.....	14
3.1.1.4. Mermerlerin Endüstriyel Önemi.....	21
3.1.1.5. Mermer Potansiyelinin Optimal Değerlendirme Koşulları.....	21
3.1.1.6. Mermerin Endüstride Önemli Özellikleri.....	24
3.1.1.7. Mermer Tüketim Durumu.....	25
3.1.1.8. Mermer Kesiminde Etken Olan Parametreler.....	26
3.1.1.9. Mermer Kesim Teknolojisi ve ST (Diskli Blok Kesme) Makineleri.....	29
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Mermer Örnekleri	43
3.1.2.1. Örneklerin Alındığı Yerler.....	43
3.1.2.2. Örneklerin Makroskobik Görüntüleri.....	46
3.2. Metot	50
3.2.1. Polarizen Mikroskop	50
3.2.2. Görüntü Analiz Sistemi.....	52

3.2.3. Kimyasal Analizlerin Yapılması.....	53
3.2.4. Matematiksel Modellemenin Yapılması	55
3.2.4.1. Sperman's Rank Korelasyon Tekniği	55
4. BULGULAR	58
4.1. İnce Kesitlerin Mineralojik Analizleri ve Yorumlanmaları.....	58
4.2. İnce Kesitlerden Yapılan Gözeneklilik Analiz Sonuçları ve Yorumlama	79
4.3. Kimyasal Analiz Sonuçları ve Yorumlama.....	82
4.4. Matematiksel Modelleme ve Yorumlama.....	85
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	114
6. KAYNAKLAR	118
ÖZGEÇMİŞ	121

ÖZET

Bu çalışmada, mermerlerin mineralojik yapılarının ve kimyasal bileşimlerinin, kesilebilirlikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu etkiler mermer endüstrisinde ekonomik açıdan en önemli faktörlerdir.

Yapılan incelemeler, mermerlerin petrografik özelliklerinin ve kimyasal bileşimlerinin kesilebilirlikleri üzerinde çok önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Tabiatta bulunan 2000 aşkın mineraller farklı fiziksel ve kimyasal özellikler taşımaktadır. Dolayısıyla bu etkiler mermerlerin kesilebilirliklerini doğrudan denetlemektedir.

Çalışma konumuzu oluşturan Türkiye'deki önemli ve farklı özelliklerdeki bazı mermerlerden örnekler derlenmiş ve bunlar SDÜ ve DEÜ laboratuvarlarında incelenmek üzere hazırlanmıştır. Söz konusu mermerler magmatik, metamorfik ve sedimanter kökenli olup, kökenleri temel alınarak ayrı ayrı görüntü analiz sistemlerinde mineralojik ve petrografik açıdan değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Ayrıca kimyasal bileşimleri temel alınarak bilgisayar yardımıyla CIPW norm hesaplamaları yapılmış ve bu normların mikroskop bulguları ile uyumlu oldukları görülmüştür.

Bu ilişkiler mermerlerin kökenlerine göre ayrı ayrı matematiksel modellemeleri şeklinde değerlendirilmiş olup, formüle edilmişlerdir. Daha sonraki değerlendirmelerde ise bir adım daha ileriye gidilerek, mermerlerin kökenlerine göre oluşturulan bu formüllerin de birleştirilebilirliği ve daha genel bir matematiksel modellemeye gidilebileceği görülmüş olup, bu gerçekleştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Mermerlerin kesilebilirliği, mineraloji, petrografi, kimyasal bileşim, matematiksel modelleme

ABSTRACT

The effect of chemical composition and mineralogical structure of marbles on their cuttability characteristics are studied in this study these effects are the most important economic factors in marble sector.

The findings of the investigation have shown that chemical composition and petrographical properties have a high and important influence on their cuttability characteristics. There are over 2000 minerals on earth which possess various physical and chemical properties and therefore these properties have direct influence on marble cutting performance.

Some marble samples which are prepared from the formations that possesses different characteristics than each other, are send to laboratories of SDU and DEU Universities for investigation. These marbles is undergone image analysis systems to evaluate influence of mineralogical and petrographical properties by grouping them according to their origin which were magmatic, igneous and sedimentary.

Also, the CIPW norm calculations by computer is carried out by taking chemical composition as a fundamental property, and it is seen that the findings of Norms were compatible with microscopic determination of chemical composition.

These relationships are formulated by corresponding mathematical models according to the origin of marbles. Later evaluations have shown that these formulations based on their origin can also be combined to give a general mathematical modeling and this is given and concluded in the study.

KEY WORDS: Cuttability of marbles. mineralogy, petrography, chemical composition, mathematical modeling

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi ve Erciyes Mermer A.Ş. tarafından sağlanan olanaklarla gerçekleştirilmiştir.

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, araştırmacının çeşitli olanaklardan yararlanabilmesi için bilimsel ve idari yönden gerekli kolaylıkları sağlamıştır. Bu doğrultuda olmak üzere; Maden Mühendisliği Bölümündeki Kıрма-Öğütme Laboratuvarından ve Jeoloji Mühendisliği Bölümündeki İncekesit, Polarizan Mikroskop ve Görüntü Analiz Cihazı Laboratuvarlarından yararlanma olanaklarını araştırmacıya sağlamıştır. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü de, Kimya Laboratuvarı olanaklarından yararlanabilme fırsatını araştırmacıya sunmuştur. Ayrıca, Erciyes Mermer A.Ş., iki ayaklı ST makinalarının üretim prosesi süresince elde edilen teknik verilerden yararlanabilme imkanlarını araştırmacıya sağlamak suretiyle tezin oluşmasında çok önemli katkıda bulunmuştur.

Araştırmayı çeşitli katkıları ile destekleyen, başta Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği ve Maden Mühendisliği Bölümleri olmak üzere, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederim. Özellikle araştırmanın her aşamasında çok önemli yardımlarını gördüğüm değerli yöneticilerim Prof. Dr. Ali BİLGİN ve Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ'e, Kimyasal Analizlerin titizlikle yapılabilmesi için gerekli desteği sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü elemanlarından başta Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ali AKAR'a, Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hasan MORDOĞAN'a, Kimyager Mehmet Emin SOLAK ve Necmettin AYÇELİK'e teşekkür ederim. Çok kıymetli katkılarından dolayı Erciyes Mermer A.Ş. Müdürü sayın Maden Yük. Müh. Veysel GÜNDÜZ beye de özellikle teşekkür ederim. Ayrıca; Mermerlerdeki Gözeneklilik analizlerinin yapılması aşamasında özveri ile çalışan, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlilerinden Kubilay UYSAL'a, seçilmiş örneklerin kırılıp-öğütülmesinde yardımlarını esirgemeyen, Maden Mühendisliği Bölümü

Araştırma Görevlilerinden Yakup UMUCU'ya, fosillerin tanımlanmasında değerli bilgilerine başvurduğumuz Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ ve Yrd. Doç. Dr. E. Kemal SAGULAR'a, İngilizcesinden yararlandığım sayın Doç. Dr. Tarık ÖZKAHRAMAN'a, ince kesitlerdeki bazı küçük problemlerin giderilmesinde emeği geçen Jeoloji Mühendisliği Bölümü Teknisyeni Mustafa DİNÇER'e teşekkür ederim.

Özellikle de tezin yazım kurallarına uygun bir şekilde düzenlenmesi aşamasının her kademesinde, azami titizliği ve özverisi ile yoğun yardımlarını gördüğüm, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Raşit ALTINDAĞ'a, tezin yazılması aşamasında yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Yıldırım İsmail TOSUN'a, Arş. Gör. Hasan ÇİFTÇİ'ye, oğlum Bulut GÜNEŞ'e, tez çıktılarının alınması ve çoğaltılması aşamasındaki yardımlarından dolayı da Arş. Gör. Nazmi ŞENGÜN'e çok teşekkür ederim.

Ali Namık GÜNEŞ

Simgeler (Kısaltmalar) Dizini

AAS	Atomik absorpsiyon spektrofotometresi
Ar	Aragonit
ca	Kalsit
C	Atomal buharın konsantrasyonu
CIPW	Cross, Iddings, Pirsson, Washington tarafından geliştirilmiş norm hesaplamaları
Ç.N.	Çift nikol (Çapraz nikol)
D	Testere çapı
DEÜ	Dokuz eylül üniversitesi
di	Popülasyon rank korelasyon katsayısı
do	Dolomit
D.T.A.	Diferansiyel termik analiz
fd	Feldispat
fs	Fosil
H	Blok yüksekliği
he	Hematit
I _o	Gelen ışınların şiddeti
I	Geçen ışınların şiddeti
kao	Kaolenleşme
kl	Kloritleşme
kr	Krizotil
K _v	v frekansına ait toplam absorpsiyon katsayısı
L	Blok boyu
Mğ	Mağmatik
mi	Miliolid
mt	Magnetit
Mt	Metamorfik
n	Motor devri
N	Motor gücü

ol	Olivin
op	Opak
pi	Piemontit
pr	Piroksen
pt	Pirit
rs	Sperman's rank korelasyon katsayısı
Sd	Sedimanter
SDÜ	Süleyman Demirel üniversitesi
sp	Serpantin
ST	Diskli blok kesme makineleri
ti	Titanit
t	Kesim süresi
T	Testere kesme genişliği
T.N.	Tek nikol
V	Kesim hızı
W	Çevresel hız
∞	Sperman's rank korelasyon anlamlılık düzeyi
v	Frekans
σ_c	Mermerlerin basınç dayanım değeri
ρ	Mermerlerin birim hacim ağırlık değeri
η	ST blok kesim randıman değeri

Şekiller Dizini

	Sayfa
Şekil 3.1.1.9.1. Mermer işleme makineleri	29
Şekil 3.1.1.9.2. Çift ayaklı ST	32
Şekil 3.1.1.9.3. Dört ayaklı ST	33
Şekil 3.1.1.9.4. Diskli kesiciler	34
Şekil 3.1.1.9.5. Diskli kesicilerin geometrik boyutu	35
Şekil 3.1.1.9.6. Standart su kanallı disk	36
Şekil 3.1.1.9.7. Dar su kanallı disk	36
Şekil 3.1.1.9.8. Aralıksız soketli disk	37
Şekil 3.1.2.1.1. Türkiye’de mermerlerin bulunduğu ve örneklerin alındığı yerleri gösterir Türkiye haritası	45
Şekil 3.1.2.2.1. Mağmatik kökenli mermerlerin makroskobik görüntüleri	46
Şekil 3.1.2.2.2. Metamorfik kökenli mermerlerin makroskobik görüntüleri	47
Şekil 3.1.2.2.3. Sedimanter kökenli mermerlerin makroskobik görüntüleri	48
Şekil 3.2.1.1. Modern bir polarizan mikroskobun kısımları	51
Şekil 3.2.2.1. Görüntü analiz cihazı	53
Şekil 3.2.3.1. Atomik absorpsiyon spektrofotometresi	54
Şekil 4.1.1. Dunitlerde olivin (ol), serpantin (sp) ve magnetit (mt)kristalleri ve ortada krizotil (kr) damarcıklarından bir görüntü (Ç.N.).....	58
Şekil 4.1.2. Fonolitik tefritte feldspat, piroksen (pr) mineralleri, kloritleşme (kl) ve feldispatlarda (fd) kaolenleşme (kao) (Isparta Gölcük, Ç.N.).....	59
Şekil 4.1.3. Piroksenlerin (pr) dilinim yüzeyleri boyunca alterasyonun görüntüsü (Ç.N.).	60
Şekil 4.1.4. Titanitin (ti) iskeletimsi görünümü (T.N.)	60

Şekil 4.1.5.	Elek dokusu sunan Elazığ vişnesinde serpantin(sp), magnetit (mt), piemontit (pi) ve kalsit (ca) minerallerinden bir görünüş (T.N.).....	61
Şekil 4.1.6.	Elazığ vişnesinde elek dokusu, yoğun serpantinleşme ve kayaçta yer alan opak minerallerden magnetit (mt) (Ç.N.)	62
Şekil 4.1.7.	Ksenoblastik dokulu kalsit (ca) kristallerinden görünüm (Ç.N.).....	63
Şekil 4.1.8.	Sivrihisar bejinde mikritik doku içinde yer alan ikincil kalsit (ca) damarlarından bir görünüm (Ç.N.).....	64
Şekil 4.1.9.	Muğla grilinde kalsit (ca) ve Piritlerden (pt) bir görünüş (T.N.)	65
Şekil 4.1.10.	Milas leylakda ksenoblastik dokulu kalsitlerden (ca) görünüm Ç.N.).....	66
Şekil 4.1.11.	Finike limradaki mikritik dokudan bir görünüm (Ç.N.).	67
Şekil 4.1.12.	Denizli travertenlerinde dikkati çeken oolitler (Ç.N.).....	68
Şekil 4.1.13.	Bucak travertenlerinde yer alan opak (op) minerallerden bir görüntü (T.N)	69
Şekil 4.1.14.	Alacadağ limrada tam ortada Nummulit fosili (Eosen veya sonrası), (Ç.N.)	70
Şekil 4.1.15.	Afyon travertenlerinde yer alan pelletlerden bir görünüm (Ç.N.).....	71
Şekil 4.1.16.	Afyon travertenlerinde yer alan bir boşluk (b) ve boşluk etrafındaki ikincil kalsit (ka) kristallerinden bir görünüm (Ç.N.).....	72
Şekil 4.1.17.	Fosilli limrada yer alan opak (op) minerallerden ve bazı fosillerden (fs) bir görünüm (T.N.).....	73
Şekil 4.1.18.	Kırmızı travertende boşluklarda gelişmiş olan ikincil aragonitlerden (Ar) bir görünüm (Ç.N.).....	74

Şekil 4.1.19.	Fantezi kahvede yer alan dolomit (do) kristalleri ve hematit (he) beneklenmeleri (Ç.N.).....	75
Şekil 4.1.20.	Fantezi kahvede yer alan Miliolid (mi) fosilinden bir görüntü (Ç.N.).....	76
Şekil 4.1.21.	Hazar pembesinde yer alan fosillerden (fs)bir görünüm (Miogypsinid ve Miogypsina sp.) (Ç.N.).....	77
Şekil 4.1.22.	Hazar pembesinde yoğun hematitleşmelerden (he) bir görünüş (Ç.N.).....	78
Şekil 4.2.1.	Afyon traverten'e (Sd-5) ait incekesit porozite resimleri (beyaz bölgeler poroziteyi göstermektedir)	79
Şekil 4.2.2.	İncelenen mermerlerin, AEQUITAS IA yazılımı ile 2 boyutta hesaplanmış porozite değerleri	81
Şekil 4.3.1.	Elazığ siyah için CIPW norm hesaplamasına ait veri görüntüsü (Mg-1).....	82
Şekil 4.3.2.	Fonolitik tefrit için CIPW norm hesaplamasına ait veri görüntüsü (Mg-2).....	84
Şekil 4.3.3.	Elazığ vişne için CIPW norm hesaplamalarına ait veri görüntüsü (Mg-3).....	84
Şekil 4.4.1.	Mağmatik kökenli mermerlerdeki kimyasal bileşenler ile matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık ilişkisi	92
Şekil 4.4.2.	Metamorfik kökenli mermerlerdeki kimyasal bileşenler ile matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık ilişkisi	92
Şekil 4.4.3.	Sedimanter kökenli mermerlerdeki kimyasal bileşenler ile matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık ilişkisi	93
Şekil 4.4.4.	Mermer türleri ile, ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanım değerleri arasındaki ilişki	93

Şekil 4.4.5.	Mermer türleri ile, ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki	94
Şekil 4.4.6.	İki ayaklı ST makinesi sembolik görünümü	97
Şekil 4.4.7.	Blok türüne göre uygulanan kesim hız değerleri	98
Şekil 4.4.8.	Mermerlerin SiO_2 değerleri ile matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hızı ilişkisi	111
Şekil 4.4.9.	Mermerlerin CaO değerleri ile matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hızı ilişkisi	112
Şekil 4.4.10.	Mermerlerin ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hız değerlerinin karşılaştırılması	112

Çizelgeler Dizini

	Sayfa
Çizelge 3.1.1.3.1.	Mermerlerin mineral tane boyutlarına göre sınıflandırılması 18
Çizelge 3.1.1.3.2.	Mermerlerin mineral bileşimi ve oranlarına göre mineralojik (petrografik) sınıflandırılması 19
Çizelge 3.1.1.3.3.	Mermerlerin yapı ve dokularına göre sınıflandırılması 19
Çizelge 3.1.1.3.4.	Mermerlerin jeolojik sınıflandırılması 19
Çizelge 3.1.1.3.5.	Mermerlerin endüstriyel hammadde olarak sınıflandırılması 20
Çizelge 3.1.1.9.1.	Kesici diskin çapına göre soket dizaynı ve sayısı 38
Çizelge 3.1.1.9.2.	ST için ortalama kesim hızları 41
Çizelge 3.1.1.9.3.	ST kesimleri için istatistiksel yaklaşımlar 43
Çizelge 3.1.2.1.1.	Kullanılan mermer örnekleri ve yerleri 44
Çizelge 3.2.4.1.1.	Sperman's Rank Korelasyon Analizi Anlamlılık Düzeyi Çizelgesi 57
Çizelge 4.2.1.	Örneklerin porozite oranları 80
Çizelge 4.3.1.	Farklı litolojilere ait mermer örneklerinin kimyasal bileşenleri 83
Çizelge 4.4.1.	Mermerlerin teknik özellikleri 87
Çizelge 4.4.2.	Mermer türlerinin deneysel olarak ölçülmüş ve matematiksel modellemeden hesaplanmış bazı parametreleri 91
Çizelge 4.4.3.	Elazığ siyah mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri 99
Çizelge 4.4.4.	Fonolitik tefrit mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri 100
Çizelge 4.4.5.	Elazığ vişne mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri 101

Çizelge 4.4.6.	Afyon şeker mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri	102
Çizelge 4.4.7.	Sivrihisar bej mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri	103
Çizelge 4.4.8.	Muğla grili mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri	103
Çizelge 4.4.9.	Milas leylak mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri	105
Çizelge 4.4.10.	Finike limra traverten mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri	106
Çizelge 4.4.11.	Denizli traverten mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri	107
Çizelge 4.4.12.	Bucak traverten mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri	108
Çizelge 4.4.13.	Plaka kalınlığı 2 cm ve plaka genişliği 30 cm olan mermerlerin ortalama kesim hızları	109
Çizelge 4.4.14	Mermerlerin ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hızları	111

1. GİRİŞ

Uygarlıklar şehirleşmeler ile başlamış ve onların aşamalarına göre ilerlemiştir. Taşlar, uygarlık kurmaya yönelen insanlığın ilk doğal elemanlarıdır. Nasıl ki, ilk yasalar veya ortak nesnelere kullanma kuralları toplum bünyesini bir düzeye ulaştırıcı ise, kırılan, düzeltilen ve üst üste konulan taşlarda, bu bağdaşmış insanları bir arada yaşatıcı parçalardır. Bu bakımdan mermerlerin ve diğer taşların yapılaşmada kullanıldığı tarihi, mermerciliğin başı saymak gerekir, ondan eskiler medeniyet öncesidir ve çok özel değerdedir (Önem, 1997).

Tarih öncesi devirlerden günümüze kadar mermerin işlenmesi ve kullanılması her çağa ayrı bir özellik vermiştir. Eski devirlerde, tapınaklar, abideler, heykeller, hamam gibi genel kullanıma hizmet verme amaçlı yerlerde görülen mermer, son zamanlarda gelir düzeyi orta seviyede olan kimselerin de evlerinde giderek daha yaygın bir biçimde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Gelişen endüstri ve teknolojiye paralel olarak mermer kullanımının artması, bunu sembolize etmektedir. Mermer, metalik madenler gibi endüstrinin başlıca maddesini teşkil ederek uygarlığın ilerlemesinde etken olmamış, fakat çağların yetiştirdiği büyük sanatkarların göz nuru ve emekleri, mermer üzerine işlenmiş ve insanoğlu mermerden harika eserler yapmıştır.

Dünyanın en zengin ve kaliteli mermer yataklarının büyük bir bölümü Alp kuşağı içindeki Akdeniz ülkelerinde yer almaktadır. Ancak, mermer ve diğer yapı taşları (granit, siyenit, trakit, andezit, bazalt, gabro, diyabaz, gnays, mika şist, traverten, oniks mermeri v.s) yurdumuzun hemen her bölgesinde bol bulunan yeraltı zenginlikleri arasındadır. Bu yatakların büyük bir kısmı ihraç kalitesinde blok ve kesime elverişli mermer verebilecek durumdadır. Her birinin görünür rezervleri milyonlarca ton olarak ifade edilen bu yataklardan başka henüz etüt edilmemiş yataklarda mevcuttur. İlk çağlardan bu yana mermer ülkesi olarak bilenen Anadolu'dan eski zamanlarda dünya pazarlarında aranılan çeşitli tip ve kalitede mermer bulunduğu ve dünya mermer piyasasında çok önemli bir rol oynadığı tarihi

kaynaklardan anlaşılmaktadır. Anadolu'nun birçok yerinde Hitit, İyon, Lidya, Roma, Bizans, Selçuklu, Osmanlı uygarlıklarından kalma sanat eserleri ve yapıtlarda ileri bir mermer işletme tekniğine rastlanmaktadır. Bu eserlerde dekorasyon ve heykelcilik alanlarında çok çeşitli ve değerli mermerlerin kullanıldığı görülmektedir.

Anadolu 'da değişik uygarlıklar tarafından üretilen ve kullanıldığı sanat eserlerine ayrı bir görkem veren çeşitli kalite ve tiplerdeki mermerler, son yıllarda giderek Türk ekonomisinde önem kazanmıştır. Bugün ülkemizde metalik madenlerin dış satımı azalmasına karşın mermer dış satımının devamlı arttığı gözlenmektedir.

Kaliteli, çeşitli renk ve desendeki mermerlerin değerlendirilmesi için ilk aşamada bunlara ait bazı önemli özellikleri bilinmesi gerekmektedir. Mermer işletmeciliğinde ve kullanımında oluşum ve bulunuş özelliklerinin yanı sıra fiziksel ve tekno-mekanik özelliklerinin de bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Mermer işletmeciliğinde alınabilecek blok ve plaka büyüklüğünü mermer yatağının jeolojik ve jeotektonik yapısı belirlerken, fiziksel ve mekanik özellikler mermer üretimi ve kullanımı sırasında belirleyici kriter olmakta ve ayrıca mermer ticaretinde mermerlerin bu özellikleri alıcı tarafından talep edilmektedir. Ülkemizdeki mermerler rezerv yönünden istenen büyüklüğe sahip olmakla birlikte çeşitli renk, desen ve kaliteye de sahiptirler. Ülkemizin bu tabii kaynağını en iyi bir şekilde değerlendirebilmesi için ocaktan çıkarılmasından kullanım yerine ulaşmasına kadar , mermerin jeotektonik ve tekno-mekanik tüm özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Mermercilikte ileri düzeye ulaşmış ülkeler, mermer ve mermer ürünlerinin tanıtımı sırasında, fiziksel ve tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesine büyük önem vermektedirler. Ülkemizde ise bu yöndeki çalışmalar henüz yeterli düzeye ulaşamamıştır. Bu bakımdan mermerlerimizin tüm özelliklerinin belirlenmesi, bu bilgilerin derlenerek mermer ve mermer ürünleri için kataloglarda toplanması, iç ve dış pazar imkanları için bir gelişme sağlanacaktır. Mermerin yaygın ve bilinçli kullanılması , ihraç ve ithal edilmesi şüphesiz bütün dünyada kullanılan standart ve deney metotları ile mermerin test edilmesi ve elde edilen sonuçların irdelenmesi ile

artacaktır. Hangi mermerin nerede ve nasıl kullanılacağına test sonuçlarının değerlendirilmesi ile karar vermek daha bilinçli bir yaklaşım olacaktır.

Ülkemizde günümüze kadar olan uygulamalarda piyasaya yeni sunulan mermerlerde renk, cila alma kapasitesi ve sertlik temel unsur olmakta, diğer önemli fiziko-mekanik özellikler test edilmemekte ve sadece deneme yanılma metodu ile sonuca gidilmek istenmektedir. Bütün bunlar ekonomiye olumsuz bir külfet getirmenin yanında, mermerimize hakim olamamanın verdiği değer kaybı da kaçınılmaz olmaktadır.

Dünya taş endüstrisinde, yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan endüstriyel kayaçların payı 1980'li yıllardan sonra sürekli bir aktivite kazanmış ve özellikle inşaat sektöründe özel ve önemli bir yer almıştır. Günümüzde dekoratif kayaç endüstrisindeki kullanıcı talebinin hızlı artışının önümüzdeki yakın gelecekte bu dekoratif taş sektöründe optimal bir ivmelenme göstereceği beklenmektedir. Yakın geçmişe kadar, dekoratif taş endüstrisinde, mermer kullanımı en büyük payı almakta iken mermerin gerek üretim teknolojisindeki ve gerekse kullanımı açısından görülen bazı aksaklıklar ve olumsuzluklar nedeniyle sert mermer diye adlandırılan granit, serpantin ve ultrabazik türü kayaçlar bu sektörde yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu tür kayaçların mermere göre daha sert ve dayanıklı olması, asitlerden ve kimyasal maddelerden etkilenmemesi ve de mermere göre daha iyi cila kabul etmesi gibi avantajları itibari ile, kullanım alanlarını genişletmektedir

Ülkemizde ticari potansiyeli yüksek endüstriyel bir hammadde olan mermerin, gerek ocaktan üretim aşamasında ve gerekse tesislerde işlenmesindeki zorluklar göz önüne alındığında, bu endüstriyel hammaddenin ülkemizde optimal şartlarda değerlendirilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Mermer ve mermer işletmeciliğine verilmesi gereken önem, bu değerli tabii kaynağımızın ülke içi satışlarda ve yurt dışı ihracattaki payını önemli derecelerde artıracaktır. Bu bakımdan, mermerin ocaktan kullanım yerine kadar geçireceği tüm safhalar bilimsel olarak iyi bir biçimde analiz edilmeli ve gerekli irdellemeler yapılmalıdır. Mermerlerin kullanıldığı yer ve amaca uygunluk derecesi, fiziksel durumu, renk, desen ve tekno-mekanik özellikleri

bakımından yeterli derecede tanımlanmasının gerekliliği, ülkemiz mermerciliğine yararlı bir katkı olacağı düşünölmektedir. Bu açıdan, mermer teknolojisi kapsamında, üretim, işleme sürecine ilaveten işlenmeyen mermer ve mermer türevi atıklarının yeniden kullanılabilirliği ve optimizasyonu üzerine araştırma ve geliştirme(ARGE) çalışmalarına önem verilmesi, bu değerli endüstriyel malzeme türünün uygun kullanımını sağlayacaktır (Şentürk vd., 1996).

Öte yandan Türkiye Mermer endüstrisindeki gelişmeler, günümüzde giderek baş döndürücü bir duruma gelmekte olup, ülke dış ticaret hacminde kayda değer bir ihracat potansiyelini oluşturmaktadır (2003 yılı mermer ihracatı 450 milyon Dolar ve 2004 yılı ihracatı ise 626 milyon Dolar seviyelerinde). Bu nedenle mermer teknolojisindeki son gelişmelere ışık tutmak ve mermerlerin en randımanlı ve en ekonomik ölçütlerde kullanılabilirliğini sağlamak amaçlanmalıdır. Ancak, mermer endüstrisinde yer alan kurum ve kuruluşlarca, mermer teknolojisinin ilgi alanına giren konularda henüz yeterli bilimsel ve teknik düzeyde araştırma ve inceleme bulgularına rastlanılamamaktadır. Mermer sektöründe, ocak blok işletmeciliğinden, mermer fabrika işletmeciliğine ve hatta mermer pazarlamasına kadar tüm aşamalarda, mermerlerin teknik detay mühendislik özellikleri bilinmeli ve bu özellikler bağlamında teknolojide gelişmeler sağlanması kaçınılmaz bir gerçektir.

Bu tez çalışmasında, deneysel ve gözlemsel analiz teknikleri kullanılarak, Türkiye’de oluşumu bulunan mermer türlerinin mineralojik-petrografik ve kimyasal açıdan detay olarak mühendislik özellikleri araştırılarak, mermer endüstrisinin bel kemiğinden birisini oluşturan fabrika kesimi aşamalarında uygulanan kesme teknolojileri ile matematiksel ilişkileri araştırılarak, pratik olarak kullanılabilir ampirik ilişkilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır ve böylece mermer endüstrisinde yeni bir yaklaşım algoritması geliştirilmiş olacaktır.

2. KAYNAK BİLGİSİ

Özpınar vd. (2001), Kocabaş (Denizli) ve Kömürcüoğlu travertenlerinin jeolojik ve petrografik olarak incelenmesini yapmışlar ve bunların teknolojik açıdan değerlendirilmesi konusunda çalışmışlardır. Sonuç olarak, ağırlıkça ve hacimce su emme değerlerinin azalması ile basınç dayanımı değerlerinin arttığını ve ayrıca özgül ağırlık değerlerindeki artış ile birlikte de basınç dayanım değerlerinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Kılıç vd. (2003), Diyarbakır yöresi mermerlerinin kesilebilirliklerini araştırmışlardır. Mermer örneklerinin laboratuvar çalışmaları ile elde ettikleri fiziko-mekanik özelliklerini ve fabrikada dört ayaklı ST makinasıyla yapılan kesme performanslarını ölçerek elde edilen sonuçları istatistiksel olarak değerlendirmişler ve mermerlerin malzeme özellikleri sağlamlaşıkça kesmek için gerekli olan net enerjinin de arttığını ortaya koymuşlardır.

Büyüksağış vd. (2003), travertenlerde tabaka yönünün kesme verimi üzerine etkilerini incelemek amacı ile, farklı travertenleri elmas diskli kesici ile tam donanımlı laboratuvar düzeneğinde, tabakalanmaya paralel ve dik yönde, farklı kesme hızlarında ve derinliklerinde kesmişler ve kayaçların mekanik özellikleri ile kesicinin özgül kesme enerjisi arasındaki korelasyonları belirlemişlerdir.

Demirdağ vd. (2003), yatay yarma makinalarının kullanımında mermer ve makine arasındaki teknik özelliklerin analizi adlı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada dört adet yatay kesme diskiye sahip yatay yarma makinaları ile farklı tür mermer plakalarının üretimi ve üretim performanslarının belirlenmesi üzerine yapılan araştırmaların sonucunda elde edilen bulgulardan, geliştirilen performans kriterleri ve matematiksel model yaklaşımları tanımlanarak, uygulanabilirlik değerlendirmeleri yapmışlardır.

Gündüz, V. (2003), mermer işleme fabrikalarında ST makinalarının kesim performanslarının belirlenmesi adlı Yüksek Lisans tezi çalışmasında, Isparta Erciyes

Mermer San. ve Tic. A.Ş. ve Muğla Alpay Mermer A.Ş.`de iki ayaklı ST makinalarının, farklı tür mermer bloklarının kesim performanslarının belirlenmesi bulgularını sunmuştur. Elde edilen bulgulardan da geliştirilen performans kriterleri ve matematiksel model yaklaşımları tanımlanarak, uygulanabilirlik değerlendirmeleri yapmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Mermerlerle İlgili Genel Bilgiler.

3.1.1.1. Mermerlerin Tanımı ve Mermercilik

Halktan pek çok kimse, mermerin gerçekte ne olduğunu bilemez; “kesilmiş, parlatılmış, beyaz-siyah, değişik renkli taş” der kısaca. Taşları öğrenmiş insanlar ise, mermeri, kristallenmiş kireçtaşı (CaCO_3) olarak kabul eder ve öyle bir sınırlama getirir. Oysa mermer çok daha geniş bir taş alanını kapsamakta olduğundan, onu etraflıca izah etmekte fayda vardır (Önem, 1997).

Gerçek anlamda, yani bilimsel anlamda mermer kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak kristalleşmesinden oluşmuş bir kayadır. Yani geçmişte kireçtaşı olarak teşekkül etmiş taşların, uzun jeolojik süre içinde, büyük basınç ve sıcaklıklarla zorlanıp başkalaşıma uğrayarak (ilk birikim şekillerini ve fosillerin görünüşlerini kaybetmesi) tamamen yeniden kristalleşmesi şeklinde oluşmuş bir metamorfik kayadır.

Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat, magnezyum karbonat, silisyum dioksit ile değişik metal oksitleri ve silikat mineralleri bulunur. Mermer saf kalsiyum karbonat bileşiminde olduğu zaman beyaz ve yarı saydamdır. Kalsitin sertliği Mohs skalasına göre 3 olduğu halde, sıkışmanın getirdiği bir artışla, mermerin ki 3,5’ tur. Magnezyum karbonatın varlığında ise, dolomitik mermerin sertliği 4’ tür (Şentürk vd., 1996; Köktürk, 1997; Önem, 1997).

Ticari anlamda mermer; blok verebilen, kesilip cilalandığında parlayabilen, dayanıklı ve güzel görünümlü her türden taşların (magmatik, metamorfik, sedimenter) bütünü

için kullanılan bir terimdir. Maden kanunundaki mermer tarifi ile ticari anlamdaki mermer tarifi hemen hemen özdeştir. Yani taşın cinsi ne olursa olsun, kesilip parlatılabiliyorsa mermer olarak tarif edilmektedir. Özetle, bugün mermer kelimesi kullanıldığında, gerçek mermerlerle birlikte, fosilli sıradan kalkerleri, birçok konglomeraları (çakıltaşlarını), bazı kumtaşlarını, mağmatik ve volkanik taşların hemen bütününe yakını ve gnays türü metamorfik taşları dikkate almak ve mermer kavramını bu genişlikte düşünmek gerekmektedir. Çünkü güçlü ve etkili kesme ve cilalama cihaz ve maddelerinin kullanıldığı çağımızda, dağılganlığından ötürü kesilemeyen birkaçının dışında, her taş, gerçek mermer gibi, hatta ondan çok daha iyi vasıflarla işlenmeye ve kullanılmaya elverişlidir (Şentürk, vd., 1996; Önem, 1997).

Mermer olabilecek, yani mermer şeklinde kullanılacak bir taş kütesinin sahada aranan en büyük özelliği, blok verebilmesidir. Çünkü ancak blok verebilen ve bloklar halinde üretilen taşlar geniş yüzeyli kesilebilmektedir. Ne kadar yüksek vasıfta ve ne cinsten olursa olsun, blok veremeyen taştan mermer olarak yararlanılamaz.

Maden mevzuatında bloğun tarifi yoktur. Ticari alanda ise kesin bir sınırlama getirilememiştir. Ama pratik olarak bilinmektedir ki, blok, çıkarılma, taşınma ve kesilmede, mutlaka ekonomik boyutta, taşınabilir ağırlıkta ve katrak denen büyük kesici cihazın iç alanına yerleştirilebilir irilikte olmalıdır. Genellikle 1,5m x 1,5 m x 2m iyi bir boyuttur; 4,5 m³'e hacim ulaşır ki, yaklaşık 12 ton ağırlıktadır. Daha büyükler de olabilir; 6 m³'lük bir granit bloğu 16 tondur. Oniks mermeri gibi değerli olan ama büyük blok vermeyen formasyonlardan 1,5-2 m³' lük üretimler yapılır.

Bu açık gerçeğe rağmen, fiziksel ve kimyasal özellikleri yönünden çok iyi vasıflı olan bir taş, yukarıda söylenen boyutlarda blok vermeyebilir. O zaman bu taşı elbette işlenebilir mermer saymamak gerekmektedir. Örneğin; İzmir'in güneyinde, Torbalı dolaylarında, tektonik nedenlerle parçalanmış bazı mermer kütleleri mevcuttur. Çok iyi vasıflı mermer taşı oldukları halde, kafa-gövde büyüklüğünde parçalı halde bulunan bu kütlelerden, sadece kireç ve mıcır üretiminde yararlanılabilir; mermer üretiminde değil (Önem, 1997).

Son yıllarda blok konusunda şöyle bir esneklik hasıl olmuştur. Taş blok verebilecek durumda olduğu halde, bu özelliğinden yararlanılmaksızın kullanılmaktadır. Örneğin, granitler ve bazaltlar; bunlardan kesilerek ve parlatılarak çok iyi vasıflı levhalar elde edilebildiği halde, çekiçle veya parke makineleriyle, 7-15 cm kenarlı küpler şeklinde parke de yapılabilmektedir. Bilinmektedir ki, parke elde edilen granit ocağı, aynı zamanda blok verebilmekte ve bu bloklardan yeterince levha üretilmektedir. Özet olarak, mermer kavramı, insanın kafasında her zaman mevcut olmuş sanat anlayışıyla birleşik olarak doğmuştur. Levha olsun, ufak parke olsun, doğallığını bozmadan ve güzelliğini koruyarak bir taş kullanılmakta ise, bu iş mermerciliktir. Nitekim, parlatılamayan renkli tüflerden ve renkli oolitik kireçtaşlarından en ziyade süsleme işlerinde, bina cephelerinde, parklarda ve göz alıcı yerlerde yararlanılırken, mermer gibi geniş yüzeyli ve parlak değilseler de, aynı özelliklerini insanlara yansıtmaktadırlar. Onun için bunları da mermercilik saymak gerekir.

Oysa kirece dönüştürülen bir taşın tamamı kimyasal bir madde sayılmakta olup, fizik varlığı yok edilmekte; mıcır olarak kullanılanda ise fizik varlığı görünür olmaktan çıkarılmaktadır.

Kısacası, taşı taş olarak gösteren bütün faaliyetleri mermercilik saymak gerekmektedir (Önem, 1997).

3.1.1.2. Mermerlerin Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Köken ve Yapısal Özellikler

Kireçtaşının gömülü tabakaları ısı metamorfizmasıyla mermere dönüşebilir. Bu ısı intrüzif mağmatik kayalardan gelebilir. Nispeten saf kireçtaşındaki kalsitin rekristalizasyonu birincil dokuyu yok eder ve kayacı parıldayan beyaz mermere dönüştürür. Mermerin büyük bir oranı derince gömülmüş kireçtaşları üzerinde etkili olan yüksek sıcaklık ve basınç tarafından oluşturulur (Kuşcu, 2001).

Taşı değiştiren ısı ve basınç faktörleri çok etkili olamamışsa, yani düşük seviyede bir metamorfizma olayı gelişmişse, kalkerin bünyesindeki fosiller tam olarak yok edilmemiştir (İtalya'daki Carrara mermerleri böyledir).

Orta seviyedeki metamorfizmada, fosiller tamamen yok olmuştur. Ama teşekkül etmiş olan kristallerin, mağnezyum karbonat dahil, gerçek fiziki özellikleri ve konumları bozulmamıştır (Önem, 1997).

Yüksek seviyede metamorfizmada ise, kristaller hem dizilim yönünden hem de gerçek şekilleri yönünden değişime uğramışlardır. Basınca dik eksen boyunca, çoğu bir şerit halinde sıralanmışlardır. Boyları uzamış; hatta fazla basınçtan, kristal eksen sistemleri bozulmuştur (Önem, 1997).

Kuvvetli değişken basıncın etkisi mermer tabakaları ve beraber bulunduğu yerinden oynatılmış tabakalardaki karmaşık kıvrımlarla açıkça gösterilir. Yalnızca yüksek ısı etkisine uğrayan kayada bulunan diyopsit ve tremolit gibi aksesuar mineraller uygun yüksek sıcaklığa işaret eder. Aynı zamanda mermerin dinamotermal metamorfizmanın delillerini gösteren gnays ve şistlerle birlikte bulunması da mermerin yüksek ısı etkisinde kaldığını gösterir. Sedimanter özellikler ve fosillerin bozulması veya silinmesi nedeni ile mermerlerin doğru bölgesel korelasyonu ve jeolojik yaşının ortaya konması güçtür (Kuşcu, 2001).

Mermerin dünyada oluşumu bakımından, Alp Orojenezi (Dağoluşumu) çok önemlidir. Avrupa'dan başlayıp Türkiye'nin ve İran'ın güneyini ve kuzeyini katederek Himalaya'lara ulaşan, daha sonra Çin'in batısından güneye yönelerek Sumatra adasından Yeni Gine'ye uzanan bu büyük dağoluşumu hareketinde, sıkışma alanında bulunan kalın kalker kütleleri veya daha eski olup henüz mermerleşmemiş kristalin kalkerler, metamorfizmalarını tamamlayarak mermere dönuşmüşlerdir. Bu yüzden, Alpin Kuşağı, dünyada en çok mermeri üretmiş bir jeolojik evrim kabul

edilir. Oluşan mermerlerin büyük çoğunluğu birinci zamanının, özellikle Permienin kalkerleridir. Bunları ikinci zamanın, Jura döneminin kalkerleri takip eder. Permiyenden öncekiler, yani Kambriyede oluşmuş kalkerlerde aynı mermer sınıfına dahil olmuşlardır. Ama Juradan genç olanlar, Kretase ve Eosen yaşlılar, büyük çapta mermerleşememiş; kalker varlıklarını korumuşlardır.

Tektoniğin çok etkili olduğu bazı alanlarda, Kretase kalkerleri de etkilenmişlerdir. Yine de nispeten kristalize olmuş kireçtaşları halinde kalmışlar ve tam mermere dönüşmemişlerdir (Önem, 1997).

Çoğu mermer kalsitten meydana geldiğinden dolayı onların dokusu başlıca kalsit tanelerin yönelimi, karşılıklı ilişkileri ve başlıca boyutlarının bir fonksiyonudur. Birçok mermerde taneler oldukça düzensiz şekillerde ve çok sıkı bir şekilde kenetlenmişlerdir ve taneler arası boşluklar son derece küçüktür. Mermerlerin çoğunun taneleri rastgele yönelim gösterir. Fakat bazısında kristallografik eksenler yaklaşık olarak genel yönelime göre dizilmişlerdir. Kalsitin dizilimi parlak yansıma yüzeyli bir mozaik oluşturur ve bundan dolayı kayaç çok iyi bir biçimde parlatılabilir (Kuşcu, 2001).

Kesilen ve üstü hassas şekilde silindiği için parlatılmış sanılan mermerin yüzeyindeki bütün kristaller görünürlük kazanır. Bu durumda, atmosferden veya başka bir kaynaktan gelen ışık, yüzeyden itibaren 12 ila 38 mm derinliğe kadar işler ve kristallerin iriliğine veya konumuna göre yansır. Böylece mermer, değişen yönlerde ışıklı bir görüntü kazanır (Önem, 1997).

Mermerler, sıkı kenetlenmiş kristal yapısına sahip olduklarından dolayı genelde çok düşük bir gözenekliliğe sahiptirler. Gözeneklilik % 0,0002 ile % 0,5 arası değişir. Böylece mermerin elemanları yerlerinden çıksa bile, onlar suyu bünyelerine almaya veya donmadan meydana gelen ayrışmaya karşın çok az eğilimlidirler. Mostra vermiş yüzeyler üzerinde eriyebilirlik kayacın bileşimi ve dokusu üzerindeki bazı

özelliklere ve daha çok da atmosferik koşullardaki özelliklere bağlıdır. Beyaz Carrara (İtalya) mermeri ılık Akdeniz ikliminde asırlardır bozulmaz. Fakat Amerika'nın kuzeyinde mostra verenler 10 veya 20 yıl sonra korezyon çukurlanmalar gösterilebilir (Kuşcu, 2001).

Mermerlerin çoğunun başlıca minerali kalsittir. Minerallerin mikroskopta incelenmesinde kalsit kristallerinden başka % 5 oranında karbonat dışı maddeler ve/veya ikincil minerallerinde bulunduğu görülmüştür. Grafit, hematit, limonit ve pirit silikat olmayan minerallerdir. Kuvars, mika, klorit, tremolit, vollastonit, diyopsit ve hornblend mermerlerde çok yaygın bulunan silikatlardır. Kristaller mozaik dokulu, romboedral dilinimli ve bol ikizlidir. Yapılan incelemelerde kalsit kristallerinin boyutlarının 0,2-0,8 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Kristallerin ortalama boyutları 0,3-0,5 mm civarındadır. Mermerlerde bulunan kalsit dışı mineraller nedeniyle saflığı kaybediş mermerin değerini azaltmaktan çok, artırır. Zira araya giren yabancı maddeler veya mineraller, mermere özel renkler katar, çoğu zamanda dayanıklılığı fazlalaştırır. Bu katılım ya başlangıçta, yani kalker çamurunun içine bazı maddelerin/minerallerin girmesiyle olmuş, ya da taşlaşmış bir kalsiyum karbonat çamurunun (kalkerin) çatlak sistemi içine zorla sokulan hidrotermal eriyiklerden ileri gelmiştir. En sık rastlanana, limonit ve hematit gibi demir bileşikleridir. Çok az mermerde kalsitin yerine dolomit hakimdir. Bu durumda mermer birbirleriyle aralanma gösteren kalsit ve dolomit tabakalarından veya bu iki mineralin renkte, dokuda parlatmaya duyarlılıkları ve bozuşmaya dirençlerindeki farklılıklarından dolayı istenmeyen kütlelerinden meydana gelmiştir (Sarız ve Nuhoğlu, 1992; Önem, 1997; Kuşcu, 2001).

Mermerlerde Renk Oluşumu ve Özellikleri

Mermerler grup olarak çok çeşitli renkler gösterirler. Renk kayaç içerisinde tamamen dağılmış olarak bulunabildiği gibi bazı mermerlerde benekli veya damar da denilen yollu ve bantlı biçimdedir. Mermerler saf olduklarında renkleri beyaz veya süt beyazı

tonlarındadır. Yer yüzünde bu türlere rastlanmasına karşın renkli mermer türleri daha çoktur (Köktürk, 1997; Kuşcu, 2001).

Genel olarak renklenme, saf olmamaları yani mermeri oluşturan esas mineral (kalsit) yanında tali veya az oranda yabancı element (pigment) veya minerallerin varlıklarına dayanır. Ayrıca esas mineraller içinde çok ince olarak dağılmış yabancı maddelerin (Organik veya İnorganik elementler) mekanik yollarla esas mineralin iç yapısına girmesi ile renklenmeler oluşur. Bu maddelere kromofor (renk veren) adı verilir. Renklenme bu boyacı maddelerin miktarına bağlı olmayıp, dağılma biçimi ve derecelerine bağlıdır (Köktürk, 1997).

Tek renkli mermere çok az rastlanır. Bu bakımdan tamamen beyaz, siyah veya başka bir renkte olanlar pek değerlidir. Çoğu, esasta bir renk hakim olsa da, ikinci veya diğer renklerle dalgalı veya çizgilidir. Dalgalılar, taşlaşmamış kalker çamuruna renk verici eriyiklerin karışmasıyla, ilk safhada, yani mermere dönüşmeden hasıl olmuşlardır; önce renkli kalker, sonra da renkli mermer ortaya çıkmıştır. Çizgili renklilerde ise olay tamamen farklıdır; taşlaşmış kalker formasyonu veya mermer tektonik olaylara maruz kalarak çatlar. Bu sayısız dar ve geniş çatlaklara, bazen saf kalsiyum karbonat, çoğunlukla ise içinde renk verici eriyikler taşıyan kalsiyum karbonat akıp yerleşir. Böylece çatlakları dolduran saf veya renkli kalsit, zamanla kristallenerek kalker veya mermerle kaynaşır. Bazen bu çatlama tekrar eder; renkli sıvıyla dolmuş çatlak dik veya eğik yönde kırılır. Sonra burası da aynı şekilde dolar. Milas Menekşe adlı mermer bu tür teşekküle tipik bir örnektir. Gri bulutlu Marmara Beyazı, dalgalı türe iyi bir örnektir. Elbette dalgalıların sonradan kırılması ve bu kırıkların da başka renkler kazanması çok rastlanan bir olaydır (Önem, 1997).

Yukarıda oluşumu ve özellikleri açıklanan renkli mermerlere ve bunlara renk veren madde ve/veya minerallere ait örnekler şöyle sıralanabilir.

- **Sarımsı veya sarımsı kahve mermerler** → Limonit ve hematit gibi demir bileşikleri.
- **Sarı mermerler** → Epidot, sfen ve kondradit türü kristaller.
- **Kahverengi mermerler** → Vezüviyanit ve granat.
- **Griden siyaha kadar değişen aralıktaki tonlar** → Çok ince taneli grafit şekillerindeki saçılmış karbonlu maddeler, pirit.
- **Pembe ve kırmızı mermerler** → Çok ince dağılmış hematit veya manganez karbonatlar.
- **Yeşil mermerler** → Aktinot, klorit mineral inklüzyonları veya yüksek oranda kromoksit. (Piroksenler ve amfiboller karışınca yeşil renk alır. Bunlar silikat oldukları için, taş da sağlamlaşır ve sertleşir).
- **Mavi mermerler** → Mineral içinde sodyum ve klorürlü bileşikler.

Mermerlerin içinde, ayrıca, küçük kristaller halinde kuvars, pulcuklar şeklinde muskovit ve flogopit bulunur. Tek renkli mermere çok az rastlanır. Bu bakımdan, tamamen beyaz, siyah veya başka bir renkte olanlar pek değerlidir (Köktürk, 1997; Önem, 1997; Kuşcu, 2001).

3.1.1.3. Mermerlerin Sınıflandırılması

Mermerler çeşitli şekillerde sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır. Bunlar; şu üç ana başlık altında toplanabilir.

- 1) Mermerlerin oluşum şekillerine göre sınıflandırılması
- 2) Mermerlerin değişik özellikleri baz alınarak sınıflandırılması
- 3) Mermerlerin endüstriyel hammadde olarak sınıflandırılması

Mermerlerin Oluşum Şekillerine Göre Sınıflandırılması

Mermer olarak kullanılan taşlar, minerolojik ve oluşum şekillerine göre üç kısımda toplanabilirler. Bunları; kökensel olarak mağmatik, metamorfik ve sedimenter mermerlerdir.

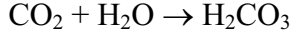
A) Sedimenter Mermerler

Bu mermerler adından da anlaşılacağı gibi mağmatik, metamorfik ve sedimanter kayalardan kopan parçaların sürüklenerek bir yerde birikmesi ve daha sonra çimento maddesi ile birleşmesi sonucu oluşan kalkerin yanısıra konglomera, gre, arduvaz gibi detritik veya klastik kökenli mermerler olabileceği gibi, su kaynaklarından meydana gelen oniks mermeri, traverten ve kireçtaşı gibi organik veya kimyasal kökenli mermerlerdir. Bu tür mermerler genellikle tabakalıdır ve çoğu kez fosil içerirler. Fosil jeolojik devirlerde yaşamış canlıların korunmuş olan kalıntıları veya izleridir (Şentürk vd., 1996; Kun, 2000).

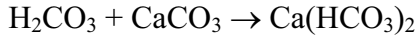
Traverten ve oniks mermeri birleşiminde erimiş halde kalsiyum bikarbonat $[Ca(HCO_3)_2]$ bulunduran sulardan oluşan kayalardır. Bileşiminde kalsiyum bikarbonat ve karbondioksit bulunan yer altı sularının yeryüzüne çıkması ile bileşimindeki CO_2 gaz haline geçerek suyu terk eder. Bu sırada $CaCO_3$ bileşimli katı madde şekillenir. Bu olay soğuk su vasıtasıyla oluşursa oniks mermeri, sıcak su vasıtasıyla oluşursa traverten meydana gelir. Traverten ve oniks mermerleri kimyasal tortul kayaları arasında yer alırlar (Şentürk vd., 1996).

Oniks mermeri veya travertenin meydana gelmesi için baş şart, yeraltı suyunun yüksek seviyede asitli hale gelmesidir. Bunu sağlayan, yağmur suyuna atmosferden, bu suyun katıldığı yer altı suyuna ise çevre minerallerden karışan karbondioksit

gazıdır. Karbondioksit gazı su ile birleşince, istenen karbonik asit teşekkül etmiş olur.



Bol karbonik asitli yer altı suyu, yalayarak geçtiği derindeki kalkerleri kolayca çözer ve kalsiyum bikarbonat halinde suyun içine alır.



Yeraltı suyuyla yüzeye ulaşan kalsiyum bikarbonat, sıcaklığın azalması, basıncın düşmesi ve serbest hava şartlarının birden belirmesiyle bozuşur ve karbondioksitini kaybederek kalsiyum karbonata dönüşür:



Sürekli hareketli ve içerdiği malzemeyi oniks mermeri olarak üst üste çökerten bu yeraltı suyu, miktarca az ve soğuktur. Bu yüzden oniks mermeri yavaş bir tempoyla teşekkül eder. Yeraltı suyu fazla ve ılıksa, traverten; yine fazla ama ayrıca sıcaksa, bu defa kalker tüfü oluşur. Bunlar daha hızlı bir şekilde çoğalırlar.

Oniks mermeri oluşurken, her çökme fazına bağlı olarak meydana gelen çizgiler yer yer çok ince, yer yer ise bayağı geniştir ve band görünüşündedir. Onikse güzellik katan sadece bu çizgiler veya bandlar değil, bunların birbirinden farkı renkleridir.

Travertenin en görünür özelliği, çok yüksek derecede gözenekli olmasıdır. Hatta bazıları gözenekli olmaktan çok, büyük delikli ve yarıklılırlar (Önem, 1997).

B) Mağmatik Mermerler

Mermer olarak kullanılan mağmatik kayaçlar, sedimanter olanlara göre daha dayanıklıdır. Fakat, çıkartılmaları ve işlenmeleri daha zordur. Mağmatik kayaçlar, kendi aralarında derinlik, damar ve yüzey kayaçları olmak üzere üç alt sınıfa ayrılmaktadır. Mağmatik kayaçlarda yaygın kullanılan diğer bir sınıflandırma ise kimyasal bileşimlerinde bulunan SiO_2 oranına göre yapılan sınıflamadır. Kayaçlar bileşiminde bulunan SiO_2 yüzdesine göre dört grupta toplanır.

- % 66 dan fazla SiO_2 içerenler Asidik,
- % 66-% 52 arası SiO_2 içerenler Nötr,
- % 52- % 45 arası SiO_2 içerenler Bazik,
- % 45 den az SiO_2 içerenler Ultrabazik,

kayaçlar olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu kayaçlar içerisinde mermer olarak değerlendirilenler daha ziyade granit, siyenit, gabro ve serpantin gibi derinlik kayaçlarıdır. Yüzey kayaçları olarak da en çok kullanılanları kuvars, porfir, diyabaz, riyolit, trakit, bazalt ve andezit melafirdir. Yüzey kayaçlarından olan diyabaz da işlenme zorluğuna rağmen bileşiminde bulunan piroksen mineralleri nedeniyle güzel bir yeşil renge sahip olduğu için mermer olarak değerlendirilmektedir (Şentürk vd.,1996; Kun, 2000).

C) Metamorfik Mermerler

Metamorfizma kelime anlamı ile başkalaşım demektir. Çeşitli kayaçların jeolojik ve tektonik olaylar sonucunda oluşan ısı ve basınç ile katı halde yapı, doku, mineral bileşimi gibi fiziksel özelliklerinin değişmesi olayına metamorfizma, bu olaylar sonucu oluşan kayaçlara da metamorfik kayaçlar denir. Bunların içinde en önemlisi

ve bilimsel mermer tanımına uygun olanı, kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşının yüksek ısı ve basınç altında yeniden kristalleşmeleri ile oluşan hakiki mermerlerdir. Diğerleri ise kristalin şistler olup volkanik ve sedimanter kayaların yapı ve bileşimlerinin değişmesi ile meydana gelirler.

Hakiki mermerler, kontakt başkalaşım, dinamik başkalaşım ve bölgesel başkalaşım şeklinde sınıflandırılan, değişik başkalaşım şartlarında oluşmaktadır (Şentürk vd., 1996; Kun, 2000).

Mermerlerin Değişik Özellikleri Baz Alınarak Sınıflandırılması

Bu sınıflandırma türü ise şu şekilde sıralanabilir.

- 1) Mermerlerin, mineral tane boyutlarına göre sınıflandırılması (Çizelge 3.1.1.3.1.).
- 2) Mineral bileşim ve oranlarına göre mineralojik (petrografik) sınıflandırılması (Çizelge 3.1.1.3.2.).
- 3) Yapı ve dokularına göre sınıflandırılması (Çizelge 3.1.1.3.3.).
- 4) Mermerlerin jeolojik sınıflandırılması (Çizelge 3.1.1.3.4.).

Çizelge 3.1.1.3.1. Mermerlerin mineral tane boyutlarına göre sınıflandırılması (Köse ve Onargan, 1992)

KAYAÇ	TANE BOYUTU
İnce Taneli Mermer	1 mm
Orta Taneli Mermer	1 mm – 5 mm
İri Taneli Mermer	5 mm – 1 veya 2 cm

Çizelge 3.1.1.3.2. Mermerlerin mineral bileşimi ve oranlarına göre mineralojik (petrografik) sınıflandırılması (Köse ve Onargan, 1992)

KAYAÇ	DİĞER MİNERALLER	KALSİT (%)	YAPI,DOKU
Mermer	Mika, opak, kuvas v.b.	95	Masif, taneli
Kalkşist	Klorit, epidot, mika, lepidolit	60-70	Şisti, yönlü
Sopolen	Flogopit, tremolit, diopsit, plajioklas,gröna	80	Şisti, yönlü
Mermer Skarn	Epidot, diopsit, gröna, olivin, plajioklas+ cevher	80-90	Masif, taneli

Çizelge 3.1.1.3.3. Mermerlerin yapı ve dokularına göre sınıflandırılması (Köse ve Onargan, 1992)

KAYAÇ	GÖRÜNÜM ve ÖZELLİKLERİ
Masif mermer	Kompakt, ince ve iri taneli
Laminallı mermer	İnce taneli, renkli şeritli görünümünde, şeritler farklı Mineral veya elementler içerirler
Şisti mermer	Yapraklı yapıda, önemli miktarda mika içerir
Breşik mermer	Kırıklanmış tekrar ikincil minerallerle dolgulanmıştır. Ara dolgular farklı renk ve mineral içerikli olabilirler.
İnce taneli mermer	Tane boyutu 1 mm den küçük taneli olan türler.
İri taneli mermer	Tane boyutu 5 mm den büyük taneli olan türler.

Çizelge 3.1.1.3.4. Mermerlerin jeolojik sınıflandırılması (Köse ve Onargan, 1992)

I.GRUP	Tam kristalleşmiş taşları içine alır. Genellikle iyi kristalleşmişlerdir. Renkleri genellikle beyaz ve açık gridir. Bileşimlerinde çok yabancı madde taşlılar.
II.GRUP	Oniks ve travertenleri içerir. Yapılarında yalnız CaCO ₃ vardır.Travertenler toplu iğne başından, birkaç cm' ye varan boşluklar içerdiklerinden kolaylıkla işlenebilmekte ve iyi cila kabul etmektedirler.
III.GRUP	Mağmatik kökenli mermerleri içerir. Andezit, dasit, granit, syanit, bazalt, diabaz, gabro, serpantin vs. gibi

Mermerlerin Endüstriyel Hammadde Olarak Sınıflandırılması

Kuşcu (2001) mermerlerin endüstriyel hammadde olarak bir sınıflandırılmasını yapmış ve aşağıdaki gibi göstermiştir.

Çizelge 3.1.1.3.5. Mermerlerin endüstriyel hammadde olarak sınıflandırılması (Kuşcu, 2001)

A. JEOLJİK SINIFLAMA	
A.a. Mermer	
B. TİCARİ SINIFLAMA	
B.1. Sertliği Düşük	B.2. Sertliği Yüksek
Mermerler (sertliği <5)	Mermerler (sertliği >3)
B.1.a. Karbonatlı Kayaçlar	B.2.a. Derinlik Kayaçları
a.1. Mermer	Granit
	Granodiyorit
a.2. Kireçtaşı	Diyorit
Kristalize Kireçtaşı	Monzonit
Dolomitik kireçtaşı	Siyenit
Breşik Kireçtaşı	Gabro
Oolitik Kireçtaşı	Norit
Fosilli Kireçtaşı	Harzburjit
a.3. Traverten	Lerzolit
a.4. Oniks	Verlit
B.1.b. Kırıntılı Kayaçlar	Dunit
b.1. Kumtaşı	Labrodorit
b.2. Konglomera (Çakıltası)	B.2.b. Damar Kayaçları
b.3. Puding	Granit Porfir
b.4. Breş	Siyenit Porfir
	Diyabaz vb.
	B.2.c. Yüzey (Volkanik) Kayaçları
	Riyolit
	Andezit
	Traki-andezit
	Trakit
	Bazalt vb.

3.1.1.4. Mermerlerin Endüstriyel Önemi

Kaliteli, çeşitli renk ve desendeki mermerlerin değerlendirilmesi için ilk aşamada bunlara ait bazı önemli özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Mermer işletmeciliğinde ve kullanımında oluşum ve bulunuş özelliklerinin yanı sıra fiziksel ve tekno-mekanik özelliklerinin de bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Mermer işletmeciliğinde alınabilecek blok ve plaka büyüklüğünü mermer yatağının jeolojik ve jeoteknik yapısı belirlerken, fiziksel ve mekanik özellikler mermer üretimi ve kullanımı sırasında belirleyici kriter olmakta ve ayrıca mermer ticaretinde mermerlerin bu özellikleri alıcı tarafından talep edilmektedir. Mermercilikte ileri düzeye ulaşmış ülkeler, mermer ve mermer ürünlerinin tanıtımı sırasında, fiziksel ve tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesine büyük önem vermektedirler.

Bu olgular kapsamında mermer teknolojisindeki son gelişmelere ışık tutmak ve mermerlerin en randımanlı ve en ekonomik ölçütlerde kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla, üzerinde önemle durulması gereken bazı hususlara aşağıdaki bölümlerde değinilmiştir (Şentürk vd., 1996).

3.1.1.5. Mermer Potansiyelinin Optimal Değerlendirme Koşulları

İşletme Safhasında

Mermer doğal bir hammadde olduğundan küçük sahalarda bile desen, renk ve karakter değiştirebilmektedir. Renk ve desen homojenliği, yani bir tipteki üniformluk, pazarlar için özellikle aranan bir husustur.

Bir mermer sahasında ocak yeri seçimi, ocak işletme yönünün ve üretilmiş blokların seçimi büyük öneme sahiptir. Bunun için öncelikle üreticilerin üniform özelliğe sahip üretim yapmaları, sonradan üretilen malzemenin blok olarak seçiminde seçimi

yapacak kişinin bilgi ve deneyimi çok önemlidir. Üretim teknikleri de ayrıca, gerek üretim kayıpları açısından, gerekse üretim kalitesine, doğrudan etkili olmaktadır. Küçük ölçekli işletmeler ve eski teknoloji kullanımı; verim düşüklüğü, yüksek maliyet ve fiyat sorununu ortaya çıkartmaktadır. Altyapı hizmetlerinin geliştirilmesiyle işletme ocak üretim kapasiteleri arttırılmalı ve üretim teknikleri bakımından modern üretim teknikleri kullanılmalıdır. Bu şekilde hem üretim kayıpları en aza indirilebilecek, hem de daha kaliteli ürün elde edilebilecektir (Onargan vd., 1995).

Üretilen Mermerlerin Uygun Kullanım Alanlarında Değerlendirilmesi

Mermerler kullanım alanlarına göre bazı fiziksel, mekanik özelliklere sahip olmalıdırlar. Kullanım amacına ve kullanılan yere göre mermerin sahip olması gereken kimyasal, fiziksel, mekanik ve teknik parametrelerinin kabul edilebilir alt sınırları değişkendir. Doğru seçim, mermerin araştırılan niteliklerinin beklenen standarda uygun olması halinde mümkün olabilmektedir. Örneğin taşıyıcı yapı elemanı olarak mermerin kullanılması durumunda birim hacim ağırlığı, tek eksenli basınç dayanımı, E modülü, içsel sürtünme açısı, darbe dayanımı, minerolojik yapısı gibi mühendislik özellikleri önem taşırken, hediyeelik süs eşyası yapımında kullanılacak mermerde bu özelliklerin çoğu önemini yitirmektedir.

Mermerlerin teknik özellikleri incelendiğinde kullanım alanları genel olarak belirlenebilmektedir. Ancak her sahada üretilen mermerlerin ayrı teknik karakterler taşıyacağı düşünülerek mutlaka deney sonuçlarına göre hareket edilmesi daha doğrudur.

Mermerlerin kullanım alanlarına göre seçimi yapılırken mermer ürününün boyutlarının uygun olmasına, renk ve desen bütünlüğüne özen gösterilmesi gerekmektedir. Zemin kaplamalarında genellikle bejler, mutfaklarda süprenler,

leylaklar ve beyaz mermerler kullanılmaktadır. Mezar, anıt ve mozele gibi yapılarda daha çok granit, diabaz gibi dayanımlı doğal taşlar tercih edilmektedir.

Üretim alanlarına göre mermerlerin sınıflandırılması ve kataloglama çalışmalarının yapılması gerek kullanımın yaygınlaşması gerekse üretim sahalarının genişlemesini sağlaması açısından önemlidir (Onargan vd., 1995).

Eğitim, Altyapı ve Pazarlama Sorunları

Mermerlerin ocaktan üretilmesinden, nihai ürün haline getirilmesine kadar iyi eğitilmiş kalifiye elemanlara ihtiyaç vardır.

Mermer sektöründe altyapı sorunları da önemli bir konudur. Genellikle ulaşım, enerji temini sorunlarının mutlaka devlet katkılarıyla çözülmesi gerekmektedir. Devlet altyapı hizmetlerinin yanı sıra gerekli kanuni düzenlemeleri de yapmak durumundadır. Ayrıca özendirici teşvik ve kredi uygulamalarını daha ileri seviyelere getirmelidir.

Pazarlama aşamasında isim birliği, fiyat birliği, örgütlenme ve kalite kontrolü hususlarında etkin önlemlerin alınması gerekmektedir. Özellikle ihracatın artırılmasına yönelik uzman ortak pazarlama şirketleri kurulmalıdır. Üretim yapan özel sektör kuruluşlarının bilinçli bir şekilde örgütlenmesi üretilen ürünlerin gerek pazarlanmasında gerekse fiyat istikrarlarının sağlanmasında önemli bir yarar sağlayacaktır (Onargan vd., 1995).

3.1.1.6. Mermerin Endüstride Önemli Özellikleri

1-Sertlik: Mermerin sertliği cinsine göre değişir. Silikat minerallerinin çokluğu sertliği artırır.

2-İzafi (oransal) Ağırlık: Mermerin oransal ağırlığının bilinmesi özellikle yüklenmelerde kullanılan sapan hatlarının kalınlıklarının veya nakliye ücretlerinin hesaplanmasında yararlıdır.

3- Çözülme Yeteneği: Mermerin kimyasal bileşimi, fiziksel özellikleri bünyesi ve su absorbe etme yeteneğine bağlıdır. En az su absorbe eden mermer, binaların dış kaplaması için en uygun olan mermerdir.

4- Renk: Bileşimleri saf kalsit veya dolomit olan mermerler çoğunlukla beyazdır. Beyazdan başka renk gösterenler yabancı maddelerin karışmasıyla olur.

5- Porozite: İyi kaliteli bir mermerde porozite % 0,0002'den % 0,5 oranında değişir.

6-Mukavemet: Mermerin mukavemeti, onun aşınma yeteneğini, kristallerin durumunu ve mermerin içinde bulunan çimento malzemesinin özelliğini gösterir bir ölçüdür.

7-Yarık ve Çatlaklar: Çatlaklar, kristallerin uzun eksenlerine bağlı olarak yataklar boyunca oluşurlar ve mermerin o doğrultuda yarılmasına neden olurlar.

8- Mermerde Arıza ve Kusurlar:

a) Boşluklar: Mermerde boşluğun bulunması istenmeyen bir durumdur. Ancak özel tip mermerlerde ve travertenlerde bu durum bir kusur teşkil etmez. Siyah mermerlerde daha çok kömür, şist, bitüm ve grafit içeriğinden dolayı meydana gelen boşluklar kusur sayılır.

b) Çatlaklar: Mermer bloklarında doğal çatlakların açık olup olmaması önemlidir. Çatlakların açık olması veya çatlakları dolduracak solüsyonlu suların çatlağı tümenden kapatmaması büyük bir sakıncadır.

c) Damarlar: Mermerlerde tektonik olaylardan sonra meydana gelen çatlak ve kırıkların sonradan dolmasıyla çok değişik renkte ve karakterlerde damarlar oluşur. Damarların daha çok demir oksitli sularla meydana gelmiş olanları çoğunlukla

mermerin sağlamlığını etkiler. Boraks onyx mermerlerinde damarların olması bile benimsenir. Çünkü damarların birbirine paralel olması ve değişik renkler göstermesi taşa daha gösterişli bir görünüş kazandırır.

d) Fosiller: Kristalize kalkerlerin çoğunda değişik tip ve irilikte fosillere rastlanır. Bunlar taşa ayrı bir güzellik kazandırır. Fosillerin bazılarının özellikle merkezleri boşluk gösterir. Bu taşın değerini artırır.

e) Cilalama Kapasitesi: Mermerin bir kısmının iyi cila alıp diğer kısımlarının cila almaması büyük bir sakıncadır (Akar, 1987).

3.1.1.7. Mermer Tüketim Durumu

Mermerin başlıca tüketim alanları inşaat sektörü, güzel sanatlar alanı, dekorasyon malzemesi ve diğer alanlar olarak dört ana başlık altında toplanabilir. Bunlar ayrı ayrı incelendiğinde ise en fazla tüketimin inşaat sektöründe olduğu görülmektedir.

İnşaat sektöründe: Binaların iç ve dış duvar kaplamalarında, iç döşemelerinde (şömine, sütun, yer döşemeleri), merdiven ve giriş kısımları ile mutfak ve banyolarda, birçok kıyı yerleşim alanlarında yapılan otellerde, park ve bahçelerde, ayrıca büyük şehirlerin cadde ve tretuvarlarında da mermer kullanılmaya başlanmıştır. Bina içinde kullanılan mermerler daha çok renk bakımından dış kısımlarda kullanılanlar ise dış etkenlere dayanıklı olmasından tercih edilir. Taban döşeme plakası, mutfak bankosu imalinde kullanılacak mermerlerin ince kristalli mermerler olması tercih edilir. Çünkü bu tür mermerler iyi parlar. İri kristalli mermerler ise daha çok iç kaplamada, ısı tecrit kaplamasında kullanılır. Sadece kalsitten meydana gelen mermer basamak ve döşemelerde hızla yıpranmaya eğilimlidir. Bunun yanı sıra kuvars veya silikatlı mineraller içeren mermerler çok daha dayanıklıdır (çoğu uygulamada, direnç veya aşınma çok az veya hiç önemli değildir. Hatta kolay işlenebilirliği, düşük üretim maliyeti ve son işlem maliyetlerinden dolayı da bir avantajdır) (Onargan vd., 1995; Köktürk, 1997; Özmen, 1997; Kuşcu, 2001).

Güzel sanatlar alanı: Mezarlar, anıtlar, heykeller (% 99'dan daha çok CaCO₃ içeren mermerler kullanılır) ve süs eşyası yapımında (ince kristalli mermerler tercih edilir, daha iyi parlar), hediyelik eşya imalatı (vazo, biblo, avize, şekerlik, kül tablası. v.s.) alanlarında güzel renkli mermerler kullanılmaktadır (Özmen, 1997; Köktürk, 1997; Kuşcu, 2001).

Dekorasyon malzemesi olarak: Masa, sehpa, çeşitli mobilyalar ve değişik dekorasyonların yapımında mermerler kullanılmaktadırlar (Özmen, 1997).

Diğer alanlar: Metalürji, kimya (boya, gübre, v.s.), cam, porselen, ilaç, deterjan, karayolu, beton asfalt ve son dolgu malzemesi olarak da değişik sanayi kollarında önemli ve oldukça yaygın kullanım alanlarına sahip olmaktadır. Doğal malzeme olarak mermerin canlı sağlığına zararlı ışınları absorbe ettiği de araştırmalarda ortaya çıkmıştır (Köktürk, 1997; Özmen, 1997).

Yakın geçmişe kadar, dekoratif taş endüstrisinde, mermer kullanımı en büyük payı almakta iken, mermerin gerek üretim teknolojisindeki ve gerekse kullanımı açısından görülen bazı aksaklıklar ve olumsuzluklar nedeniyle sert mermer diye adlandırılan granit, serpantin ve ultrabazik türü kayalar bu sektörde yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu tür kayaların mermere göre daha sert ve dayanıklı olması, asitlerden ve kimyasal maddelerden etkilenmemesi ve de mermere göre daha iyi cila kabul etmesi gibi avantajları itibarıyla, kullanım alanlarını genişletmektedir (Şentürk vd., 1996).

3.1.1.8. Mermer Kesiminde Etkin Olan Parametreler

Mermerlerin kesimine etki eden bir dizi faktör bulunmaktadır. Bunlar genel olarak şöyle sıralanabilir; testerenin türü, çapı, et kalınlığı, uygun soket seçimi, soket adedi, kullanılan makinelerin motor gücü, devir sayısı, çevresel hızı ve minimum su ihtiyacı, kesilecek kayaç ile ilgili olarak da mermerin grubu, sertliği, kimyasal ve fiziksel özellikleri, mineralojik ve petrografik özellikleri, basınç dayanım özellikleri, kırık, çatlak, boşluk oranı (porozitesi) ve geometrik dağılımı, su emme oranı,

gevreklik vb. parametrelerdir. Yani mermerlerin kesilmesi ve işlenmesi işlemlerinde özet olarak mekanik özellikler, fiziksel özellikler ve kimyasal özellikler önemli parametrelerdir.

Mermerlerde Sertlik

Kayaçların sertliği, blok üretiminden mamül ürün hale gelinceye kadar uygulanan yöntem ve malzemelerin değişimine neden olur.

Sertlik genelde minerallere özgü bir özelliktir. Bir mineralin sertliği o minerale dıştan gelen bir mekanik etkiye karşı göstermiş olduğu dirençtir. Yalnızca mineraller için Mohs tarafından sertlik tablosu hazırlanmıştır.

1- Talk	4- Florit	7- Kuvars	10 – Elmas
2- Jips	5- Apatit	8- Topaz	
3- Kalsit	6- Feldspat	9- Korendon	olarak verilebilir.

Mermer bir veya birkaç mineralden oluşan bir kayadır. Bu kayacın içinde bulunan minerallerin sertliği kayacın sertliğini belirler. Kayacın sertliğini belirleyen özellikler şöyle sıralanabilir. A- Mineral bileşimi, B- Tane boyutu, C- Dokusal yapıdır (Kun, 2000).

A-) Mineral Bileşimi

Mermerin içinde bir veya birden fazla cinste mineral bulunabilir. Sadece kalsitten oluşan bir mermerde sertlik 3-3,5 civarında değişir. Bu değişim tane iriliği ve dokusal özelliklerle olur. Mermerin içine kalsitin yanısıra dolomit de girerse sertlik biraz artar. Mermer içinde silikat minerallerinin görülmesi ile sertlik 4'ün üzerine

çıkmaya başlar. Özellikle kayaçta kuvars bulunması ve bunun oranının artması sertliği daha yukarıları tırmandırır.

Sert mermer grubuna giren granit, siyanit, gabro gibi silikat minerallerince zengin kayaçların sertliği 6-7 arasında değişmektedir. Bu değişim o kayaçları oluşturan feldspat, kuvars, piroksen, amfibol minerallerinin oranının değişimi ile gerçekleşir (Kun, 2000).

B-) Tane Boyutu

Mermer ne kadar ince taneli ise sertliği o kadar fazladır. Afyon mermeri ince taneli olup, iri taneli olarak kabul edilen Kemalpaşa (Bursa) mermerlerinden daha serttir. Esasen her iki cins mermer de metamorfizma geçirmiş olup tamamen kalsitten oluşmaktadır. Kayaçlar arasında görülen bu sertlik farkı sadece tane boyutundan kaynaklanmaktadır. Aynı olan sert mermerler için de geçerlidir. İnce taneli granitler, iri taneli granitlere oranla daha serttir (Kun, 2000).

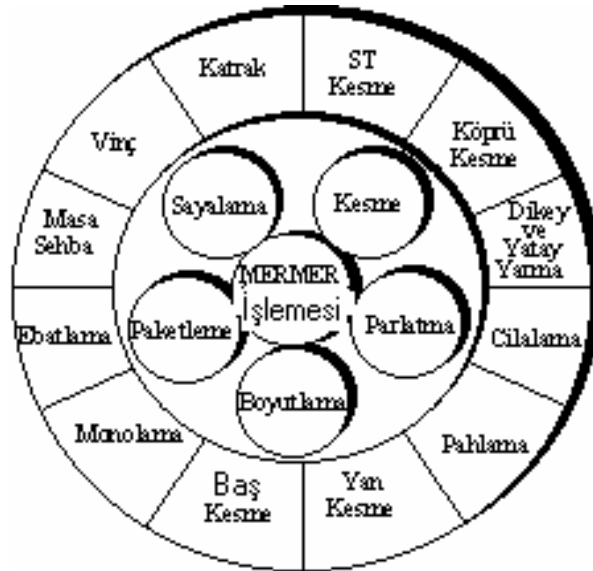
C-) Dokusal Yapı

Mermeri oluşturan minerallerin birbirleri ile olan ilişkileri bu minerallerin düzenli veya düzensiz yapıda olmaları kayacın dokusunu oluşturur. Tane sınırları düzgün ve iç içe grift değilse mermer daha yumuşaktır. Tane sınırları dantel gibi girintili çıkıntılı ve diğer tanenin içine girer şeklinde uzanan parçalar içeriyorsa bu tip mermer daha serttir. O nedenle metamorfizma geçirmemiş ve mineral kenarları düzlenmemiş olan kireçtaşları, metamorfizma geçirip mineral kenarı düzlenmiş olan gerçek mermerlerden daha serttir. Örnek olarak Ege bej ve Aktaş bej, Milas leylak ve muğla beyazdan daha serttir (Kun, 2000).

3.1.1.9. Mermer Kesim Teknolojisi ve ST (Diskli Blok Kesme) Makineleri

İnsanlığın hayat standartlarının yükselmesine paralel olarak doğal yapı ve kaplama taşı kullanımında son yıllarda giderek artan bir talep artışı ve bunun sonucu olarak mermer işleme tesislerinin sayısında belirgin bir artış görülmektedir. Mermer sahalarından üretilen blokların, mermer işleme tesislerinde kesilerek şekillendirilmesi işleminde, uygun kesici seçimi ve tasarımı büyük önem kazanmaktadır. Gelişen mermer işleme teknolojisinde Katrak, ST, Köprü Kesme, Dikey ve Yatay Yarma, Pahlama ve Cilalama gibi makinalarının kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Bu makinalarda kesim ve değişik tür mermer işleme performanslarının optimizasyonu ile uygun efektif kesici ve parlatıcının belirlenmesi, işleme teknolojisinde ekonomikliliği etkileyen başlıca faktörler olarak belirginleştiği görülmektedir.

Mermerlerin işlenmesinde kullanılan makina ekipman türleri ve mermer işleme esnasında uygulanan üretim işlemleri Şekil 3.1.1.9.1.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.1.9.1. Mermer işleme makinaları (Şentürk vd., 1996)

Mermer kesim teknolojisinde kullanılacak ekipmanların seçimi, aşağıdaki kriterlere göre yapılabilmektedir:

- Düşük yatırım ile maksimum üretim sağlanması,
- Ekipman montajı ve modernizasyonu için yapılacak yatırımın az olması,
- İşletme ve bakım maliyetinin minimum olması,
- Üretim miktarı değiştirilmek istendiğinde ekipman büyütme veya sayısını yükseltmede teknik zorluklara imkan vermemesi,
- Çalışma koşulları emniyetli ve kullanımının uygun olması,
- Tesisin tasarımının değişikliklere uyarlanabilmesi,
- Çevre dostu olması.

Mermer kesim teknolojisinde genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, mermerleri, kireçtaşlarını işleyen ekipmanlar, diğeri ise; granit ve sert taşları işleyen ekipmanlardır (Şentürk vd., 1996).

Mermer endüstrisinde blokların işleme süresince ana kesim ünitesi olarak genellikle ST makineleri kullanılmaktadır. Mermer bloklarının kesilerek, piyasada kullanılan ürün boyutlarına indirebilmek ve pazarlamaya hazır hale getirebilmek için, farklı disk çaplarına sahip ST makinalarından özellikle çift ayaklı ST makinelerinin daha yaygın olarak kullanılması nedeniyle, bu tez çalışması kapsamında çift ayaklı ST makinelerinin kesim performansının belirlenmesi üzerine araştırma çalışması yoğunlaştırılmıştır.

ST (Diskli Blok Kesme) Makineleri

ST'ler katrakta kesimi çeşitli nedenlerden dolayı yapılmamış veya katrik boyutlarına göre küçük olarak nitelenen kayacı düzgün olarak kesebilen makinelerdir. Mermer bloklar ST arabasına yüklendikten sonra arabaya sabitlenir ve kesici disklere yol verilir. Bu makine, yüklenen mermer bloğu 2 boyutta keser. Düşey dairesel disk y-ekseni boyunca kesim yaparken, yatay disk ise x-ekseni boyunca kesim yapar. Böylece ilk disk kalınlık boyutunu, ikinci disk ise genişlik boyutunu ayarlar. ST'ler ana gövdeyi tutan ayak sayısına göre adlandırılır. Bunlar;

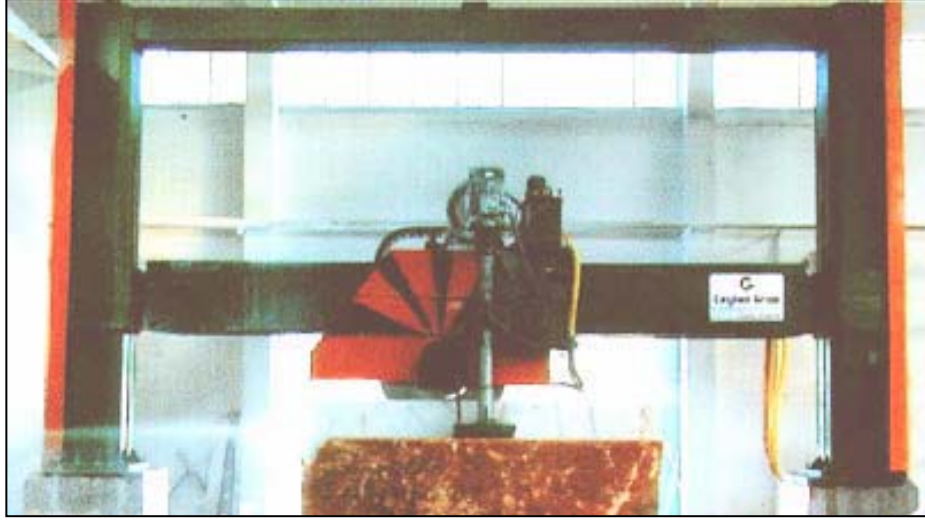
- Tek ayaklı ST ler,
- Çift ayaklı ST ler,
- Dört ayaklı ST ler

olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kun, 2000).

Tek Ayaklı ST tip makinalarda kesici diskleri taşıyan gövde aşağı-yukarı, sağa-sola hareket edebilmekte ancak kesim doğrultusundaki hareketi blok taşıyıcı vagon tarafından bir hidrolik lift vasıtasıyla sağlanmaktadır. Seri plaka kesimlerinden çok özel siparişlerde kullanılmaktadır. Genelde tek dikey testere bağlanmakta ve çeşitli ihtiyaçlara cevap verebilmeleri için büyük çaplı dikey testerele bağlanabilecek şekilde de imal edilmektedirler. İyi yapılmış yerli üretimleri mevcuttur. Taşıyıcı vagon altındaki rayların iyi monte edilmiş olması, bunlardan en az birinin üçgen profil olması, gövdenin döküm ve duraylılığı sağlayacak şekilde olması tercih edilmelidir.

Çift Ayaklı ST lerde, iki dikme ve bu dikmelere bağlı bir köprü mevcuttur. Kesici disk ünitesi, köprü dikmeler üzerinde aşağı-yukarıya hareket etme yeteneğine sahiptir. Diskleri taşıyan gövde, köprü kızıkları üzerinde ve hidrolik lift ile ileri-geri hareket ettirilmektedir. Sağa-sola hareket ise blok vagon ile sağlanmaktadır. Bu işlem, vagonun bir rediktörle itilip çekilmesiyle gerçekleştirilmektedir.

Çift ayaklı ST'ler seri plaka kesimlerinde kullanılırlar. Bunlarla hızlı ve hassas kesimler yapılabilen ve tek ayaklılara göre stabil kompozisyona sahiptirler. Ayrıca, çok sayıda dikey testerele de bağlanabilmektedir. Tipik bir ST, Şekil 3.1.1.9.2.'de görülmektedir.



Şekil 3.1.1.9.2. Çift ayaklı ST (Yıldız, 2004)

Dört Ayaklı ST lerde dört adet dikme bulunmakta ve dikmeler ikişerli olarak köprülerle birbirlerine bağlıdır. Bu iki köprü üzerinde diğer bir köprü daha mevcuttur. Mermer bloğu, vagon ile makinanın altına getirilmekte ve sabitlenmektedir. Makina ileri-geri, aşağı-yukarı ve sağa-sola hareketleri kızaklar üzerinde yapmakta ve ileri-geri hareket, hidrolik veya mekanik, diğer hareketler mekanik olarak sağlanmaktadır. Bu makinalarda çok sayıda dikey testere kullanılabilir. Granit kesimi için genellikle dört ayaklı ST ler kullanılmaktadır. Mermer blok kesiminde kullanılan ST'lerde dikey ve yatay testereler, çoğu zaman aynı anda kesim yaparken granit blok kesiminde farklı bir yöntem kullanılmaktadır. Kesim sürecinde, dikey testereler blok yüzeyini komple dilimlemekte ve yatay testereler ile bu dilimler bloktan ayrılmaktadır. ST'lerde kesici testerelerin ucunda elmas soketler bulunmaktadır. Soketler çeşitli büyüklükte, formda; elmas ve metal yapı olarak çeşitli sertlikte olabilmektedirler. Bu özellikler, kesilecek malzemeye, kesim hızına ve kesim şekline bağlıdır.



Şekil 3.1.1.9.3. Dört ayaklı ST (Yıldız, 2004)

Bu dört ayaklı ST ler, seri ve standard kesimler için kullanılırlar. Hızlı ve hassas kesim yaparlar. Diğer tiplerine göre daha fazla yer kaplarlar. Kesilen plakaların alınması daha kolaydır. Diğer tiplerde vagon hareketinin ortaya çıkardığı birtakım zorluklar, bunlarda en aza indirilmiştir. Zira, blok vagonu çok ağır olup blok dilimlemede testere yerine blok vagonunun kaydırılması istenilen hassasiyeti sağlamamaktadır. Ayrıca, testere yerine blok vagonunun gidip gelmesi iyi sonuç vermemektedir. Kesici dikey disk sayıları tek olabileceği gibi, 20 adet diskin bağlanabildiği ST ler mevcuttur. Yatay diskler tek olup, bunlar dikeye göre daha küçük çaplıdır (Şentürk vd., 1996; Yıldız, 2004).

Kesici Testereler

ST lerde kullanılan kesici testereler dikey ve yatay konumda olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Dikey testere çapları 600 mm ile 1800 mm arasında olabilmektedir. Daha büyük testereler de mevcut olup ancak, bunlar başka amaçlar için

kullanılmaktadır. Yatay testere çapları, 300 mm ile 450 mm arasında olabilmektedir. ST lerde dikey testereleer aynı mil üzerinde ve kayış kasnak vasıtasıyla bu grubun üzerinde bulunan elektrik motoruna bağlanırlar. Kesici diske göre devir ayarı, kasnakları değiştirmekle yapılmaktadır. Yatay testere ise motora kaplinli olarak aynı ekseninde bağlanmakta ve yatay testerenin dikeye göre aşağı yukarı hareketini sağlamak için bahsedilen bağlantı, bir boru içine yataklanmaktadır.

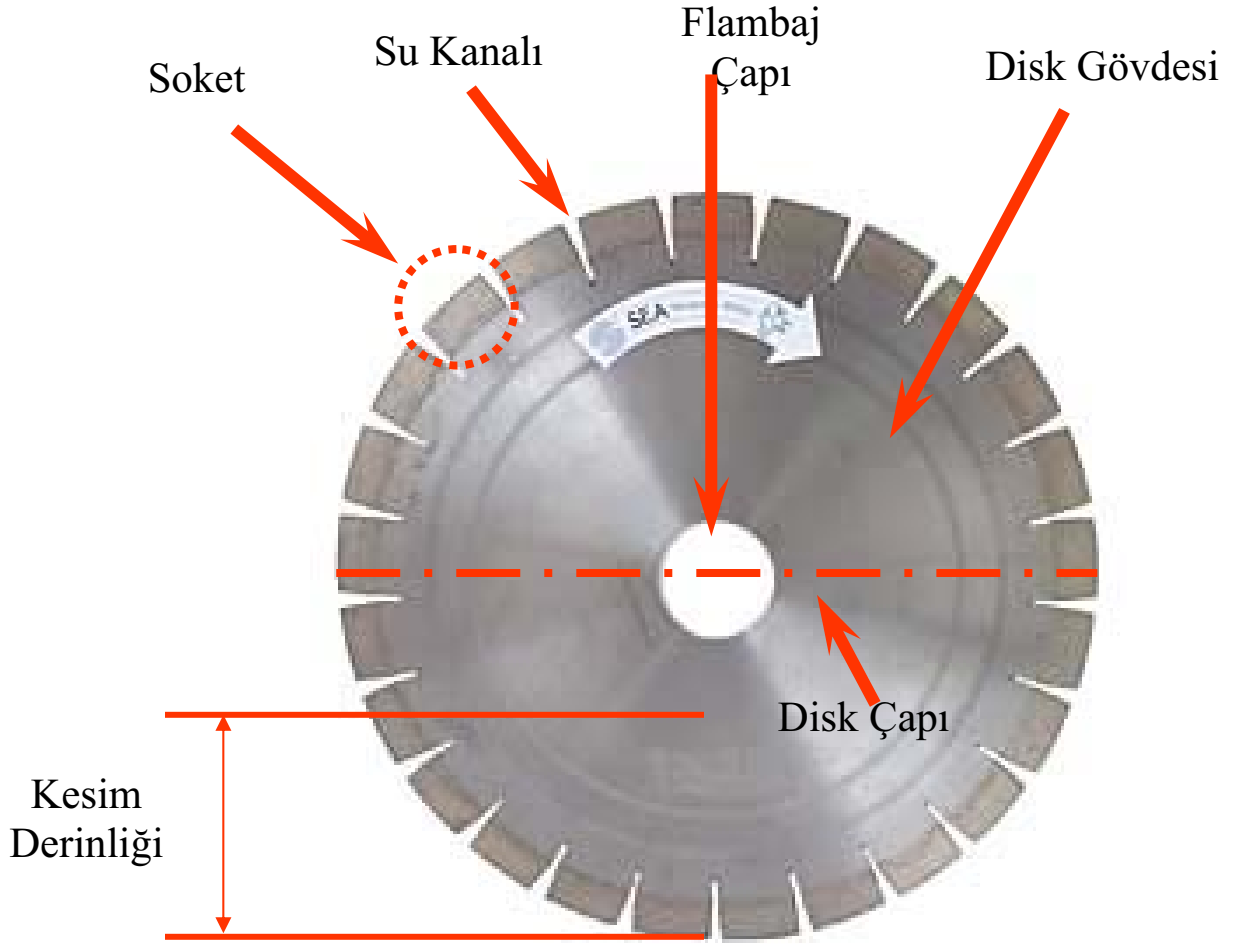


şekil 3.1.1.9.4. Diskli Kesiciler (Gündüz, 2003)

Genellikle elmas testereleer ile taş kesiminde su kullanmak gerekir. Bir atölyede veya sabit bir makinede çalışılıyorsa sorun yoktur. Fakat açık havada ve/veya bir el aleti ile çalışmak gerekiyorsa su gereksinimi sorun olacaktır. Kuru kesim testereleeri yüksek ısı ürettiğinden kullanılan alette arızaya neden olabilmektedir. özüm, soketlerin gövdeye başka bir teknikle kaynaklanmasıdır.

LAZER kaynağı sayesinde, testere ısısı 1000 dereceye ulaşmasına rağmen sorun yoktur. Bu kaynaklama tekniğinde, testere gövdesi ile soketler birbirleri içinde eridiğinden mükemmel bir dayanıklılık sağlanır.

Ayrıca, her soket ile testere gövdesi arasında kusursuz bir hizalanma sağlandığından, işin sonlandırma aşamasında çok hassas sonuçlar elde edilir.



Şekil 3.1.1.9.5. Diskli kesicilerin geometrik boyutu (Gündüz, 2003)

Bir soketin et kalınlığı kesim işlemleri sonrasında aşınma sebebiyle eğer gövde kalınlığına kadar inmişse , artık bu disk için soket kullanımı bitmiştir (Şentürk vd., 1996; Gündüz, 2003).

Kullanım Alanlarına Göre Diskler

- 1) Standart su kanallı
- 2) Aralıksız soketli
- 3) Dar su kanallı

Standart Su Kanallı



Şekil 3.1.1.9.6. Standart su kanallı disk (Yıldız, 2004)

Her türlü kesim ve iyi kalitede, yüksek kesim hızı gerektiren şartlarda ve gerektiğinde daha ağır kesim şartlarında daha sert malzemelerin kesiminde kullanılır.

Granit diyabaz gibi sert taşlarda , inci kumlu beton kumtaşı gibi malzemelerin kesiminde kullanılır.

- 1) Kesim hızı çok yüksektir.
- 2) İyi bir kesim yüzeyi oluşur.
- 3) Az su tüketimi
- 4) Çok düşük kesim maliyetine sahiptir.

Dar Su Kanallı



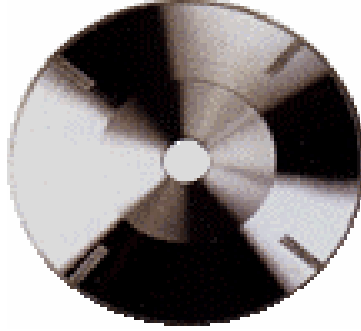
Şekil 3.1.1.9.7. Dar su kanallı disk (Yıldız, 2004)

Her türlü kesim için ve özellikle yüksek kesim hızlarında, düzgün kesim yüzeyi istenilen durumlarda kullanılır. Her türlü taş kesimde ve özellikle cilalanmış taşlarla

ince plakaların kesimi sırasında ufak kırıkların istenmediği durumlarda kullanılır

- 1) apak kalmamakta ve keskin yüzeyler oluşmaktadır.
- 2) Kesilecek yüzeylerde ufak kopmalar ortadan kalkmaktadır.
- 3) Tek dezavantajı; testere başına düşen soket sayısı artacağından birim disk kesici maliyeti artmaktadır

Aralıksız Soketli



şekil 3.1.1.9.8. Aralıksız soketli disk (Yıldız, 2004)

- 1) İnce levha ve plaka kesiminde kullanılmaktadır.
- 2) Ana kesim diski olarak kullanılmaz.
- 3) Kesim hızı yüksektir.
- 4) Genellikle yumuşak kayalar da kullanılmaktadır (Yıldız, 2004).

Çizelge 3.1.1.9.1. Kesici diskin çapına göre soket dizaynı ve sayısı (Yıldız, 2004)

Çapı (mm)	Soket Kalınlığı (mm)	Soket Uzunluğu (mm)	Soket Yüksekliği (mm)	Soket Adedi
300	2.8	40	10-15	21
350	2.8	40	10-15	25
400	3.2	40	10-15	28
450	3.6	40	10-15	32
500	3.6	40	10	36
550	4.4	40	10	40
600	4.4	40	10	42
625	4.4	40	10	42
650	5.0	40	10	46
700	5.0	40	10	50
725	5.0	40	10	50
750	5.0	40	10	54
800	6.0	40	10	57
825	6.0	40	10	58

ST lerde Kullanılan Soğutma Suyu Uygulamaları

İkiye ayrılır.

- 1) Standart su sistemi
- 2) Golconca sistemi

ST lerde kullanılan soğutma suyunun miktarı ve en az kullanım sınır değerinin belirlenmesi, makina performansına etkiyen önemli parametrelerden biridir. Genellikle kullanım esnasında, su bol miktarda ve testerenin her iki tarafına da eşit olarak dağıtılmalıdır. Suyun bol olarak kullanımı, basınç değerinin yüksek olmasından çok daha önemlidir.

Az su kullanımı veya kullanılmaması, elmas uçların ömrünü önemli derecede azaltmakta ve kesim performansının ekonomikliğini en aza indirmektedir.

Soğutma suyu temiz olmalı ve efektif kullanım için filtre edilmelidir. Aksi takdirde, kullanma suyunda bulunabilecek parçacıklar, testerenin aşınmasına ve testere ömrünü azalttığı gibi gövdenin de aşınmasına neden olabilmektedir (Yıldız, 2004).

ST Kesim Karakteristikleri

Tekno mekanik açıdan, ST kesim karakteristikleri testere türünün, çapının, et kalınlığının ve uygun soket seçimine ve soket adedinin kesilecek malzemeye uygunluğunun kesim hızına, kesim yüzeyine, enerji tüketimine, testere randımanına, testere ömrüne bağlıdır. Kesilecek malzemenin türüne göre soketin seçimi, ST karakteristiğinin en önemli parametrelerinden birisidir. Uygun soket seçilmemesi gibi durumlarda, testerenin randımanının düşmesi, kesim hızının azalması, testerenin körelmesi, testere gövdesinin bozulması, enerji tüketiminin artması ve kesilen malzeme yüzeyinin bozulması gibi olumsuz etkilerinin meydana geleceği beklenmektedir. Uygun soket seçiminde, kesilecek malzemenin sertliği ve aşındırıcılık endeksleri de önemli parametrelerdendir.

ST karakteristiklerine etkileyen diğer parametreler ise; ST lerde kullanılacak disk çapı, motor gücü, devir sayısı, çevresel hız ve minimum su ihtiyacı gibi teknik parametrelerdir. Kullanılacak ST ile ilgili bu teknik veriler, ST imalatçısı firmalar tarafından imalat kataloglarında belirtilmektedir.

ST lerde kullanılan soğutma suyunun miktarı ve en az kullanım sınır değerinin belirlenmesi, makina performansına etkileyen önemli parametrelerden biridir. Genellikle kullanım esnasında, su bol miktarda ve testerenin her iki tarafına da eşit olarak dağıtılmalıdır. Suyun bol olarak kullanımı, basınç değerinin yüksek olmasından çok daha önemlidir. Az su kullanımı veya kullanılmaması, elmas uçların ömrünü önemli derecede azaltmakta ve kesim performansının ekonomikliğini en aza

indirmektedir. Soğutma suyu temiz olmalı ve efektif kullanım için filtre edilmelidir. Aksi takdirde, kullanma suyunda bulunabilecek parçacıklar, testerenin aşınmasına ve testere ömrünü azalttığı gibi gövdenin de aşınmasına neden olabilmektedir. ST performansları üzerine bir seri araştırma yapılmış ve araştırma bulgularına göre, değişik mermer türleri için kullanılması gereken minimum su ihtiyacı-testere çapı arasında bir histogram oluşturulmuştur.

Çok sert malzemelerin haricinde levha veya fayans kesimleri bir seferde tamamlanmalıdır. Genel olarak kabul edilen durum, kesilen malzemede ufak kırıklar olmaması için testere, malzemenin altından en az 25 mm taşma yapmalıdır. Granit, diyabaz gibi çok sert malzemelerin kesiminde ise kesim hızının düşmesi iki yada daha fazla seferde yapılmalı ve bu arada baskı kuvveti arttırılmalıdır. Kesim işleminin son aşamasında yine testere malzemenin altından en az 25mm taşmasına dikkat edilmelidir.

Kesilecek malzemenin cinsine ve sertliğine göre uygun olarak kullanılacak bir ST testeresinde bulunması gereken optimal soket adedi de önemli bir kriterdir. Testeredeki toplam soket adedi arttığında, kesim sürecinde gerekli enerji miktarında da bir artışa ihtiyaç duyulmaktadır. ST lerde kesme işleminde diğer önemli bir faktör de kesim hızıdır. Kesim hızının yüksek olduğu durumlarda, soketler üzerinde bulunan elmas taneciklerinin bir kısmının henüz yeterli kesim işini yapmadan bağlantı yerinden kopmakta ve testerenin çabuk tükenmesine sebep olmaktadır. Düşük hızlarda ise elmasın kesme olayını gerçekleştirebileceği çarpma sürati düşeceğinden uyumsuz bir çalışma ortamı oluşmakta ve testerenin körelmesine neden olmaktadır. Değişik malzemelere göre endüstriyel olarak kullanılan ortalama kesim hızları Çizelge 3.1.1.9.2.' de verilmiştir (Şentürk vd, 1996).

Çizelge 3.1.1.9.2. ST için ortalama kesim hızları (cm²/dak) (Şentürk vd., 1996; Gündüz, 2003)

Kesilecek Malzeme	Kesim Hızı (cm ² /dak)	
	Düşük güç ve temiz yüzeyli kesim	Yüksek güç ve hızlı, kaba kesim
Çok kuvarslı granit	100-150	200-300
Az kuvarslı granit	300-400	400-600
Mermer türleri		
Disk Çapı 200-700 (mm)	600-750	1000-1500
Disk Çapı 700-1300 (mm)	800-900	1500-2500
Disk Çapı 1300-3000 (mm)	1000-1200	1500-2500
Traverten	1000	2000-3000
Kumtaşı ve Şamot	300-1000	600-2000

Kesim hızı şu şekilde hesaplanabilmektedir:

$$V = (L * H) / t \quad [3.1.]$$

Burada;

V : Kesim Hızı (cm²/dak)

L : Blok Boyu (cm),

H : Blok Yüksekliği (cm).

t : Kesim Süresi (dak).

Kesici disk çevresel hızı da kesim hızı kadar, ST performansına etkiyen önemli bir parametredir ve değeri genellikle kesilecek malzemeye bağlı olmaktadır. Kullanılacak olan testerenin motor devri hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Makinanın yeterli güce sahip olması, çok önemli bir parametre olup, bu güç testerenin çapına ve kesilecek malzemeye göre değişmektedir. Bu konuda yapılan bir dizi incelemenin bulgularına göre, disk çapı ile motor gücü arasında değişik malzeme kesimleri için farklı maximum ve minimum güç ihtiyacının olduğu belirlenmiştir.

Edinilen tecrübelerde, granit kesimi için kullanılması gereken motor gücü değerinin, mermer-traverten ve kumtaşı gibi taşların kesiminde gerekli olan motor gücü değerinden daha fazla olduğu gözlenmiştir. ST lerde efektif bir kesim randımanı için yüksek motor gücü değeri seçilmektedir. Yüksek güç, birim zamanda kesim için aşınmaya daha dayanıklı olan elmas bağlantılarının kullanılmasına imkan verecektir. Pratik olarak kesim gücünün belirlenmesinde, şu ampirik yaklaşımlar kullanılmaktadır:

Normal güçte makineler;

$$N = 3 * T + 0.12 * D/2 \quad [3.2]$$

Daha güçlü makineler;

$$N = 8 * T + 0.20 * D/2 \quad [3.3]$$

Burada;

N : Motor Gücü, (kW),

T : Testere Kesme Genişliği (mm),

D : Testere çapı (cm).

Çevresel hıza bağımlı, kesici testere çapı ile motor devirleri arasında, fonksiyonel olarak ilişkilerin varlığı araştırılmıştır. Endüstriyel boyutta, yatay ve dikey testere için ST motor devirlerinin çevresel hız ve testere çapına bağımlı olarak optimal değerleri için bir dizi korelasyonel irdelemeler yapılmış ve şu fonksiyonel yaklaşımlar oluşturulmuştur:

ST-Yatay testere (300mm - 450mm,φ)

$$n = [7592.30 + 1865.95 * W] - [52.27 + 124.57 * W] \log D \quad [3.4]$$

ST-Dikey testere (600mm - 1800mm, φ)

$$n = [8.208 + 149.017 * W] - [2.336 + 42.948 * W] \log D \quad [3.5]$$

Burada;

n : Motor devri, (dev/dak),

W : Çevresel Hız (m/sn),

D : Testere çapı (mm),

Ayrıca, motor devirlerinin kesici disk çapı, motor gücü ve kesilecek malzeme ile ilişkileri de araştırılmıştır.

Kesimi yapılacak malzeme ile ST performans karakteristikleri arasındaki ilişkiler çok değişkenli lineer analiz teknikleri ile araştırılmış ve oluşturulabilecek olan rasyonel ifadelerin üstel, logaritmik ve/veya polinomial ampirik yaklaşımlar şeklinde olabileceği belirlenmiştir. Analiz bulgularına göre ST motor devirleri-kesici disk çapları arasındaki karakteristik ilişkiler Çizelge 3.1.1.9.3.'de istatistiksel ifadeler olarak belirlenmiştir (Şentürk vd., 1996; Gündüz, 2003).

Çizelge 3.1.1.9.3. ST kesimleri için istatistiksel yaklaşımlar (Şentürk vd., 1996; Gündüz, 2003)

	ST-Yatay Testere	ST-Dikey Testere
Kuvarşlı Granit	$n = 4482.60 * 10^{-0.001 * D}$	$n = 1339.35 * 10^{-0.001 * D}$
Az Kuvarşlı Granit	$n = 5340.47 * 10^{-0.001 * D}$	$n = 1798.95 * 10^{-0.001 * D}$
Mermer	$n = 7141.32 * 10^{-0.001 * D}$	$n = 2309.46 * 10^{-0.001 * D}$
Traverten	$n = 8119.19 * 10^{-0.001 * D}$	$n = 2862.21 * 10^{-0.001 * D}$
Kumtaşı	$n = 8724.17 * 10^{-0.001 * D}$	$n = 2997.05 * 10^{-0.001 * D}$

3.1.2. Araştırmada Kullanılan Mermer Örnekleri

3.1.2.1. Örneklerin Alındığı Yerler

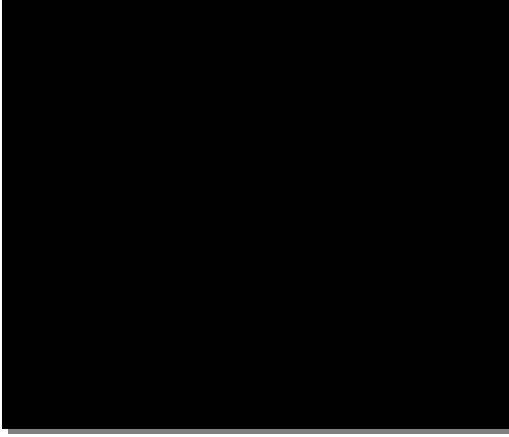
Araştırmada kullanılan mermer örnekleri Türkiye'nin değişik bölgelerinden alınmış olup, kod numaraları, türleri ve yerleri Çizelge 3.1.2.1.1.'de belirtilmiştir. Örneklerin alındığı bölgeler ise Şekil 3.1.2.1.1. üzerinde ayrıca gösterilmiştir.

Çizelge 3.1.2.1.1. Kullanılan mermer örnekleri ve yerleri

Örnek No	Kod No.	Mermer Türü	Alındığı Yer
1	Mğ - 1	Elazığ Siyah	Elazığ
2	Mğ - 2	Fonolitik Tefrit	Isparta
3	Mğ - 3	Elazığ Vişne	Elazığ
4	Mt - 1	Afyon Şeker	Afyon
5	Mt - 2	Sivrihisar Bej	Eskişehir
6	Mt - 3	Muğla Grili	Muğla
7	Mt - 4	Milas Leylak	Muğla - Milas
8	Sd - 1	Finike Limra	Antalya
9	Sd - 2	Denizli Traverten	Denizli
10	Sd - 3	Bucak Traverten	Burdur
11	Sd - 4	Alacadağ Limra	Antalya - Finike
12	Sd - 5	Afyon Traverten	Afyon
13	Sd - 6	Fosilli Limra	Antalya - Finike
14	Sd - 7	Kırmızı Traverten	Kütahya - Tavşanlı
15	Sd - 8	Fantezi Kahve	Çanakkale
16	Sd - 9	Hazar Pembe	Diyarbakır

3.1.2.2. Örneklerin Makroskobik Görüntüleri

Mermer örneklerinin makroskobik görüntüleri Şekil 3.1.2.2.1. – 3.1.2.2.5. de verilmiştir.



Elazığ siyah



Fonolitik tefrit



Elazığ vişne

Şekil 3.1.2.2.1. Mağmatik kökenli mermerlerin makroskobik görüntüleri



Afyon şeker



Sivrihisar bej

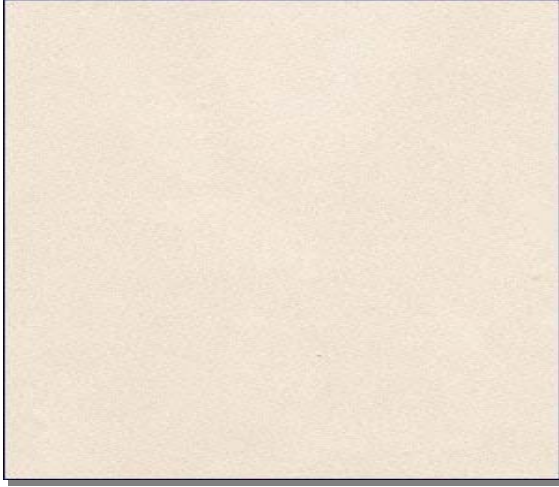


Muğla grili



Milas leylak

Şekil 3.1.2.2.2. Metamorfik kökenli mermerlerin makroskobik görüntüleri



Finike limra



Denizli traverten



Bucak traverten

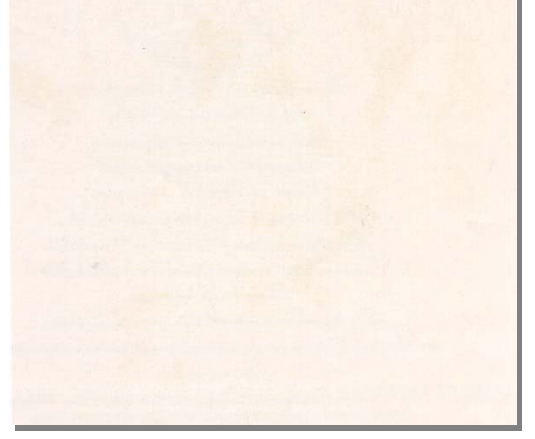


Alacadağ limra

Şekil 3.1.2.2.3. Sedimanter kökenli mermerlerin makroskobik görüntüleri



Afyon traverten



Fosilli limra



Kırmızı Traverten



Fantezi kahve



Hazar pembe

Şekil 3.1.2.2.3. (Devam)

3.2. Metot

Türkiye'deki değişik alanlardan farklı mermer örnekleri alınmıştır. Bu örnekler laboratuvara taşınarak onlardan ince kesitler hazırlanmıştır. Söz konusu incekesitlerin özellikle polarizen Nikon Optiphot-Pol araştırma mikroskobunda incelenmeleri sonucunda mermer örneklerinin mineralojik bileşimleri belirlenmiştir. Daha sonra aynı ince kesitlerin görüntü analiz sistemlerinde incelenmeleri sonucunda da mermer örneklerinin gözeneklilik analizleri yapılmıştır (görüntü analiz sistemlerindeki incelemelerde Sony TRV 87-E ve Mustek W-300 kameralar kullanılmıştır).

Mermerler oluşum mekanizmaları ve kökenlerine göre gruplandırılmış ve her gruptan seçilen numunelerin önce SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü cevher hazırlama laboratuvarında kırma ve öğütme işlemleri yapılarak kimyasal analize hazırlanmıştır. Kimyasal analizler ise DEÜ Maden Mühendisliği Bölümü kimya laboratuvarında enstrümantal ve yaş kimyasal analiz yöntemleri uygulanarak yapılmıştır.

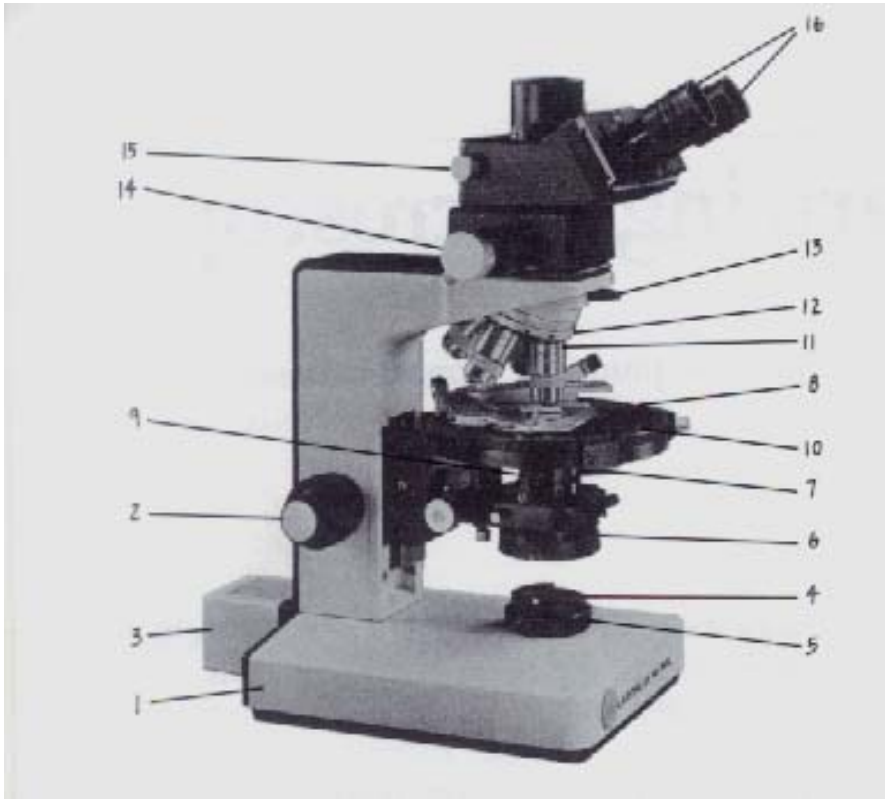
Mermer örneklerine ait teknik özellikler ise (basınç dayanımı, Birim hacim ağırlık, vb.) SDÜ Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında deneysel olarak incelenmiş olup, ayrıca saha incelemeleri olarak da farklı türdeki mermer bloklarının, mermer işleme tesislerinde diskli blok kesme makinalarındaki kesilebilme parametre ve değerlendirmeleri yapılarak gerekli veri kümeleri oluşturulmuştur.

3.2.1. Polarizan Mikroskop

Kayaçları oluşturan mineraller günümüzde x-ışınları, elektron mikroskobu, mikroprob ve D.T.A (diferansiyel termik analiz) yöntemleriyle analize tabi tutulmaktadır. Bütün bu analiz teknikleri yanında polarizan mikroskobun özel bir yeri bulunmaktadır. Polarizan mikroskop günümüzden 150 yıl önce keşfedilmiş olmasına rağmen mineral tayininde, kayaç dokusunun belirlenmesinde jeoloji laboratuvarlarının vazgeçilmez en önemli aleti konumundadır. Polarizan

mikroskopta, özellikle ışığı geçiren mineraller, onların optik özelliklerinden yararlanılarak tayin edilirler.

Polarizan mikroskopta usta bir mineralog herhangi bir minerali birkaç dakika içinde tüm özellikleriyle tanıyabilir. Kayaç birkaç mineralden oluşuyorsa, kabaca kayacı şekillendiren minerallerin bileşimlerini yarı kantitatif olarak söyleyerek kolayca kayacı isimlendirebilir.



Şekil 3.2.1.1. Modern bir polarizen mikroskobun kısımları; (1) Gövde, (2) İnce ve kalın ayar düğmesi, (3) Aydınlatma sistemi, (4) Filtre yeri, (5) Işık diyaframı, (6) Alt polarizör, (7) Açıklık diyaframı, (8) Tabla, (9) Kondensatör, (10) Vernier ölçeği, (11) Objektifler, (12) Ayar vidaları, (13) Kama deliği, (14) Üst polarizör, (15) Bertrand adesi, (16) Oküler ve en üstteki düşey tüp ise fotoğraf makinesi monte edilecek kısımdır (Bilgin, 1992)

Petrografik mikroskoplarla dokusal analizler de yapılmaktadır. İlgili kayaçtan 0.03 mm (=30µm) inceliğinde ince kesitler hazırlanır. Bu ince kesitlerin mikroskop altında incelenmesi sonucu kayacı oluşturan tanelerin boyutları, tanelerin kayaç

içinde dağılımı, minerallerin duraylılığı, mineral içindeki inklüzyonların durumu, bozunma ve eksolüsyonlar hakkında sağlıklı bilgi toplanır. Öte yandan minerallerin kayaç içindeki yönelimleri ve ikincil kristallenmeler kolayca açıklanır. İncekesite şöyle bir göz atmakla, hemen kayacın magmasal, tortul ve başkalaşım kökenli olup olmadığı anlaşılır (Bilgin, 1992).

3.2.2. Görüntü Analiz Sistemi

Görüntü analiz sistemlerinin mermerlerde yapılan araştırmalarda kullanılması ve gelişen teknolojiye paralel olarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, zaman, maddi kaynak ve uygulamada kolaylık sağlamaktadır. Bilgisayar tabanlı görüntü analiz sistemleri, klasik metotlara göre çok daha güçlü ve kullanışlıdır.

Bu doğrultuda Türkiye'nin değişik yörelerinden alınan farklı mermer örnekleri görüntü analizi yöntemi ile incelenmiştir. Görüntü analizi sonuçları bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Özellikle mermer görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılması ve belirlenen amaçlar doğrultusunda işlenmesi ile görüntü analiz sistemlerinin avantajlarını konu edinen bu çalışmada, iri ve küçük minerallerin ince kesit örneklerinin incelemeleri yapılmıştır. Klasik metotlarla kıyaslandığında görüntü analiz sistemleri pek çok avantaj sağlar. Klasik metotlarla yapılan fotoğraf çekimlerinde, elde edilmek istenen görüntünün ayarlanamaması, fotoğraflara henüz çekim yapılmadan değişik efektlerin uygulanamaması gibi problemlerle karşılaşmaktadır. Aynı zamanda bunlar araştırmalarda vakit kaybına neden olmaktadır. Bilgisayar tabanlı görüntü analiz sistemlerinde ise görüntüler yüksek teknolojik ekipmanlar ile her koşulda kusursuz olmaktadır. Görüntü analiz sistemleri elde edilen dijital görüntülerde yüksek çözünürlük, minimum kirlilik, yüksek kontrast ve ayarlanabilir fotoğraf parametreleri gibi önemli özellikler sunmaktadır. Bu çalışma ile mermerlerde eski metotlarla fotoğraf alım güçlüklerinin ortadan kalkmasının yanı sıra, verilerin bilgisayar ortamına aktarılması, iç ve dış parametrelerinin kolaylıkla ölçülmesi, ölçümler sonucu elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi ve oluşturulan veri tabanları sayesinde

arşivleme üzerinde yapılan çalışmalar örneklerle ele alınmış ve sunulmuştur. Böylece, günümüz teknolojik gelişmelerinin mermerlere uygulanması, görüntü analizinin bir çok faydasının varlığını ve mermerlerin sistematik çalışmalarında daha hassas, kullanışlı ve güvenilir ölçümlerle beraber gelişmiş sonuçlara ulaşılabileceğini göstermektedir (Uysal vd., 2003).



Şekil 3.2.2.1. Görüntü analiz cihazı (www.clemex.com)

3.2.3. Kimyasal Analizlerin Yapılması

Kimyasal analizler için özenle seçilen magmatik, metamorfik, sedimanter kökenli farklı mermer numuneleri öncelikle SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarındaki çeneli kırıcıda kırıldı ve bilyalı değirmende öğütülerek kimyasal analiz boyutu olan 100 µm'nin altına indirildi. Öğütülmüş numuneler DEÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kimya Laboratuvarında Lityum Tetraborat ($Li_2B_4O_7$) ile karıştırılarak eritiş yöntemi ile çözüldü ve istenen elementler 2280 model PERKİN-ELMER marka Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (A.A.S.) cihazı (Şekil 3.2.3.1.) kullanılarak hassas bir şekilde kantitatif olarak tayin edildi. Kızdırma Kaybı (KK) analizleri ise;

her numuneden ayrı ayrı tartımlar alınarak porselen ya da platin krozelerde elektrikli fırın içinde 1000 °C'de sabit tartıya kadar kızdırılmak suretiyle gerçekleştirildi.

NOT: KK → H₂O + CO₂ ve bulunması muhtemel organik maddeyi verir.



Şekil 3.2.3.1. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Akçıl, 1998)

AAS'nin Çalışma Prensibi:

Kalınlığı 1 cm olan bir atomal buhar üzerine gönderilen ışınlardan, enerjileri buhardaki atomların uyarılma enerjilerine eşit olanlar absorplanır. Gelen ışınların şiddeti I_0 , buharı geçenlerin şiddeti I ise bu iki miktar birbirine,

$$I = I_0 \cdot e^{-K_v \cdot C \cdot l} \quad [3.6.]$$

formülü ile bağlıdır. K_v , v frekansına ait toplam absorpsiyon katsayısı, C atomal buharın konsantrasyonudur. Görüldüğü gibi buharı geçen ışığın şiddeti konsantrasyon ile üstel olarak azalmaktadır. Buna göre kaynaktan gelen ışınların,

incelenecek elementin atomal buharından geçerken bir kısmının absorplanması sonucu şiddetindeki değişmeyi ölçerek konsantrasyon ölçmekten ibarettir (Dikman, 1985).

3.2.4. Matematiksel Modellemenin Yapılması

Bu çalışmada mermer örnekleri, kökenlerine göre ayrı ayrı ele alınmış ve her bir kökeni temsil eden mermer kayacı örnekleri üzerinde hem laboratuarda hemde birebir sahada analizler yapılarak gerekli veri kümeleri oluşturulmuştur.

Veri kümeleri kullanılarak yapılan istatistiksel analizlerde, anlamlılık düzeyi en yüksek olan parametrik ilişkiler tespit edilmiştir. İstatistiksel yaklaşımlarla geliştirilen her bir eşitlik için de Sperman's Rank Korelasyon tekniği kullanılarak anlamlılık düzeyi incelenmiştir. Çünkü; çalışmada elde edilen verilerin, istatistiksel olarak yorumlaması yapıldığında, mermer bileşimindeki kimyasal bileşenler ile kayacın basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık ilişkisi, görgül ifadelerle tanımlanmaya çalışılmıştır. Ancak bu tanımlamada elde edilen yaklaşımlar, çok değişkenli istatistiksel eşitlikler şeklinde çıkarılmıştır. Bu eşitliklerin, mühendislik açısından güvenilirliği regrasyon analizleri ile yapılamadığından, istatistikte çok değişkenli eşitlikler için ön görülen Sperman's Rank Korelasyon Tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte elde edilen rank korelasyon katsayısının anlamlılık düzeyi kabul edilen değerler içinde bulunmuştur.

3.2.4.1. Sperman's Rank Korelasyon Tekniği

İki farklı data seti arasında lineer bir korelasyonun varlığının belirlenmesi amacıyla hesaplanan korelasyon katsayısının, data set değerleri üzerinde oluşturulan lineer ranklama esasına dayanan bir nonparametrik regresyon yöntemidir. Temel olarak, farklı data setlerinin lineer olarak istatistiksel ifadelerinin kurulması bu teknikte aynen kullanılır. Ancak, korelasyon katsayısının ranklara bağımlı olarak belirlenmesi sebebiyle korelasyon katsayısı, teorik olarak belirli sınır değerleri arasında bulunup bulunmadığı irdelenir, kurulacak hipotezlerin geçerliliği araştırılır.

Bu teknikte en fazla iki populasyon değerleri irdelenmeye alınabilir. Her bir populasyon için Lineer bir ranklama yapılır. Populasyonlardaki toplam numune verilerinin fazla olması belirlenecek rank korelasyon katsayısının anlamlılık derecesini artıracaktır. Arzu edilen minimum toplam numune sayısı bir populasyon için 6'dır.

Bu teknikte 2 farklı hipotez çerçevesinde irdeleme yapılabilir;

Ho: Rank korelasyonu 0'a yakın.

Ha: Rank korelasyonu 0'dan küçük bir değerde.

Oluşturulan bu hipotezler çerçevesinde populasyonlar arasında Lineer bir yaklaşımın nonparametrik olarak bulunup bulunmadığı aşağıdaki eşitlik yardımıyla, rank korelasyon katsayısı belirlenir;

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

burada

r_s : Sperman's rank korelasyon katsayısı,

d_i : Populasyon rank farklarının karesi,

n : Her bir populasyondaki toplam numune sayısıdır.

Bu eşitlik yardımıyla belirlenen r_s rank korelasyon katsayısı değerlendirmeye alınacak olan α anlamlık düzeyine bağımlı olarak Çizelge 3.2.4.1.1.'de verilen karşılaştırma endeks r_α verileri ile mukayese edilir;

Red Konumu:

$$r_s > r_\alpha \text{ veya } r_s < -r_\alpha$$

Kabuller:

- Her bir popülasyondaki toplam numune sayısı eşittir.
- Popülasyondaki değerler en küçükten en büyüğe doğru lineer olarak ranklanmıştır.
- Minimum toplam numune sayısı 6'dır.

Yukarıda algoritması özet olarak belirtilen bu tekniğin maden mühendisliğinde herhangi bir işletmenin plan-proje aşamasında sayısal değerlerin nonparametrik olarak irdelenmesinde, spesifik olarak kullanılabilecek bir yöntemdir (Gündüz ve Sarıışık, 1998).

Çizelge 3.2.4.1.1. Sperman's Rank Korelasyon Analizi Anlamlılık Düzeyi Çizelgesi (Gündüz ve Sarıışık, 1998)

n	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.025$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.005$	n	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.025$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.005$
5	0,900	--	--	--	18	0,399	0,476	0,564	0,625
6	0,829	0,886	0,943	--	19	0,388	0,462	0,549	0,608
7	0,714	0,786	0,893	--	20	0,377	0,450	0,534	0,591
8	0,643	0,738	0,833	0,881	21	0,368	0,438	0,521	0,576
9	0,600	0,683	0,783	0,833	22	0,359	0,428	0,508	0,562
10	0,564	0,648	0,745	0,794	23	0,351	0,418	0,496	0,549
11	0,523	0,623	0,736	0,818	24	0,343	0,409	0,485	0,537
12	0,497	0,591	0,703	0,780	25	0,336	0,400	0,475	0,526
13	0,475	0,566	0,673	0,745	26	0,329	0,392	0,465	0,515
14	0,457	0,545	0,646	0,716	27	0,323	0,385	0,456	0,505
15	0,441	0,525	0,623	0,689	28	0,317	0,377	0,448	0,496
16	0,425	0,507	0,601	0,666	29	0,311	0,370	0,440	0,487
17	0,412	0,490	0,582	0,645	30	0,305	0,364	0,432	0,478

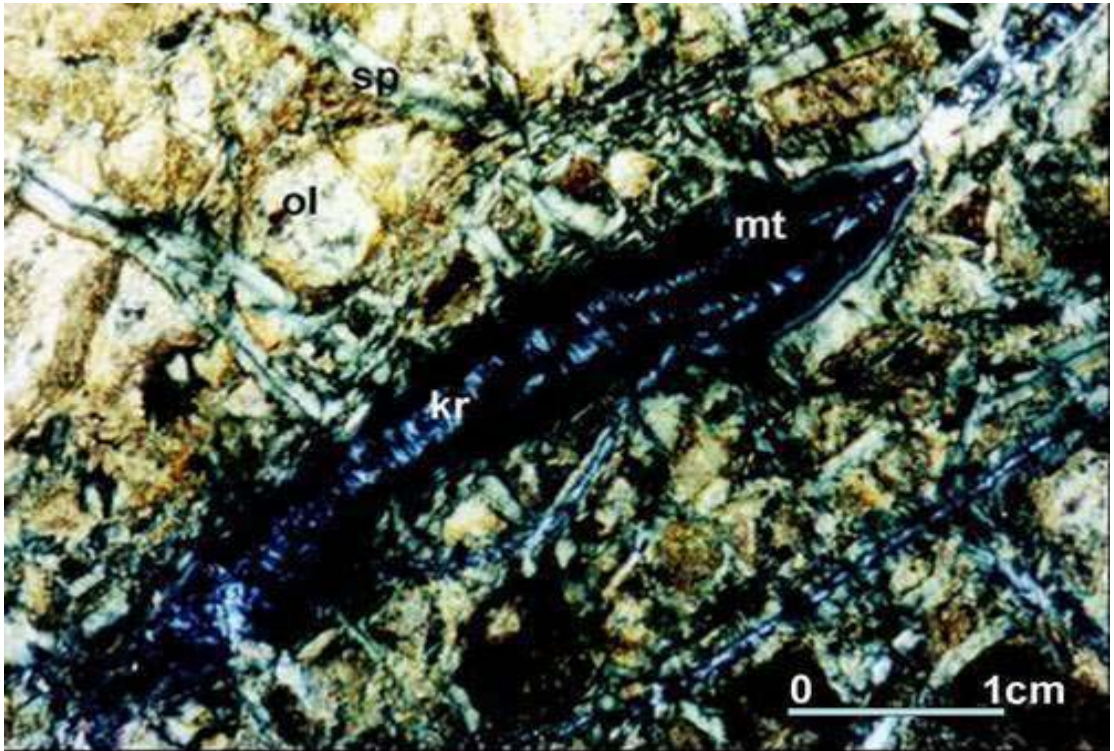
Yapılan analizlerde Sperman's Rank Korelasyon $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde $n=7$ örnek sayısında elde edilen değerler 0,682 – 0,705 arasında bulunmuştur. Bu değer Çizelge 3.2.4.1.1. incelendiğinde, bulunan bu değer istatistiksel olarak anlamlılık sınırı içerisinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle, çalışmada elde edilen görgül ifadelerin, anlamlılık düzeyi yüksek eşitlikler olarak kullanılabileceği görülmüştür.

4. BULGULAR

4.1. İnce Kesitlerin Mineralojik Analizleri ve Yorumlanmaları

Elazığ Siyah (Mg-1)

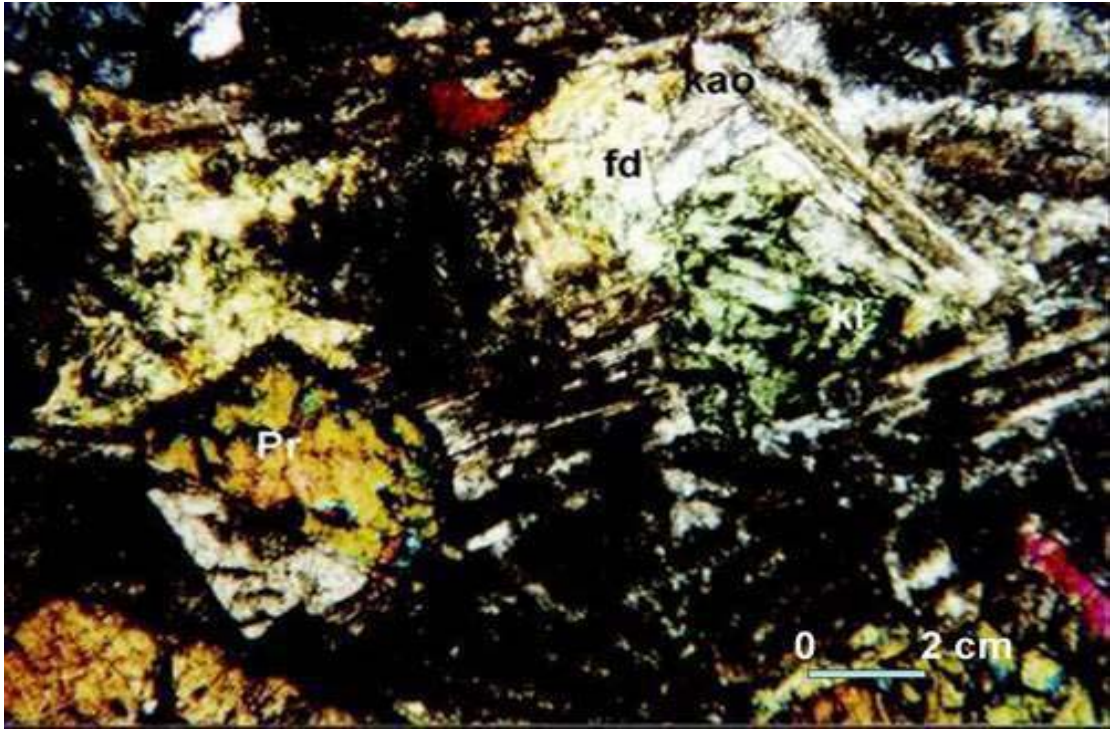
Elazığ siyahı ile isimlendirilen mermer, ultramafik bir kayadır Mineralojik bileşiminde olivin (forsterit), serpantin ve opak minerallerden magnetit yer almaktadır. Mikroskopta bakıldığında bal peteği gibi bir görünüm sunmaktadır (Şekil 4.1.1). Peteğin kendisini altere olmuş olivinler ve peteğin çevresini de olivinlerin alterasyon ürünü olan serpantinler oluşturmaktadır. Tek tük de kayaç içinde enstatit mineralleri yer almaktadır. İlgili kayaç elek dokusu göstermektedir. Kayaç hakim mineralojik bileşimine göre dunittir.



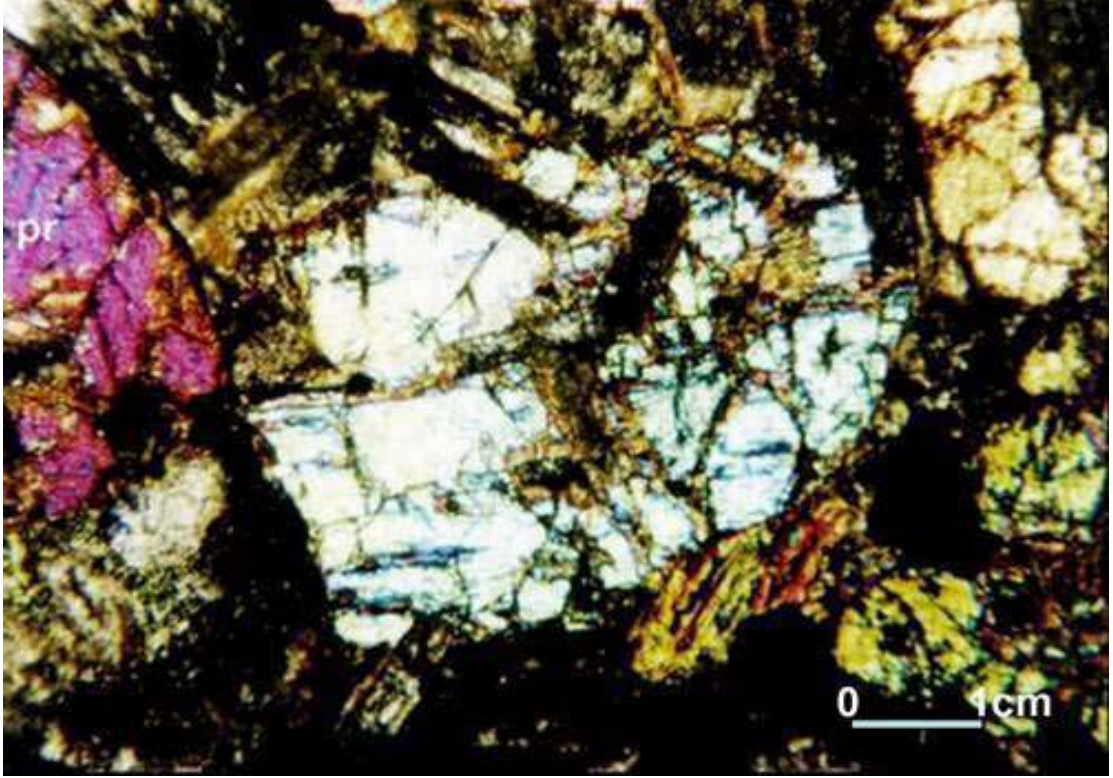
Şekil 4.1.1. Dunitlerde olivin (ol), serpantin (sp) ve magnetit (mt) kristalleri ve ortada kyanit (kr) damarcıklarından bir görüntü (Ç.N.)

Fonolitik Tefrit (Mg-2)

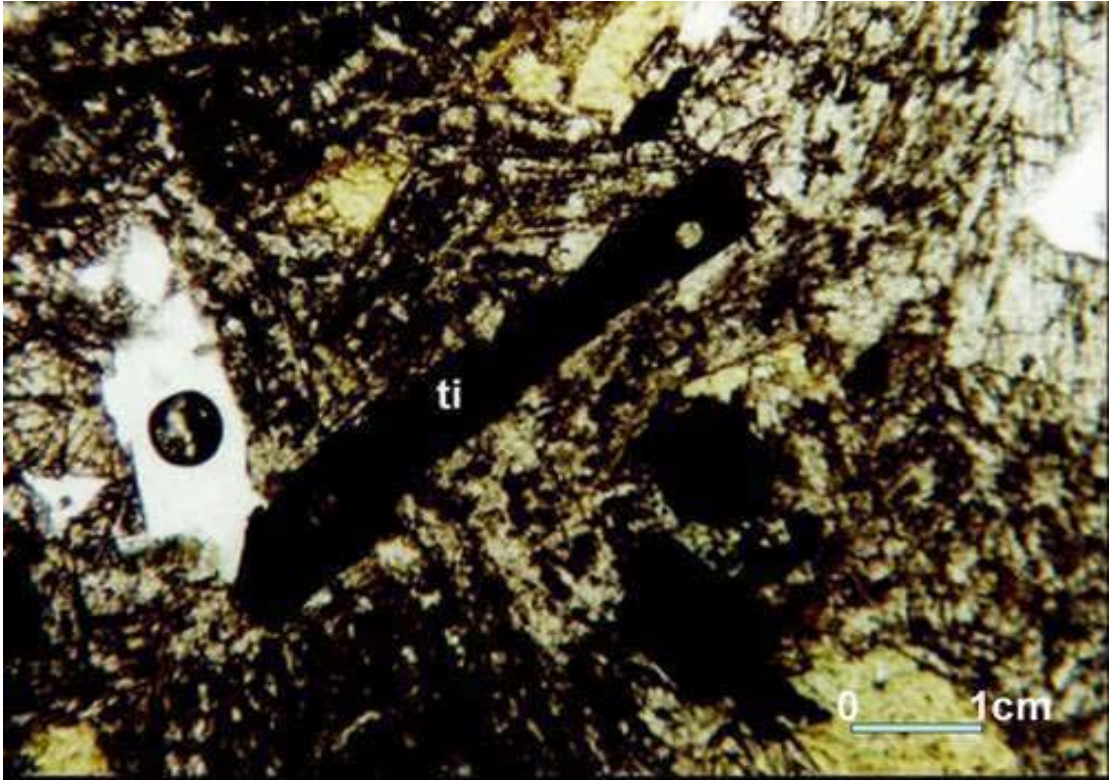
Fonolitik tefrit, volkanik bir kayaç olup, Gölcük volkanizması ürünüdür. Mineralojik bileşimde feldspat, piroksen, nefelin, lösit, sfen ve opak mineraller görülmektedir (Şekil 4.1.2.- 4.1.3.). Feldspat ve piroksenlerde dilinim yüzeyleri boyunca alterasyon yoğunlaşmaktadır. Piroksen içinde inklüzyonlar yer almakta ve ilgili mineralin kenarları boyunca opaklaşma görülmektedir. Bol miktardaki opak minerallerin strüktürlerinin iskeletimsi oluşu bunların titanit olduğunu göstermektedir (Şekil 4.1.4). İlgili kayaç porfiritik dokulu olup fonolitik tefrit olarak adlandırılmıştır. Fenokristaller camsı bir hamur içerisinde yüzmektedir. Kayaç içinde görülen yeşil renkli mineraller ise klorittir.



Şekil 4.1.2. Fonolitik tefritte feldspat, piroksen (pr) mineralleri, kloritleşme (kl) ve feldispatlarda (fd) kaolenleşme (kao) (Isparta Gölcük, Ç.N.)



Şekil 4.1.3. Piroksenlerin (pr) dilinim yüzeyleri boyunca alterasyonun görüntüsü (Ç.N.)

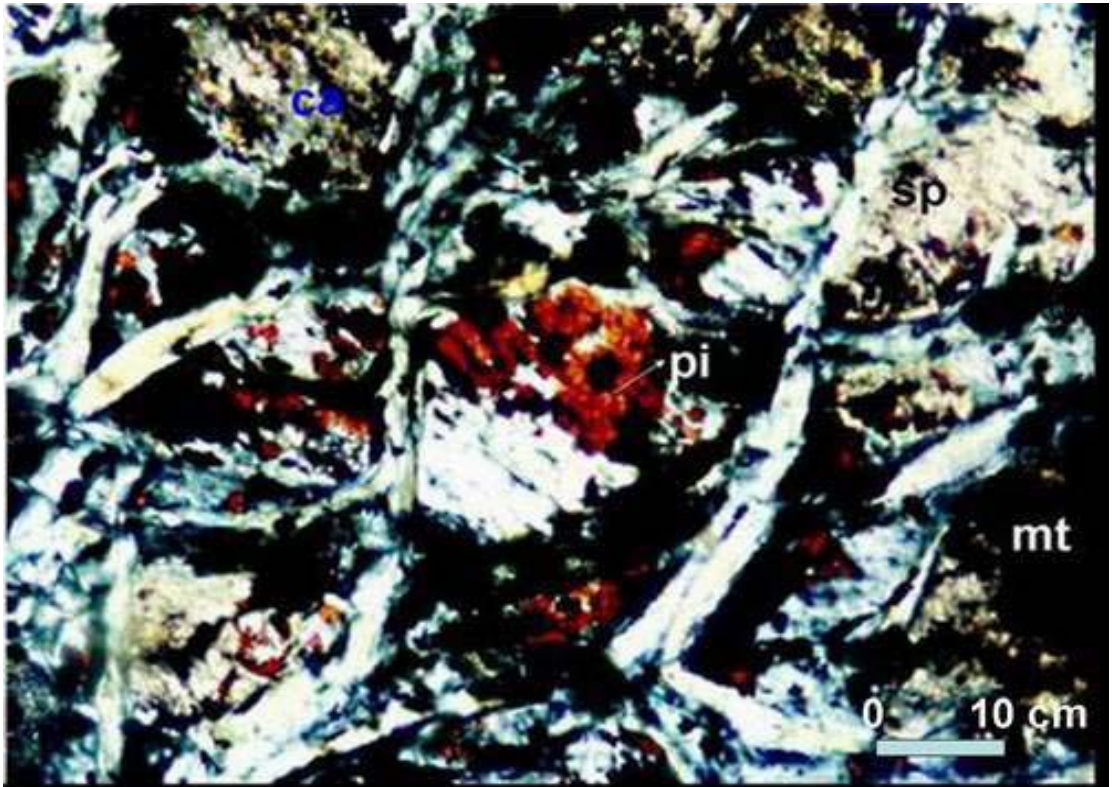


Şekil 4.1.4. Titanitin (ti) iskeletimsi görünümü (T.N.)

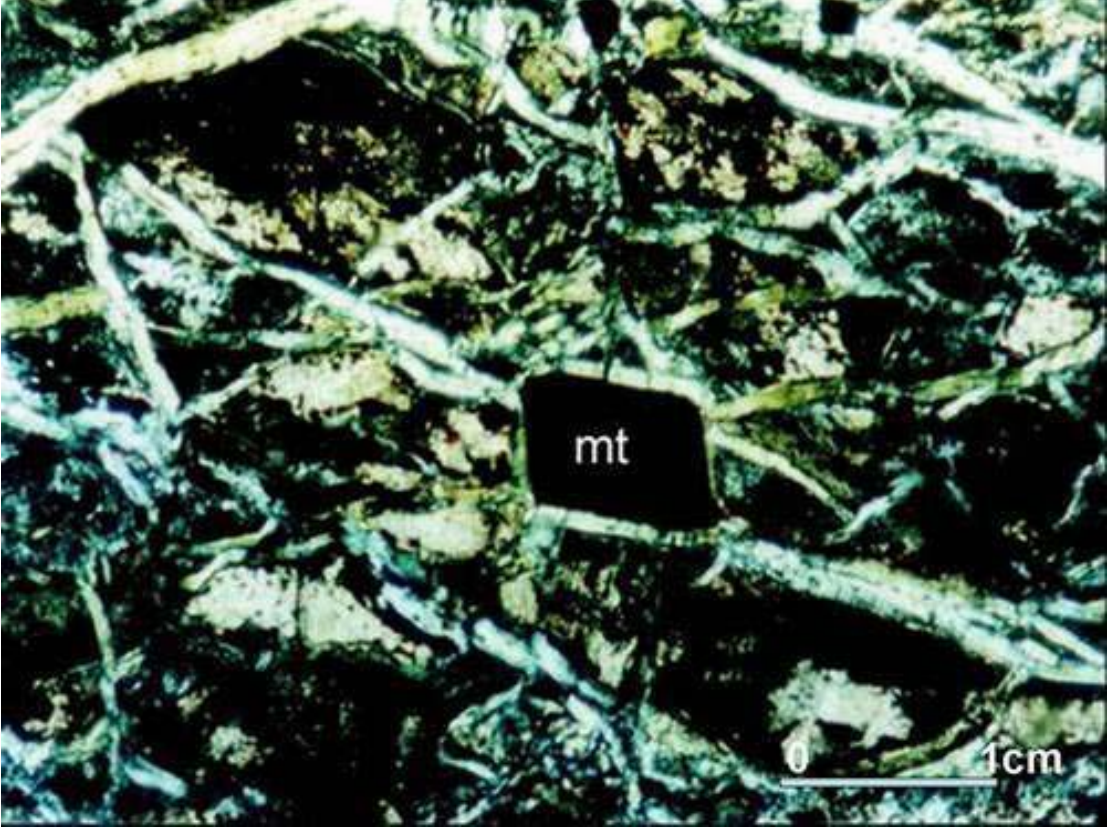
Elazığ Vişne (Mg-3)

Elazığ vişnesi ultramafik bir kayadır, alterasyonla içlerindeki boşluklara ikincil kalsit yerleşmiştir. Bunlara aynı zamanda ofikalsit de denilmektedir. İlgili kayanın mikroskop altında incelendiğinde içinde opak minerallerden pirit ve magnetit yer almaktadır. Epidot grubu minerallerden de Piemontit: $[Ca_2(Mn,Fe^{+3},Al)_2AlO(Si_2O_7)(SiO_4)(OH)]$ kayanın içinde yer almaktadır (Berry vd., 1983). Piemontit minerali kayaya vişne rengi kazandırmaktadır. Söz konusu mineralin reliyefi oldukça yüksek olup, kuvvetli pleokroizması vardır (pleokroizması, kırmızının tonları ve ruj rengindedir).

Kayanın dokusu elek dokusu olup, olivinler alterasyon sonucu serpantin minerallerine dönüşmüştür (Şekil 4.1.5.- 4.1.6.).



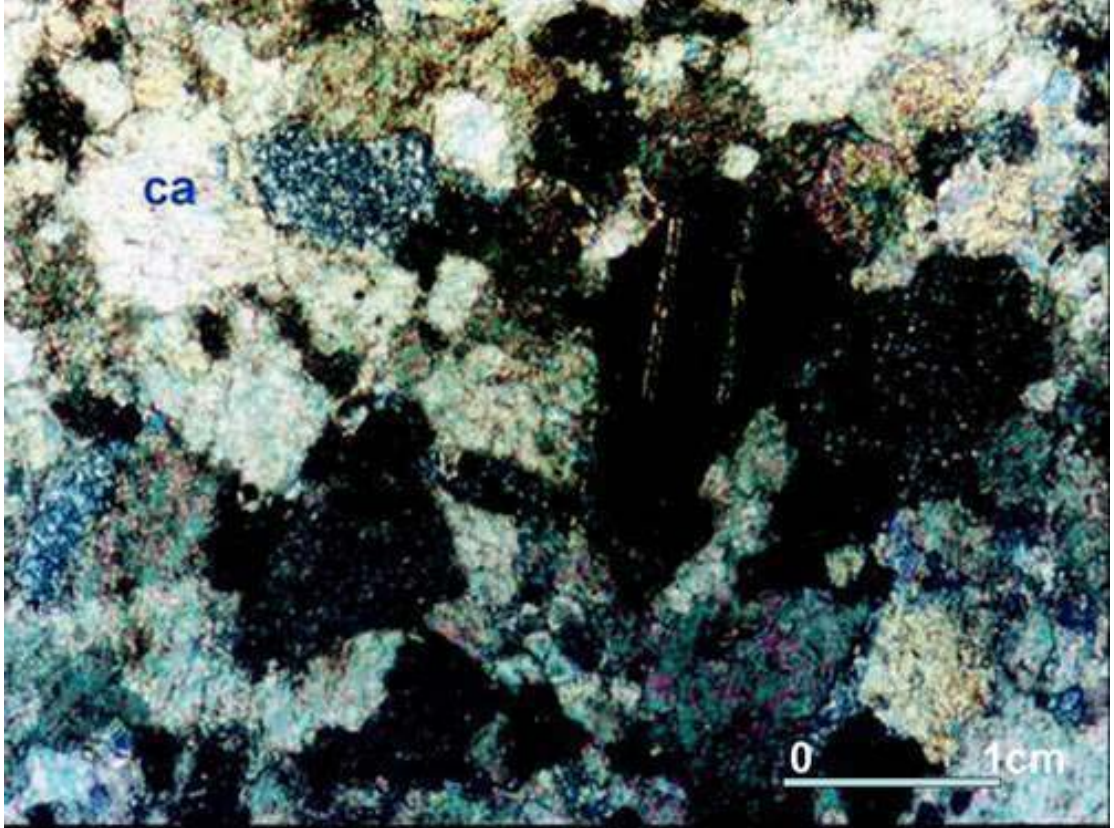
Şekil 4.1.5. Elek dokusu sunan Elazığ vişnesinde serpantin(sp), magnetit (mt), piemontit (pi) ve kalsit (ca) minerallerinden bir görünüş (T.N.)



Şekil 4.1.6. Elazığ vişnesinde elek dokusu, yoğun serpantinleşme ve kayada yer alan opak minerallerden magnetit (mt) (Ç.N.)

Afyon Şeker (Mt-1)

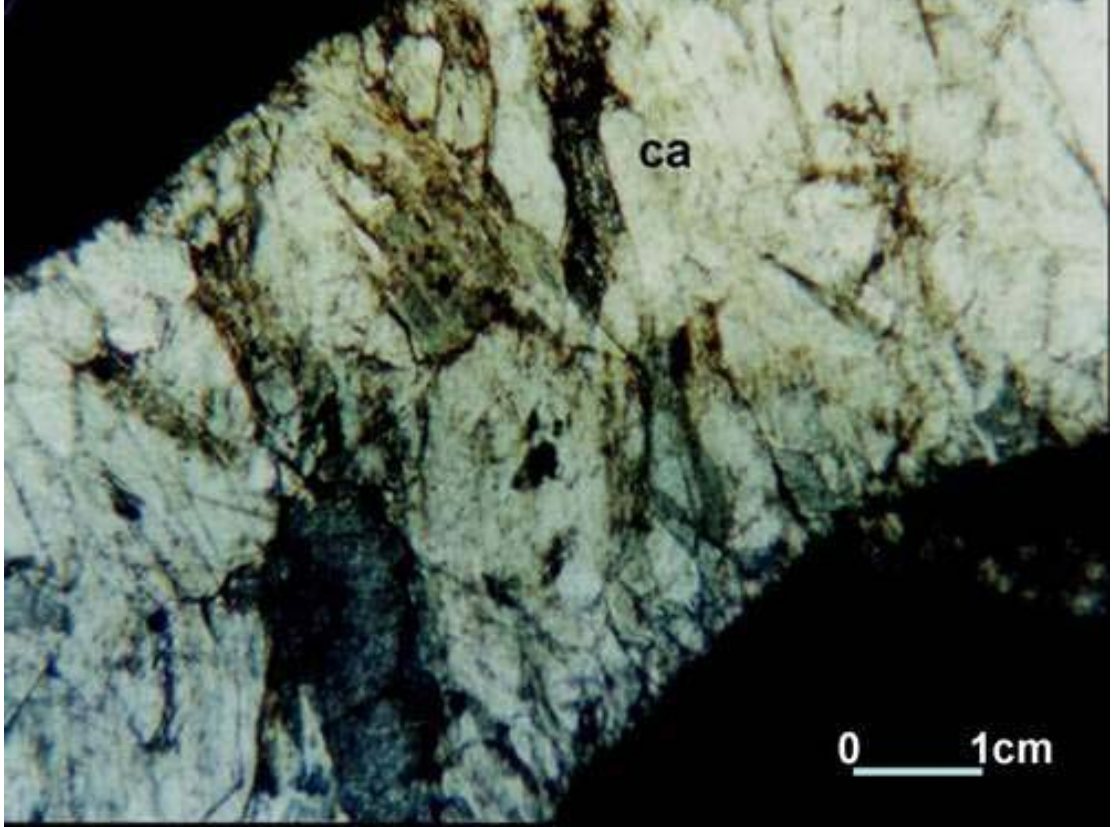
Afyon şeker ksenomorf (özşekilsiz) rombohedral dilinimli kalsit kristallerinden oluşmuş kristalize kireçtaşıdır. İlgili kayaç kireçtaşlarının başkalaşım geçirmesi sonucu meydana gelmiştir. Kayaç tamamen kalsit kristalleriyle doldurulmuş olup, boşluksuzdur. İlgili kayac ksenoblastik dokuludur (Şekil 4.1.7.).



Şekil 4.1.7. Ksenoblastik dokulu kalsit (ca) kristallerinden görünüm (Ç.N.)

Sivrihisar Bej (Mt-2)

Sivrihisar bej de kalsit kristallerinin boyutları 2 mikrondan küçük olup, kayaç mikritik dokuludur. Kayaç içinde oluşan yarık ve çatlaklar zamanla ikincil kalsit kristalleriyle doldurulmuştur(Şekil 4.1.8.).

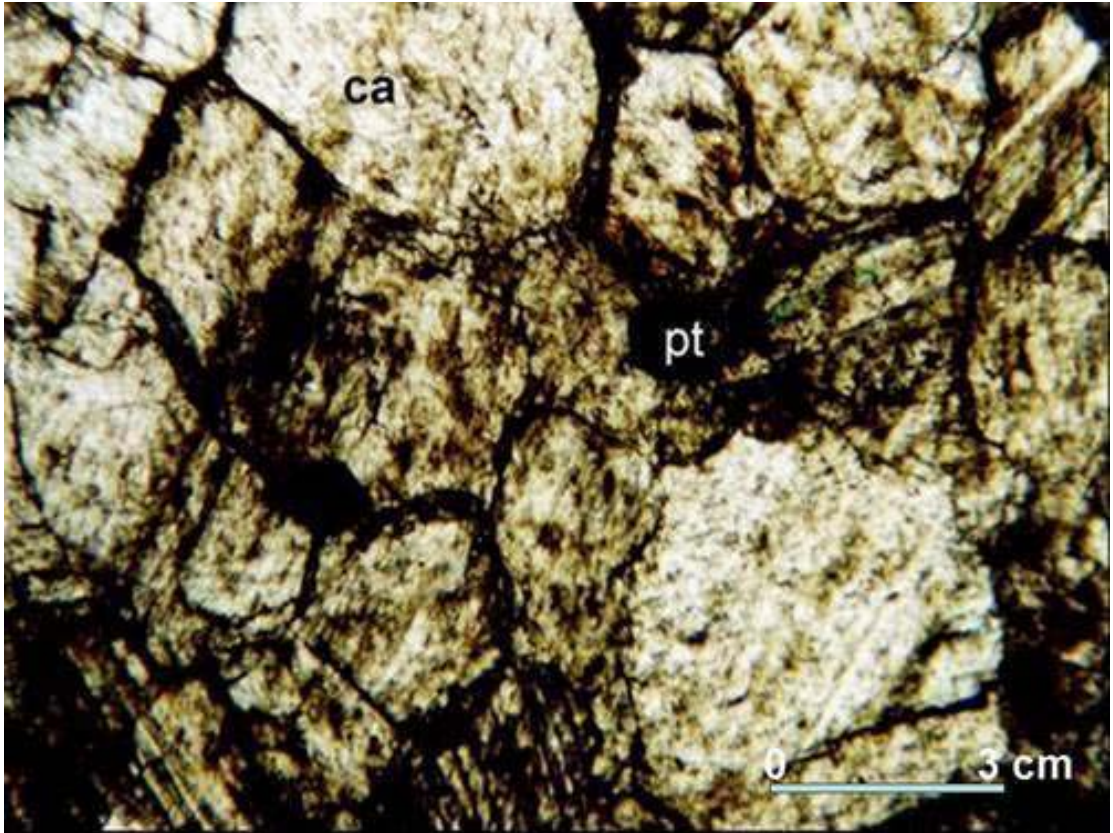


Şekil 4.1.8. Sivrihisar bejinde mikritik doku içinde yer alan ikincil kalsit (ca) damarlarından bir görünüm (Ç.N.)

Muğla Grili (Mt-3)

Muğla grili eşit (izogranüler) taneli bir mermerdir. Mermer içinde bol miktarda kalsit kristalleri yer almaktadır. Kalsit kristalleri oldukça iri olup, rombohedral dilinimler sunmaktadır. Kristal morfolojisi açısından değerlendirildiğinde ksenomorf (özşekilsiz) kristaller halindedir. İkincil olarak kalsit kristalleri sınırlarında opak mineraller bulunmaktadır. Bu opak mineraller, poligonal şekilli olup, ışığı geçirmemeleri ile mikroskop altında hemen kolayca tanınmaktadır. Poligonal (üçgen, dörtgen, beşgen) şeklinde olmalarından bunların pirit veya kalkopirit olduğu tahmin edilmektedir. Kesit içinde aksesuar oranında yer almakta olup, boyutları 3-4 mikron civarındadır. Aynı kayaçta aksesuar oranda da muskovitler görülmektedir.

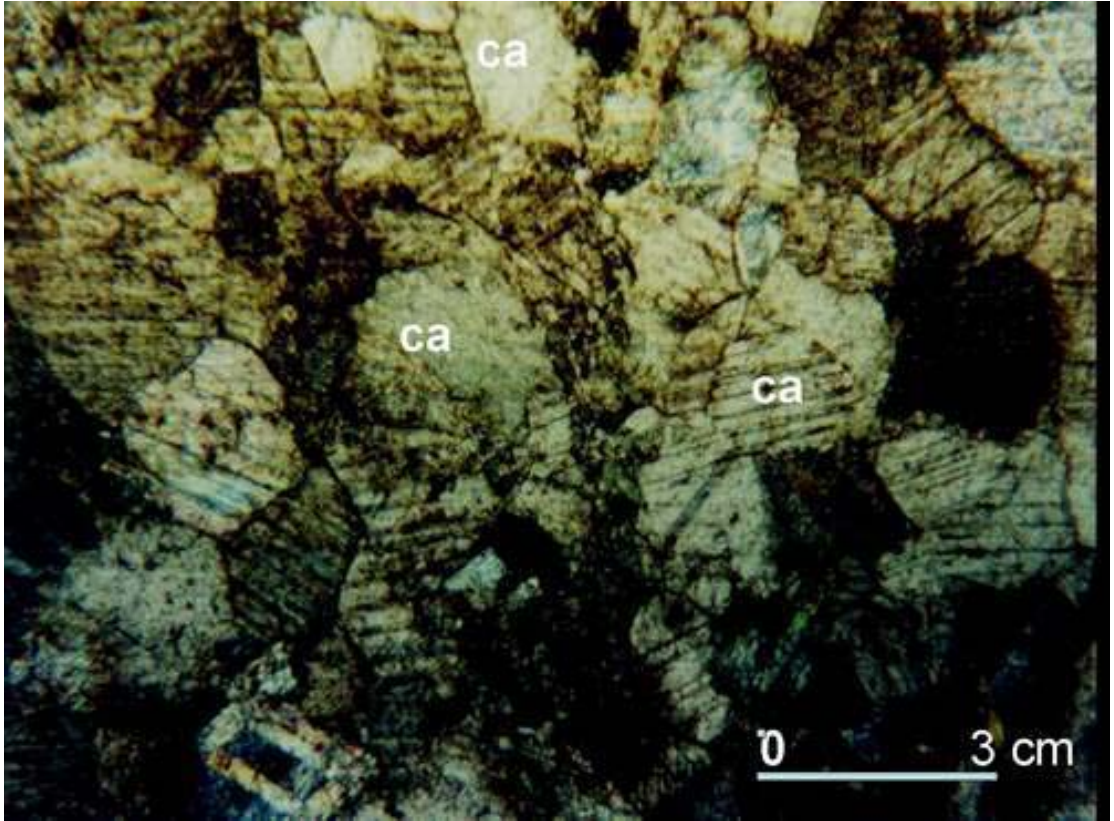
Muğla grilinin dokusu, ksenoblastik (bütün taneler eşit boyutta, özşekilsiz) bir doku olup kireçtaşlarının başkalaşım ürünüdür (Şekil 4.1.9.).



Şekil 4.1.9. Muğla grilinde kalsit (ca) ve piritlerden (pt) bir görünüş (T.N)

Milas Leylak (Mt-4)

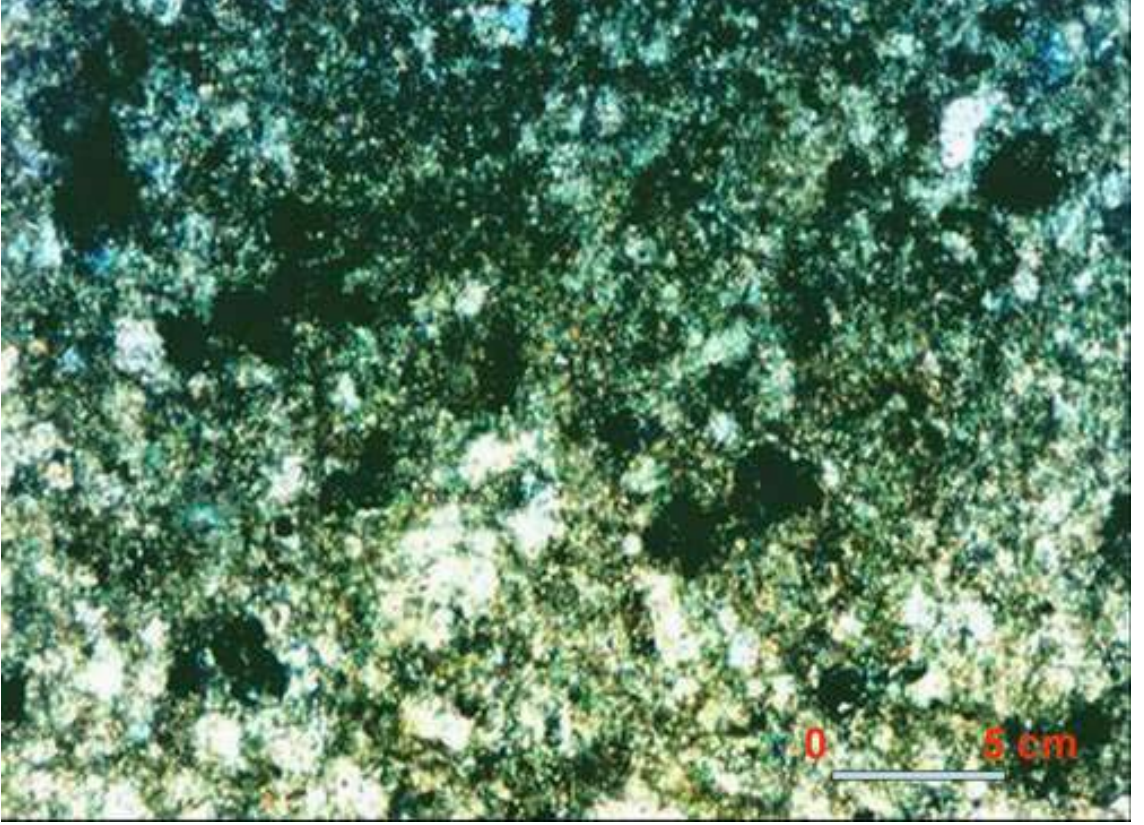
Milas leylak örneği ksenoblastik dokulu bir mermerdir. Kayaç içinde yer yer çok küçük flogopit türü mikalar bulunmaktadır. Mikanın türü kayaca leylak rengi kazandırmaktadır. Ksenoblastik dokuyu oluşturan kalsitler, rombahedral dilinimli kristaller halindedir (Şekil 4.1.10.).



Şekil 4.1.10. Milas leylakda ksenoblastik dokulu kalsitlerden (ca) görünüm (Ç.N.)

Finike Limra (Sd-1)

Gözenekli, çok az kristallenme görülen, mikritik dokulu bir kireçtaşıdır.



Şekil 4.1.11. Finike limradaki mikritik dokudan bir görünüm (Ç.N.)

Denizli Traverten (Sd-2)

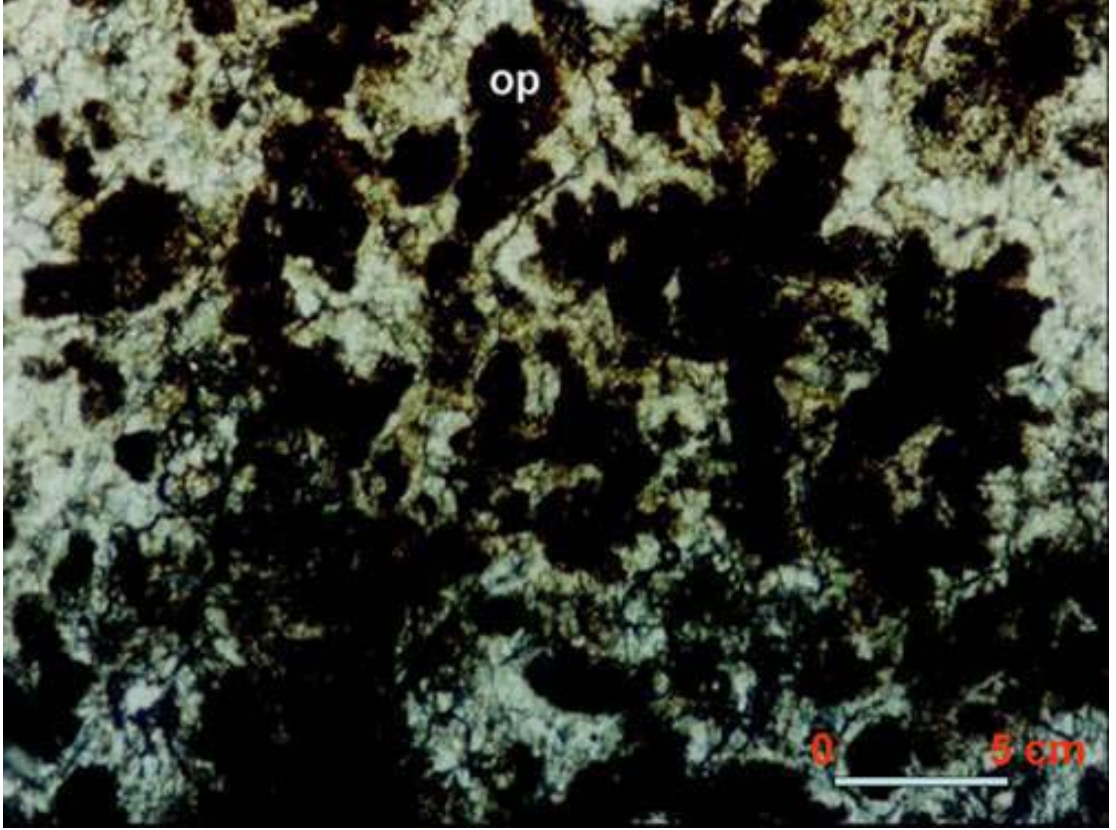
Denizli dolaylarında yüzeyleme vermekte olup jeotermal alanlarda yüzeye çıkan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ lı sulardan kimyasal yollarla çökelerek oluşmuşlardır. Anılan travertenler çalkantılı bir ortamda meydana gelmiş olup çalkantının sonucu olarak oolitik bir yapı meydana getirmişlerdir (Şekil 4.1.12.). Oolitler iç içe konsantrik bir görünüm sunmaktadır. Kayaçta boşluk oranı ihmal edilebilecek bir düzeydedir. Bazı oolitler ise biraz ezilmiş yapı göstermektedir.



Şekil 4.1.12. Denizli travertenlerinde dikkati çeken oolitler (Ç.N.)

Bucak Traverten (Sd-3)

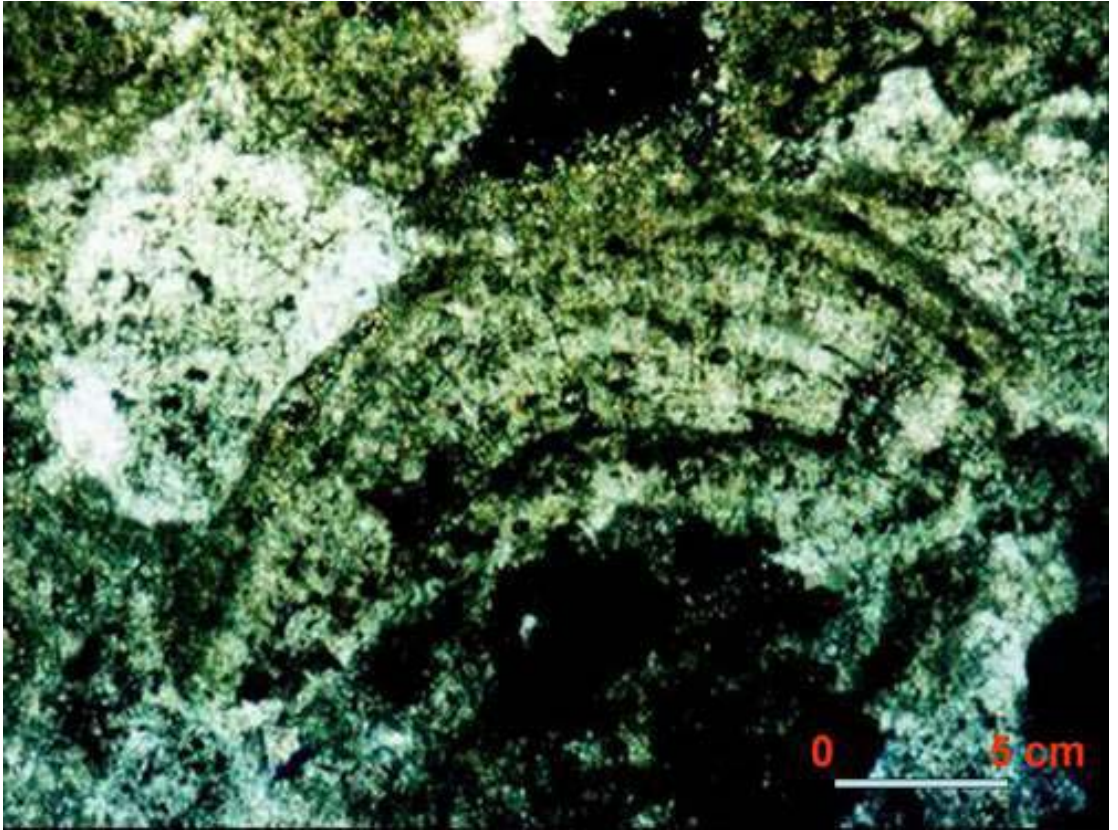
Bucak travertenleri Bucak dolayında yüzeyleme vermektedir. Bunlar kalsit mineralleri ve bol miktarda opak mineral bulundurmaktadır. Söz konusu opak mineraller ise mikritik dokulu kalsitler içinde yüzmektedir (Şekil 4.1.13.).



Şekil 4.1.13. Bucak travertenlerinde yer alan opak (op) minerallerden bir görüntü (T.N)

Alacadağ Limra (Sd-4)

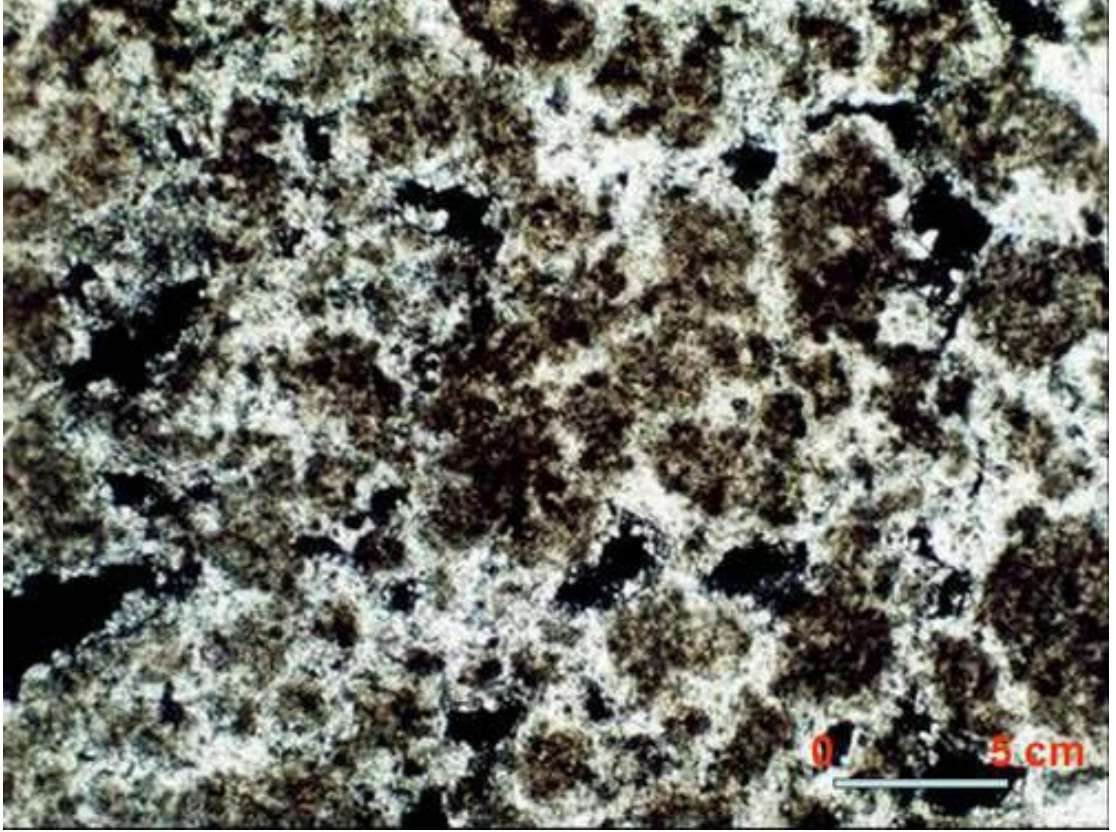
Alacadağ limra fosilli bir kireçtaşıdır. İlgili kireçtaşı büyük boyutlu fosiller içermektedir (kavkı parçaları). Alacadağ Limra boşluklu bir yapı sunmaktadır (Boşlukları kanada balzamu doldurmuş). Fosillerin mikritik bir doku içerisinde yüzmemekte olmalarından ötürü, kayac biyomikritik kireçtaşı olarak adlandırılır (Şekil 4.1.14).



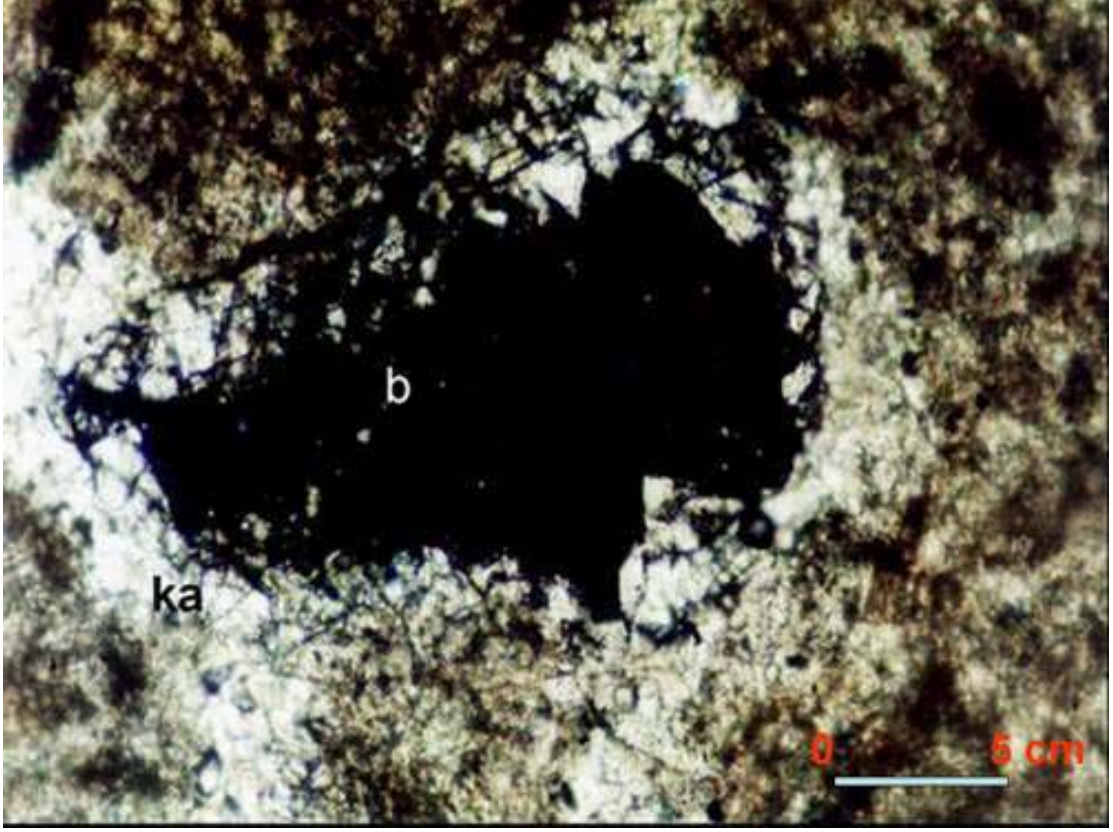
Şekil 4.1.14. Alacadağ limrada tam ortada Nummulit fosili (Eosen veya sonrası), (Ç.N.)

Afyon Traverten (Sd-5)

Afyon traverteni bol boşluklu, yer yer pelletli, mikritik dokulu olup, bazı boşlukların etrafı kristalize bir yapıdadır Kayaç yer yer dolomitize olup, boşlukların etrafında dolaşım yapan karbonatlı sıvıların aşırı doygunluk derecesine ulaşmasıyla ikincil kalsit kristalleşmesi oluşmuştur (Şekil 4.1.15.- 4.1.16.).



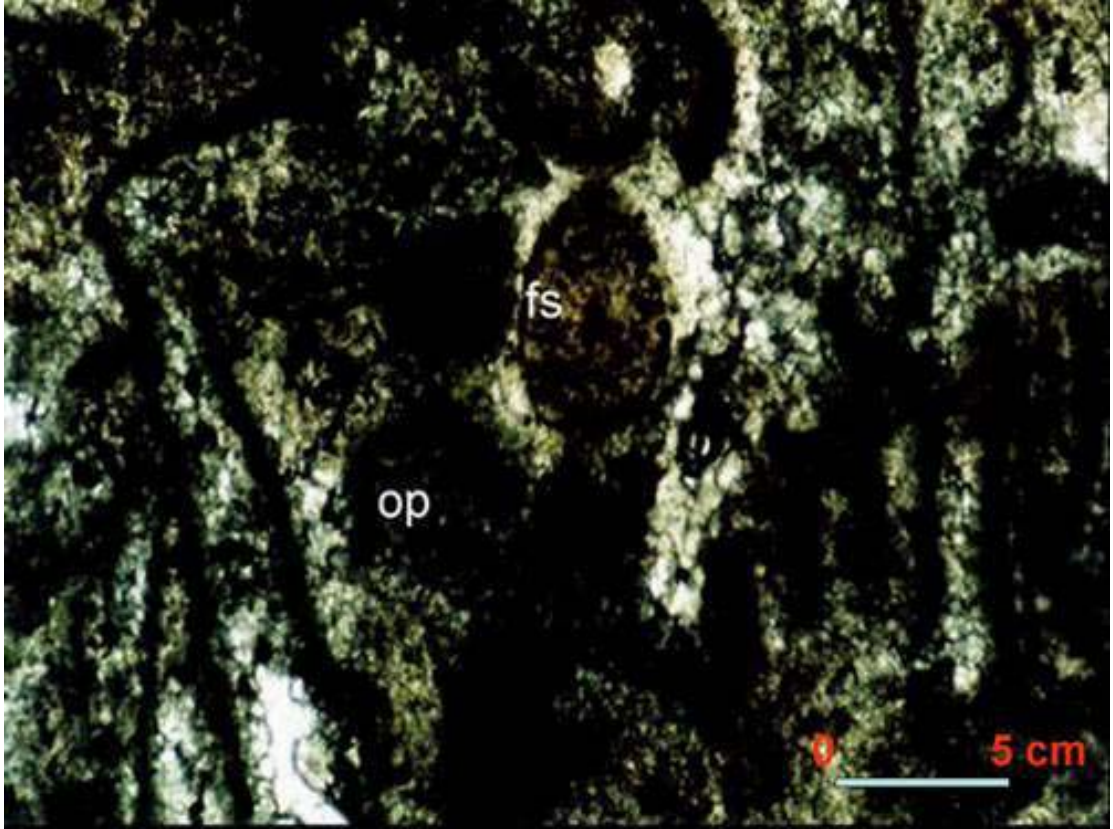
Şekil 4.1.15. Afyon travertenlerinde yer alan pelletlerden bir görünüm (Ç.N.)



Şekil 4.1.16. Afyon travertenlerinde yer alan bir boşluk (b) ve boşluk etrafındaki ikincil kalsit (ka) kristallerinden bir görünüm (Ç.N.)

Fosilli Limra (Sd-6)

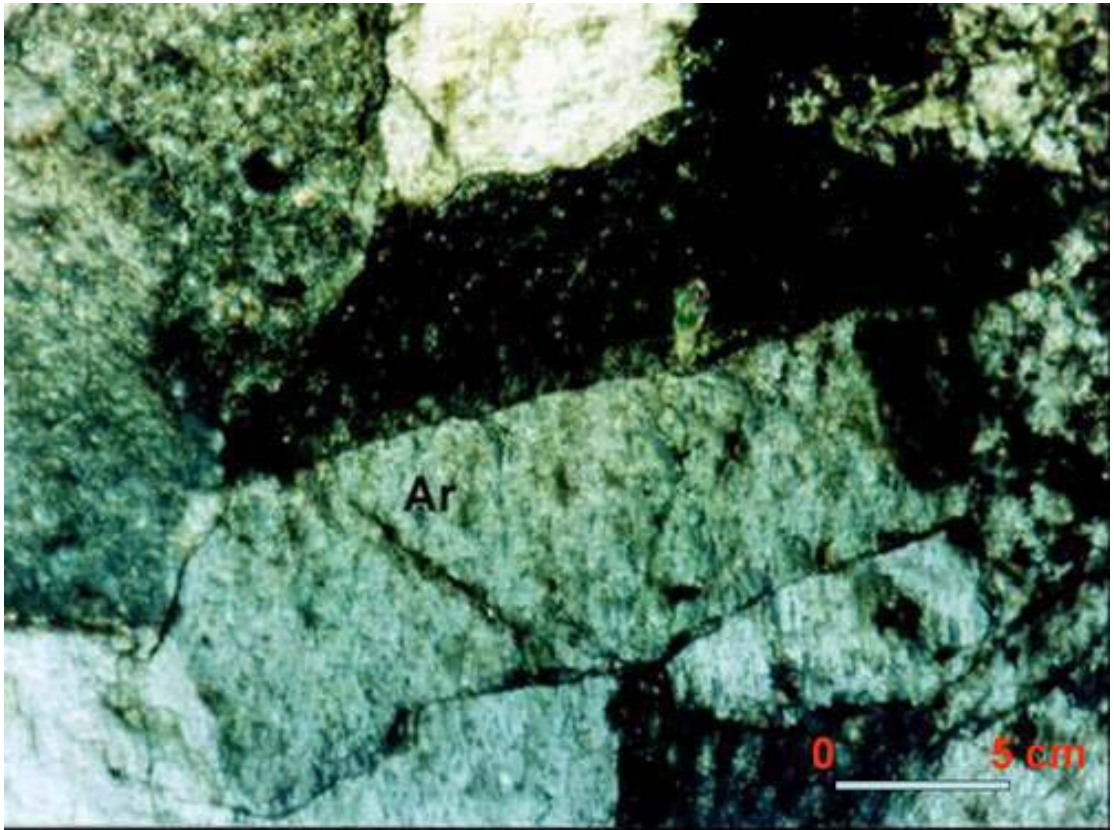
Fosilli limra Finike yöresinde yüzeyleme vermekte olup, Finike limradan bol fosil içermesiyle ayrılmaktadır (Şekil 4.1.17.). Fosilli limrada adından da anlaşılacağı üzere daha önce yaşamış olan canlı kalıntılara ait kavkılar bulunmaktadır. Kavkıların yanında, bunlara eşlik eden tatlı su alglerinin olduğu bitki kalıntıları dikkati çekmektedir. Fosilli limra gözenekli bir yapıda olup bol miktarda kalsit minerallerini içermektedir. Kalsitlerin arasında yer yer opak mineraller bulunmakta olup, geometrik morfolojilerinden bunların pirit oldukları tahmin edilmektedir. Bu opak minerallerin az bir bölümü oksidasyonun etkisiyle ayrışarak limonitleşmişlerdir.



Şekil 4.1.17. Fosilli limrada yer alan opak (op) minerallerden ve bazı fosillerden (fs) bir görünüm (T.N.)

Kırmızı Traverten (Sd-7)

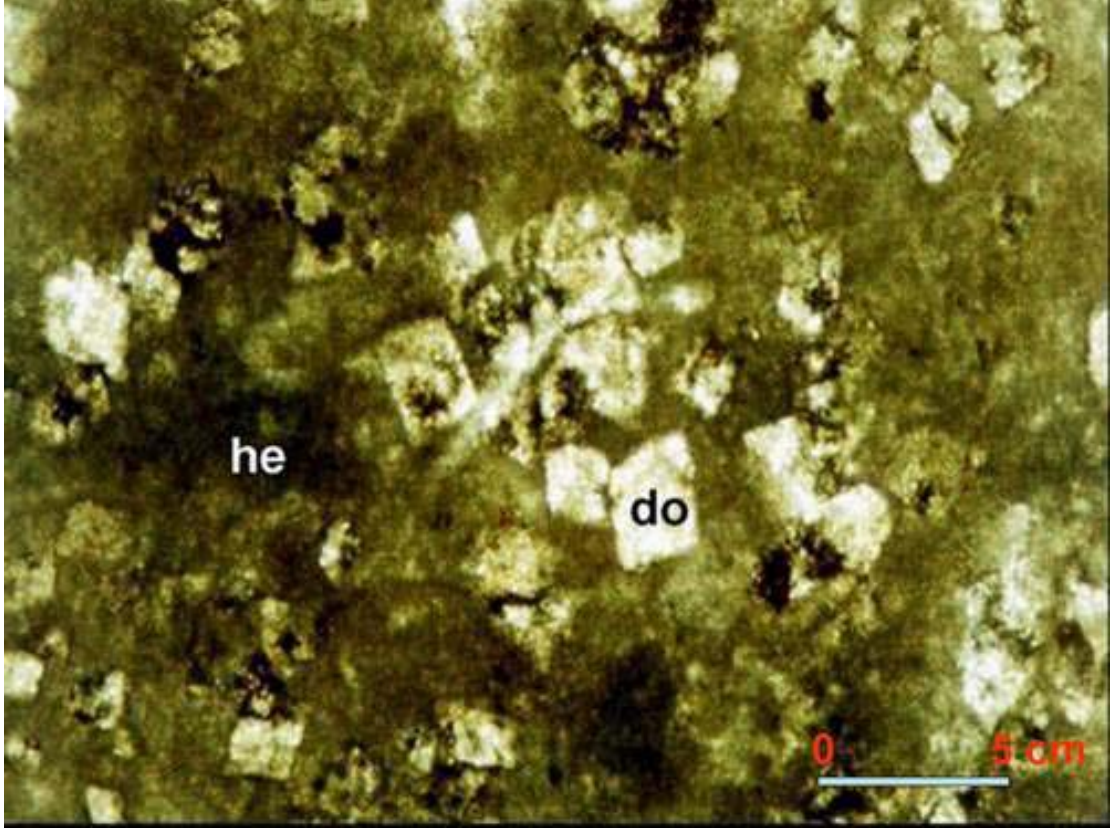
Kırmızı travertende çok küçük boyutta opak mineraller yer almaktadır. Kayaca renk veren mineraller bu oksitlenmiş opak minerallerdir. Kayaçta yer alan % 0.5'lik bir hematit tüm kayacı kırmızıya boyamaya yetmektedir (Ehler ve Blatt, 1982.). Kayaçtaki boşlukları da yer yer ikincil rökristalize kalsitler doldurmaktadır. Kayaç içinde dolaşım yapan sıvıların aşırı doygunluk derecesine ulaşmalarıyla, kalsit ve aragonitler anılan boşluklarda kristallenmişlerdir (Şekil 4.1.18.).



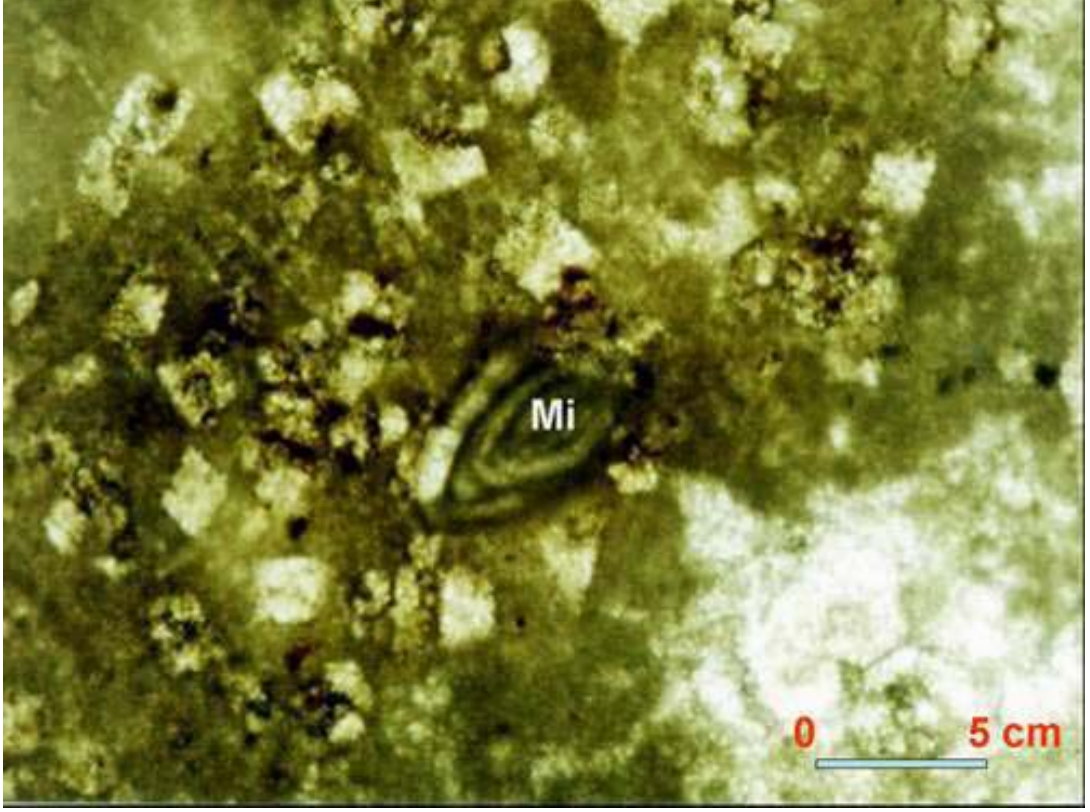
Şekil 4.1.18. Kırmızı travertende boşluklarda gelişmiş olan ikincil aragonitlerden (Ar) bir görünüm (Ç.N.)

Fantezi Kahve (Sd-8)

Fantezi kahve içerisinde dolomitler yer almakta ve mikritik bir doku sunmaktadır. Dolomitlerin arasında yer yer hematit mineralleri ve çok az fosil bulunmaktadır (Şekil 4.1.19.-4.1.20.). Fantezi kahvede fazla boşluk yer almamaktadır. Kayaç adı olarak fantezi kahveye dolomitize kireçtaşı denilebilir.



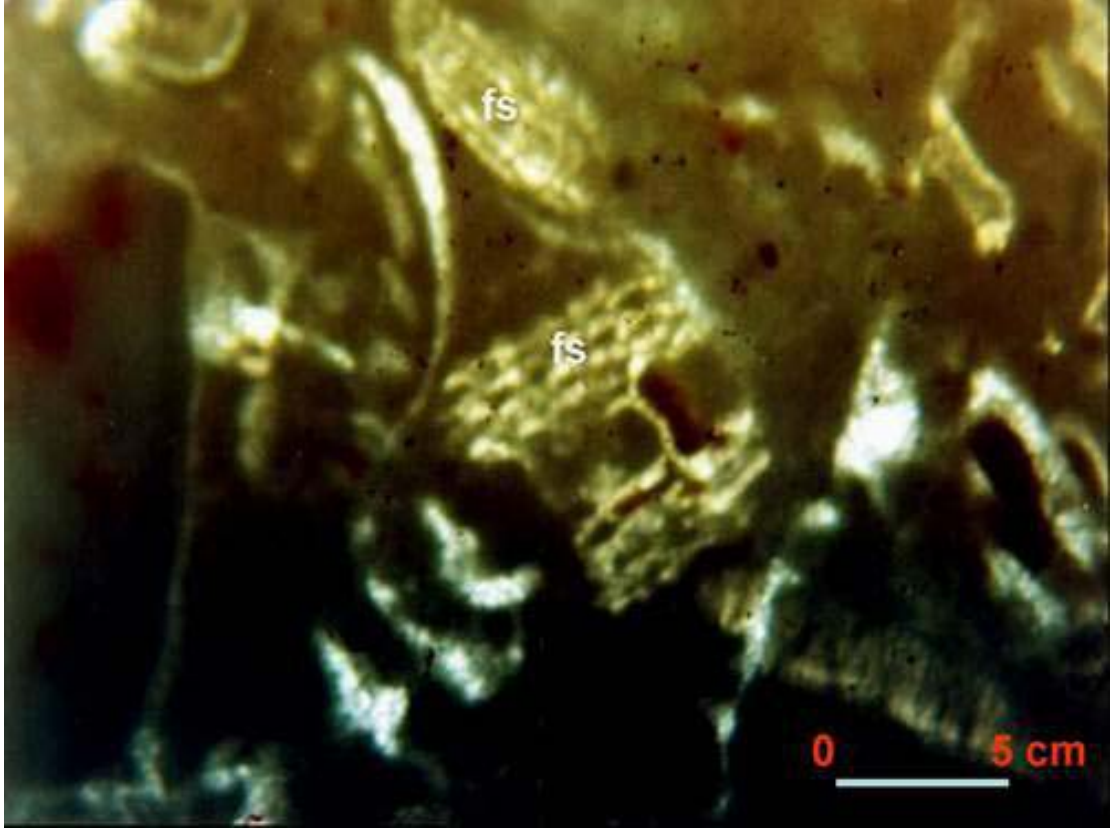
Şekil 4.1.19. Fantezi kahvede yer alan dolomit (do) kristalleri ve hematit (he) beneklenmeleri (Ç.N.)



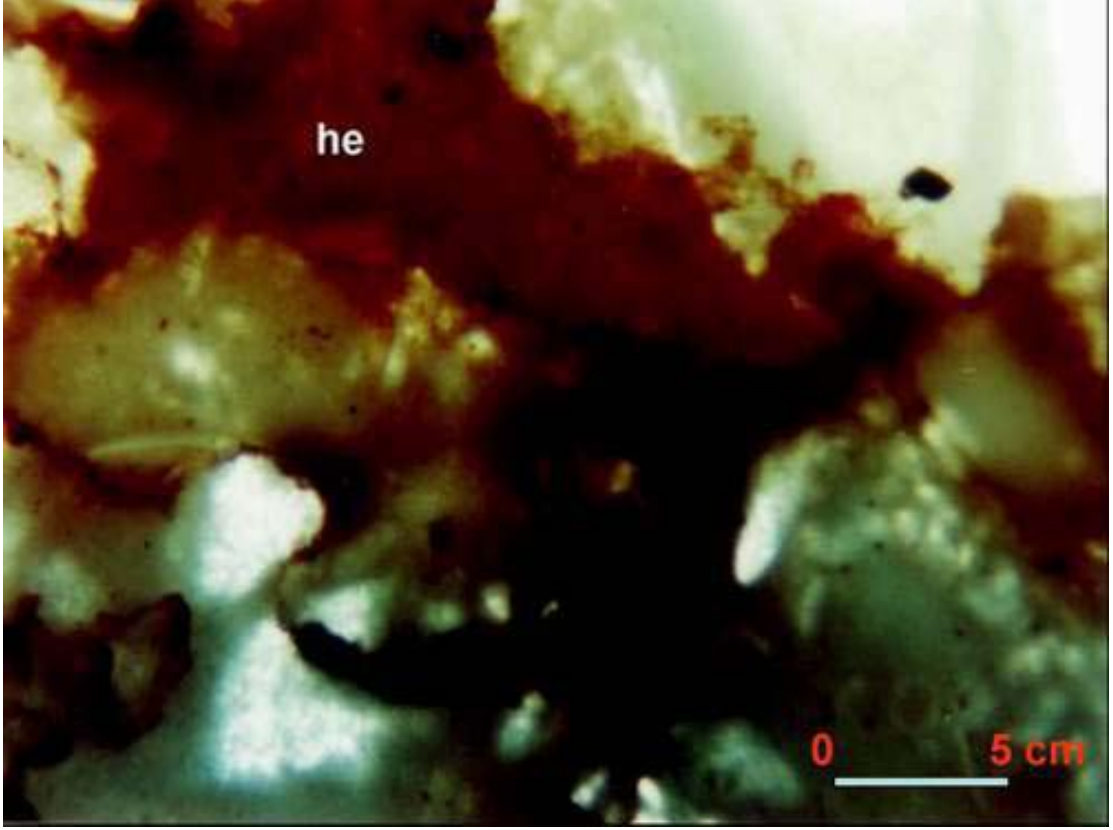
Şekil 4.1.20. Fantezi kahvede yer alan Miliolid (mi) fosilinden bir görüntü (Ç.N.)

Hazar Pembe (Sd-9)

Hazar pembesi Diyarbakır yöresinde yüzeyleme veren bir mermer türüdür. Hazar pembesine kırmızı rengi veren mineral hematit olup taşı alımlı yapmaktadır Ayrıca kayacın bol miktarda Miyosen yaşlı fosil içerdiği de dikkati çekmektedir (Şekil 4.1.21. – 4.1.22.).



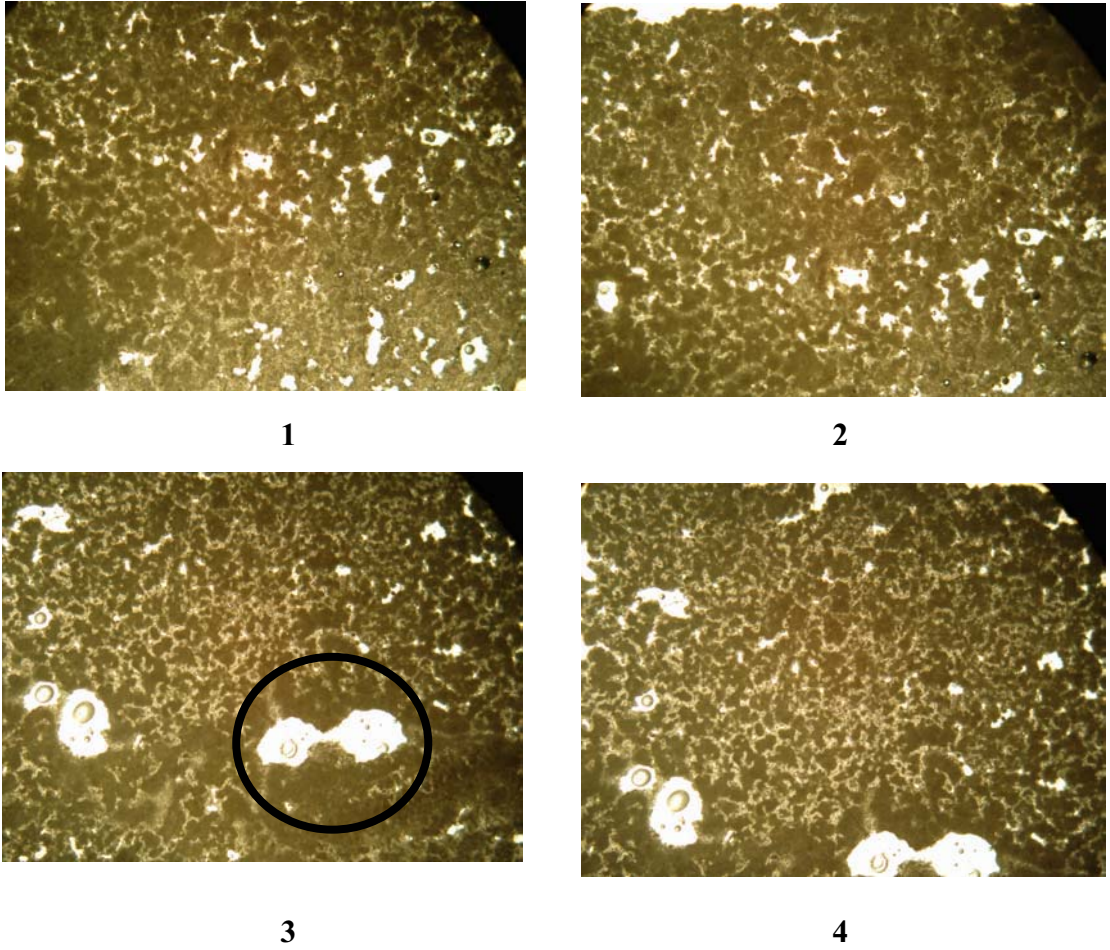
Şekil 4.1.21. Hazar pembesinde yer alan fosillerden (fs)bir görünüm (Miogypsinid ve Miogypsina sp.) (Ç.N.)



Şekil 4.1.22. Hazar pembedesinde yoğun hematitleşmelerden (he) bir görünüş (Ç.N.)

4.2. İnce Kesitlerden Yapılan Porozite Analiz Sonuçları ve Yorumlama

Görüntü analiz cihazı ile örneklerin ince kesitlerine bakılmış ve porozite içeren her örnekten ortalama 4 resim görüntülenerek her resmin porozite oranları AEQUITAS IA yazılımı ile 2 boyutta hesaplanmıştır. Her resim için hesaplanan porozite oranlarının ortalaması alınarak örneklerin genel porozite oranı bulunmuştur. Aşağıda bir örnek için porozite oranının hesaplanması verilmiş olup bu şekilde hesaplanan tüm örneklerin porozite oranları da Çizelge 4.2.1.'de belirtilmiştir.

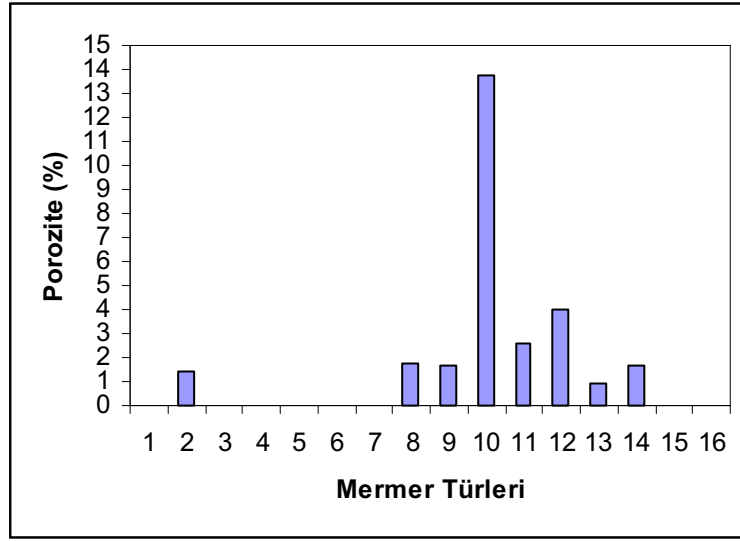


Şekil 4.2.1. Afyon traverten'e (Sd-5) ait incekesit porozite resimleri (beyaz bölgeler poroziteyi göstermektedir)

Fotoğraf Sayısı	Porozite (%)
1	3,38
2	3,24
3	4,27
4	5,22
Ortalama	4,03

Çizelge 4.2.1. Örneklerin Porozite Oranları

Örnek No	Kod No	Mermer Türü	Porozite (%)
1	Mg-1	Elazığ Siyah	---
2	Mg-2	Fonolitik Tefrit	1,44
3	Mg-3	Elazığ Vişne	---
4	Mt-1	Afyon Şeker	---
5	Mt-2	Sivrihisar Bej	---
6	Mt-3	Muğla Grili	---
7	Mt-4	Milas Leylak	---
8	Sd-1	Finike Limra	1,78
9	Sd-2	Denizli Traverten	1,66
10	Sd-3	Bucak Traverten	13,78
11	Sd-4	Alacadağ Limra	2,61
12	Sd-5	Afyon Traverten	4,03
13	Sd-6	Fosilli Limra	0,91
14	Sd-7	Kırmızı Traverten	1,66
15	Sd-8	Fantezi Kahve	---
16	Sd-9	Hazar Pembe	---



Şekil 4.2.2. İncelenen mermerlerin, AEQUITAS IA yazılımı ile 2 boyutta hesaplanmış porozite değerleri

Çizelge 4.2.1.'de sadece gözeneklilik ihtiva eden numunelerin % gözeneklilik değerleri azdan – çoğa doğru sıralanmış olup, diğer numunelerde gözeneklilik oranı % 0'dır.

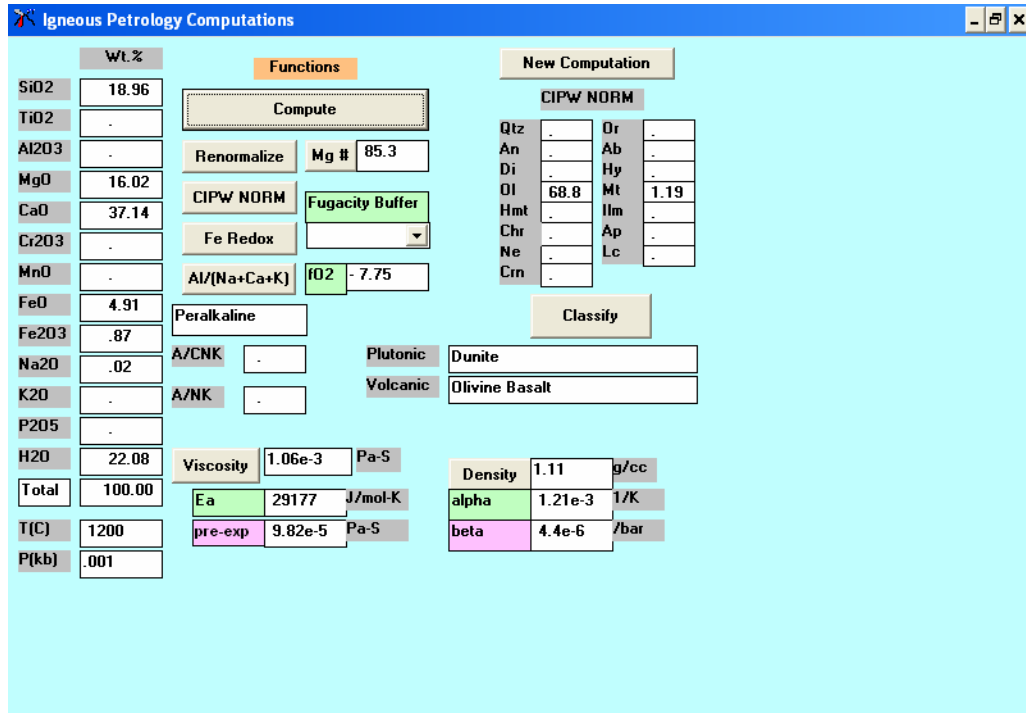
Mermerlerin ince kesitlerden elde edilen görüntülerin AEQUITAS IA yazılımı ile 2 boyutta hesaplanmış porozite değerleri, bu tez çalışmasının ana konusu olmadığından yeteri kadar (çok fazla sayıda) ve yönlü (X-Y-Z) ince kesit oluşturulmamış sadece örnekleme amaçlı porozite hesaplamaları yapılmıştır. Bu nedenle, Çizelge 4.2.1.'deki porozite değerleri, deneylerle elde edilen gerçek porozite değerlerinden farklıdır. Dolayısıyla, bundan sonraki değerlendirmelerde deneylerden elde edilen gerçek porozite değerleri dikkate alınmıştır.

Araştırma maliyetinin çok yüksek olmasından dolayı, bundan sonraki araştırmalar olan mermer örneklerinin kimyasal analizleri, teknik özellik analizleri ve fabrikada yapılmış olan 2 ayaklı ST makinalarındaki kesim veri analiz sonuçları, ilk 10 örnek dikkate alınarak verilmiş olup, bundan sonraki tüm değerlendirmeler de bu örneklerden elde edilen veriler üzerinde yapılmıştır.

4.3. Kimyasal Analiz Sonuçları ve Yorumlama

Mağmatik, Metamorfik ve Sedimanter kökenli olmak üzere seçilen mermer numunelerinden A.A.S. ile yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.3.1.'de verilmiştir.

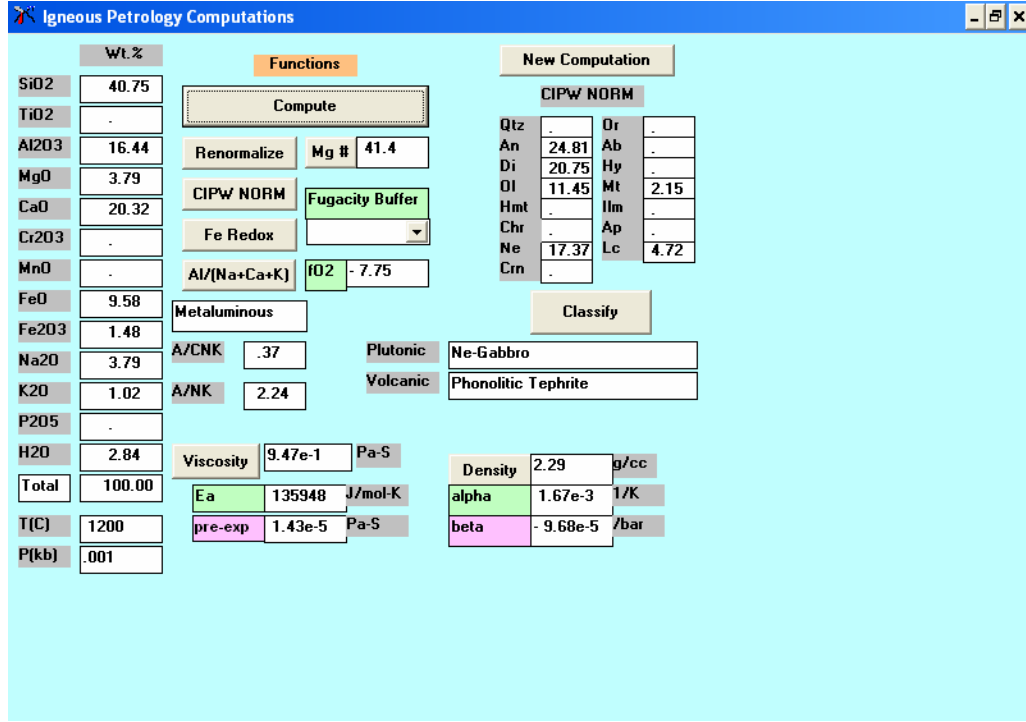
Işık (2004)' den esinlenerek ve kimyasal analiz sonuçlarından yararlanarak mağmatik kökenli örneklerin CIPW norm hesaplamaları bilgisayar programı ile yapılmıştır. Daha önceki mineralojik incelemeler ile uyumlu sonuçlar verdiği görülmüş olup, CIPW norm hesaplamalarının sonuçlarını gösteren bilgisayar ekranındaki veri görüntüleri Şekil 4.3.1. – 4.3.3.'de verilmiştir.



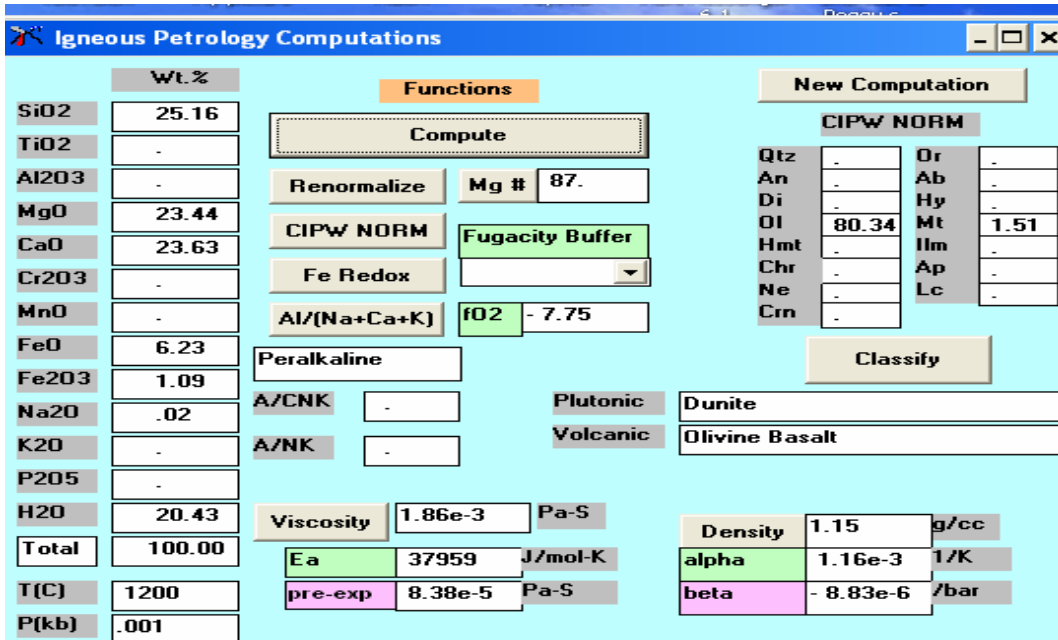
Şekil 4.3.1. Elazığ siyah için CIPW norm hesaplamasına ait veri görüntüsü (Mg-1)

4.3.1. Farklı litolojilere ait mermer örneklerinin kimyasal bileşenleri

No	Kod No.	Mermer Türü	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	KK (%)	T
	Mğ - 1	Elazığ Siyah	17,56	0,0	14,84	34,4	4,75	0,02	0,0	28,34	
	Mğ - 2	Fonolitik Tefrit	40,89	16,5	3,8	20,4	9,85	3,8	1,02	2,92	
	Mğ - 3	Elazığ Vişne	23,75	0,0	22,12	22,3	6,12	0,02	0,0	25,68	
	Mt - 1	Afyon Şeker	0,03	0,0	0,18	55,75	0,02	0,0	0,0	43,93	
	Mt - 2	Sivrihisar Bej	0,24	0,0	0,29	55,5	0,04	0,0	0,0	43,87	
	Mt - 3	Muğla Grili	0,13	0,0	0,57	55,24	0,03	0,0	0,0	43,98	
	Mt - 4	Milas Leylak	0,18	0,0	2,67	52,64	0,2	0,0	0,0	44,21	
	Sd - 1	Finike Limra	0,07	0,0	0,19	55,70	0,02	0,0	0,0	43,96	
	Sd - 2	Denizli Traverten	0,18	0,0	0,34	55,47	0,05	0,0	0,0	43,97	
	Sd - 3	Bucak Traverten	0,06	0,0	0,33	55,50	0,08	0,0	0,0	43,94	



Şekil 4.3.2. Fonolitik tefrit için CIPW norm hesaplamasına ait veri görüntüsü (Mg-2)



Şekil 4.3.3. Elazığ vişne için CIPW norm hesaplamalarına ait veri görüntüsü (Mg-3)

4.4. Matematiksel Modelleme ve Yorumlama

Mermer endüstrisinde, ocaklardan üretilen mermer blokları, işleme fabrikalarına getirilerek, plaka ve levhalar halinde kesilmek suretiyle değişik ebat ve ölçütlerde mermer ürünleri şekline dönüştürülmektedir. Bu proseste, en önemli olan husus, mermer bloklarının kesimi olmaktadır. Ancak, bilindiği gibi mermer türleri oluşum mekanizmaları ve bulunuş durumlarına göre farklı karakteristik yapılar arz etmektedir. Mineralojik ve petrografik açıdan irdelendiğinde, mermer türleri genellikle magmatik, metamorfik ve sedimanter kökenli olarak başlıca üç ana gruba ayrılabilir. Bu grupların tanımı içerisinde kalan her bir mermer türü, biri birinden morfolojik olarak farklılıklar göstermekte ve bu olgu, mermerin fiziksel özelliklerine de doğrudan yansımaktadır. Örneğin, farklı kökenlerdeki mermerlerin basınç dayanımları, gözeneklilik oranları, su emme kapasiteleri ve birim hacim ağırlık değerleri gibi parametrik değerleri farklılıklar göstermektedir. Bu fiziksel büyüklükler, mermerin işlenmesi sürecinde işleme ortamında kullanılacak ekipmanların belirlenmesi ve/veya işleme ortamı için gerekli mühendislik parametrelerinin belirlenmesinde doğrudan etkili olan faktörlerdir. Bu bağlamda, mermer bloklarının kesimi göz önüne alındığında, mermer türlerine göre kayacın kesilebilirlik kriterleri arasındaki ilişkilerin ne olduğu mühendislik açısından irdelenmesi gerekli bir husustur. Bu konu üzerine, literatürde bir dizi inceleme çalışmalarına rastlamak mümkündür. Ancak araştırmacıların çoğunluğu, mermer bloklarının kesimini genelde bloktan kesilecek plaka veya levhanın genişliği ya da bu levhanın kalınlık değerlerinin değişimine göre kesim karakteristiğinin nasıl bir trend çizdiği üzerinde incelemelerini yoğunlaştırmışlardır. Yapılan istatistiksel analiz bulgularında bu olgu genelde, kayacın dayanım ve gözenekliliği ile ilişkilendirilmiştir. Hangi mineralojik yapıya sahip olursa olsun, mermer olarak değerlendirilecek kayacın blok şeklinden levha ve/veya plaka haline kesilmesi kaçınılmazdır. Burada bloğun kesilebilmesi açısından değerlendirilecek temel unsurlar şunlardır:

- yüksek kesim performansı,
- yüksek kesme hızı,
- daha düzgün yüzey,
- en az taş kaybı,
- en az enerji sarfiyatıdır.

Kayacın kesimi açısından en önemli parametrelerin başında, kayacın matriks yapısı ve buna bağlı olarak kimyasal bileşenlerine göre sertlik değeri gelmektedir. Bilindiği gibi genellikle bir kayacın sertlik değeri arttıkça, kayacın basınç dayanımı da artmaktadır. Bu da kayacın kesilebilirliğini güçleştirmektedir. Bilindiği gibi sertlik, minerallere özgü bir özelliktir ve kayacın sertliğini belirleyen özellikler olarak da, mineral bileşimi, tane boyutu ve dokusal yapı belirtilmektedir (Bu konu ile ilgili geniş bilgi, tezin içinde 3.1.1.8 nolu alt başlık içinde detaylı bir şekilde verilmiştir). Bu tez çalışmasında da kayacın sertliğinde en etken ve en önemli bir parametre olarak kabul edilen, mineral bileşimi özelliğinden yararlanılmıştır. Bu özellik açısından incelendiğinde sertlik, kayaç içerisinde yer alan kuvars ve silikatlı minerallerden kaynaklanmaktadır. Bu minerallerin miktarları arttıkça kayacın sertliği de artmaktadır. Bu minerallerin sertliği arttırmasındaki etken ise, bileşimlerinde içerdikleri toplam SiO_2 oranıdır. O halde şöyle söylemek yanlış olmaz. Kayacın sertliğini arttıran en önemli parametrelerden biri kimyasal bileşiminde yer alan SiO_2 içeriğidir (SiO_2 bileşimini oluşturan (Si) ve 2 mol (O) atomu en dış kabuktaki elektronlarını ortaklaşa kullanarak birbirlerine çok güçlü kovalent bağ ile bağlanmış olup kovalent bağ örgüsünün sağlamlığından dolayı, kovalent bağlı kristaller çok sert olup erime noktaları da yüksektir (Erdik ve Sarıkaya, 1986)). CaCO_3 bileşimini oluşturan atomlar ise, birbirlerine iyonik bağlar ile bağlandıkları için kristallerinin sertliği düşüktür ve kayacın sertliğinin azalmasına neden olurlar. Mermer türleri genelde CaCO_3 kökenli kayaçlar olarak tanımlanmakta ve bileşiminde kayacın türüne göre yüksek oranlarda CaO içerebilmektedir.

Bu açılardan ele alındığında, mermer bloklarının kesilebilirliğinin bu iki ana kimyasal bileşen açısından irdelenmesinde, mermer kesim karakteristiklerinin bu

parametreler ile olan ilişkilerinin tanımlanmasında yarar görülmektedir. Ancak, konu üzerine yeterince detay irdelemelere de rastlanılmamaktadır. Bu bakımdan bu tez çalışmasında, mermer türlerinin kimyasal bileşenlerine göre kesim karakteristiklikleri arasındaki parametrik ilişkiler deneysel ve istatistiksel olarak analiz edilmiş olup, parametrik bulgulardan mühendislik işlemlerinde pratik olarak kullanılabilir görgül ifadeler tanımlanmıştır. Bu çalışmada mermer türleri, kökenlerine göre ayrı ayrı ele alınmış ve her bir kökeni temsil eden bir dizi mermer kayacı örnekleri üzerinde hem laboratuarda hem de birebir sahada analizler yapılarak gerekli veri kümeleri oluşturulmuştur. Saha incelemeleri olarak, farklı türdeki mermer bloklarının, mermer işleme tesislerinde diskli blok kesme makinalarındaki kesilebilme parametre ve değerlendirmeleri veri olarak alınmıştır. Bu analizlerde mermer örneklerini temsil etmesi bakımından aşağıda verilen mermerler incelemelerde kullanılmıştır:

Bu mermer örneklerine ait teknik özellikler deneysel olarak incelenmiş ve bulgular Çizelge 4.4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4.1. Mermerlerin teknik özellikleri

Örnek No	Kod No.	Mermer Türü	Özgül Kütle (gr/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Hacimce Su Emme (%)
1	Mğ - 1	Elazığ Siyah	2.63	2.55	2,57
2	Mğ - 2	Fonolitik Tefrit	2.60	2.28	6.90
3	Mğ - 3	Elazığ Vişne	2.73	2.68	1.31
4	Mt - 1	Afyon Şeker	2.71	2.60	0.16
5	Mt - 2	Sivrihisar Bej	2.70	2.69	0.59
6	Mt - 3	Muğla Grili	2.70	2.66	0.58
7	Mt - 4	Milas Leylak	2.84	2.72	0.25
8	Sd - 1	Finike Limra	2.71	2.42	6.54
9	Sd - 2	Denizli Traverten	2.62	2.52	3.99
10	Sd - 3	Bucak Traverten	2.71	2.35	3.18

Çizelge 4.4.1. (Devam)

Örnek No	Kod No.	Mermer Türü	Doluluk Oranı (%)	Gerçek Porozite (%)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)
1	Mğ - 1	Elazığ Siyah	96.96	3,04	650
2	Mğ - 2	Fonolitik Tefrit	87.69	12,31	1049
3	Mğ - 3	Elazığ Vişne	98.16	1,84	823
4	Mt - 1	Afyon Şeker	95.94	4,06	803
5	Mt - 2	Sivrihisar Bej	99.63	0,37	789
6	Mt - 3	Muğla Grili	98.52	1,48	665
7	Mt - 4	Leylak	95.77	4,23	889
8	Sd - 1	Finike Limra	89.30	10,70	435
9	Sd - 2	Denizli Traverten	96.18	3,82	515
10	Sd - 3	Bucak Traverten	86.71	13,29	410

Deneysel analizlerde, farklı mineralojik bileşimlere sahip mermer türlerinin kesilebilme ve kesime etki eden parametreleri araştırılmıştır. Analiz bulgularından elde edilen değerlendirmelerde, kesime etki eden kayaç parametreleri olarak; mermerin basınç dayanımı ve sertliğinin önemli derecede etkili olduğu ve ayrıca gözeneklilik dağılımının da kesilebilmeye etken bir parametre olduğu gözlenmiştir. Mermer bloklarından alınan örnekler üzerinde, kimyasal bileşen analizleri yapılmış ve özellikle mermer bileşimindeki SiO₂ ve CaO oranları tespit edilerek elde edilen bulgular daha önceki bölümlerde yer alan Çizelge 4.3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.1.'de verilen kimyasal bileşenleri bağlamında, mermerlerin basınç dayanım değeri (σ_c , kg/cm²) ve birim hacim ağırlık değerleri (ρ , g/cm³) tanımlanmaya çalışılmıştır (Kayacın birim hacim ağırlığı da dokusal ve mineralojik bileşimine bağlıdır). Bunun için aşağıdaki işlem sırası izlenmiştir.

- Mermerlerin kimyasal içerikleri kendi içerisinde biri birleriyle olan oran değerleri lineer yaklaşımla belirlenir. Bu oran değerlerinden de lineerite katsayısı en yüksek olan oran belirlenmiştir.

- Bu oran değeri ile mermerin basınç dayanımı ve/veya birim hacim ağırlık değerleri arasında regrasyon analizleri gerçekleştirilmiştir.
- Bu analizlerde regrasyon katsayısı 1'e en yakın olan lineer form (Doğru denklemi, üstel ifade, güç fonksiyonu veya logaritmik fonksiyon) belirlenmiştir.
- Bu form içerisinde daha önce belirlenen oran yaklaşımı görgül bir ifade oluşturacak şekilde bütünleştirilmiştir. Bu görgül ifade genellikle parametrik olmayan çok değişkenli bir ifade şeklindedir.

Yapılan istatistiksel analizlerde, anlamlılık düzeyi en yüksek olan parametrik ilişkinin, her iki özellik için de $(\text{CaO})^2/\text{SiO}_2$ oranının bir fonksiyonu şeklinde olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel yaklaşımlarla geliştirilen bu ilişkiler Eşitlik 4.1. – 4.6.'da verilmiş olup, sonrasında her bir eşitliğin Sperman's Rank Korelasyon Tekniğine göre istatistiksel anlamlılık düzeyi incelenmiştir.

Mağmatik Kayaç Kökenli Mermer Türleri İçin:

$$\text{Basınç dayanım ilişkisi} \quad \sigma_c = 1021 \frac{1}{\text{Ln} \left[\frac{(\text{CaO})^2}{\text{SiO}_2} \right]^{0.398}} \quad [4.1.]$$

$$\text{Birim hacim ağırlık ilişkisi} \quad \rho = 2.31 \frac{1}{\text{Ln} \left[\frac{(\text{CaO})^2}{\text{SiO}_2} \right]^{0.267}} \quad [4.2.]$$

Metamorfik Kayaç Kökenli Mermer Türleri İçin:

$$\text{Basınç dayanım ilişkisi} \quad \sigma_c = 15552 \frac{1}{\text{Ln} \left[\frac{(\text{CaO})^2}{\text{SiO}_2} \right]^{2.35}} \quad [4.3.]$$

$$\text{Birim hacim ağırlık ilişkisi} \quad \rho = 5.39 \frac{1}{\text{Ln} \left[\frac{(\text{CaO})^2}{\text{SiO}_2} \right]^{0.201}} \quad [4.4]$$

Sedimanter Kayaç Kökenli Mermer Türleri İçin:

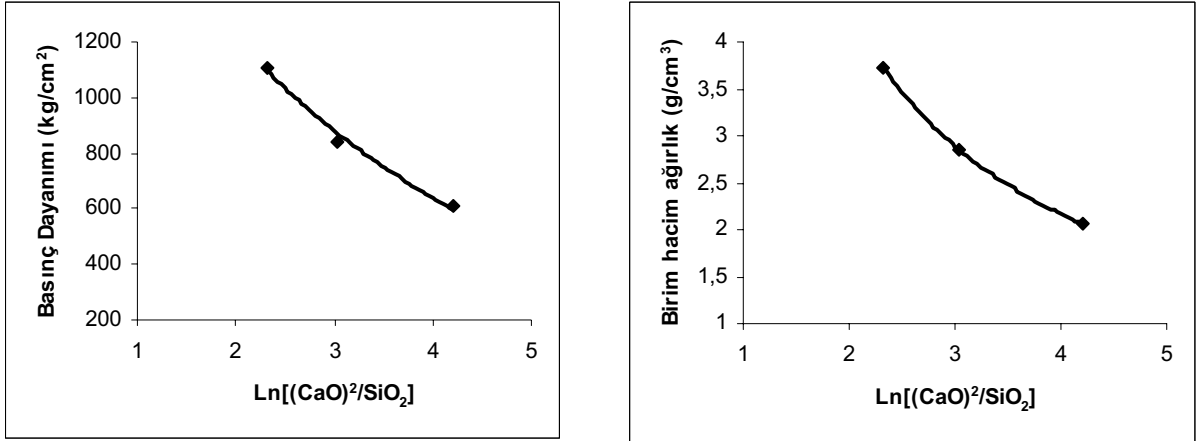
$$\text{Basınç dayanım ilişkisi} \quad \sigma_c = 11551 \frac{1}{\text{Ln} \left[\frac{(\text{CaO})^2}{\text{SiO}_2} \right]^{2.31}} \quad [4.5.]$$

$$\text{Birim hacim ağırlık ilişkisi} \quad \rho = 14.77 \frac{1}{\text{Ln} \left[\frac{(\text{CaO})^2}{\text{SiO}_2} \right]^{0.573}} \quad [4.6.]$$

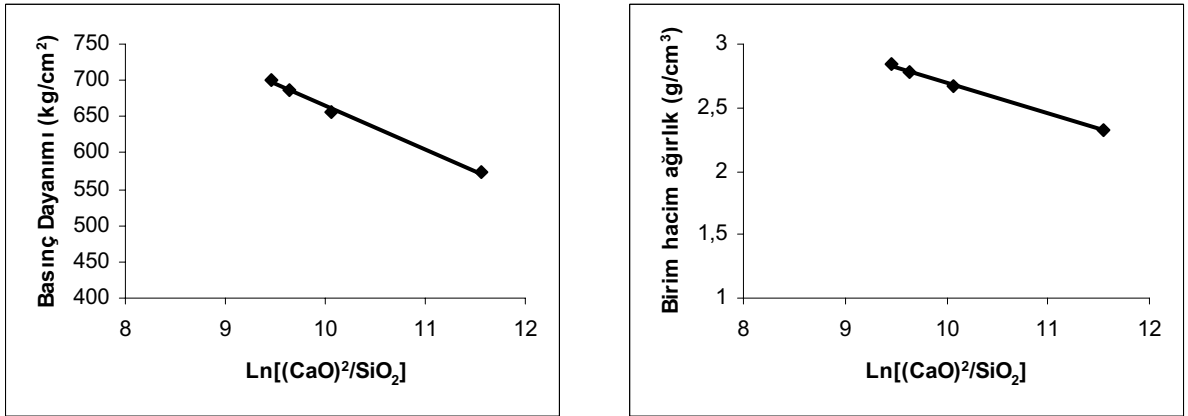
Geliştirilen bu görgül yaklaşımlar yardımıyla farklı kökene sahip mermer türleri için kimyasal bileşenleri ile basınç dayanımları arasında veya kimyasal bileşenleri ile birim hacim ağırlıkları arasında kestirim yapılabilecek birer ifade ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu ifadelerle konu üzerine araştırma yapanlar için kestirim yapabilme imkanı sağlanmıştır.

Çizelge 4.4.2. Mermer türlerinin deneysel olarak ölçülmüş ve matematiksel modellemeyen hesaplanmış bazı parametreleri

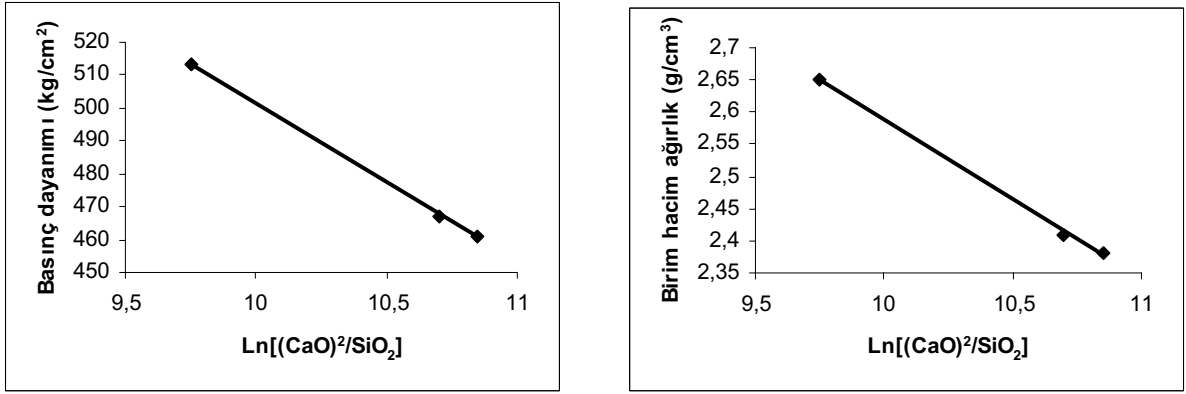
Örnek No	Mermer Türü	$\ln[(\text{CaO})^2/\text{SiO}_2]$	Deneysel (σ_c) (kg/cm ²)	Hesaplanmış (σ_c) (kg/cm ²)	Deneysel (ρ) (g/cm ³)	Hesaplanmış (ρ) (g/cm ³)	Hesaplanmış (η) (%)
1	Elazığ Siyah	4,21	650	607,7	2,55	2,06	83,91
2	Fonolitik Tefrit	2,32	1049	1109,8	2,28	3,73	84,05
3	Elazığ Vişne	3,04	823	843,8	2,68	2,85	83,97
4	Afyon Şeker	11,55	803	573	2,60	2,32	81,08
5	Sivrihisar Bej	9,46	789	699,6	2,69	2,84	81,04
6	Muğla Grili	10,06	665	657,6	2,66	2,67	81,04
7	Milas Leylak	9,64	889	686,3	2,72	2,78	81,07
8	Finike Limra	10,70	435	467,3	2,42	2,41	77,38
9	Denizli Traverten	9,75	515	513,1	2,52	2,65	77,36
10	Bucak Traverten	10,85	410	461,1	2,35	2,38	77,37



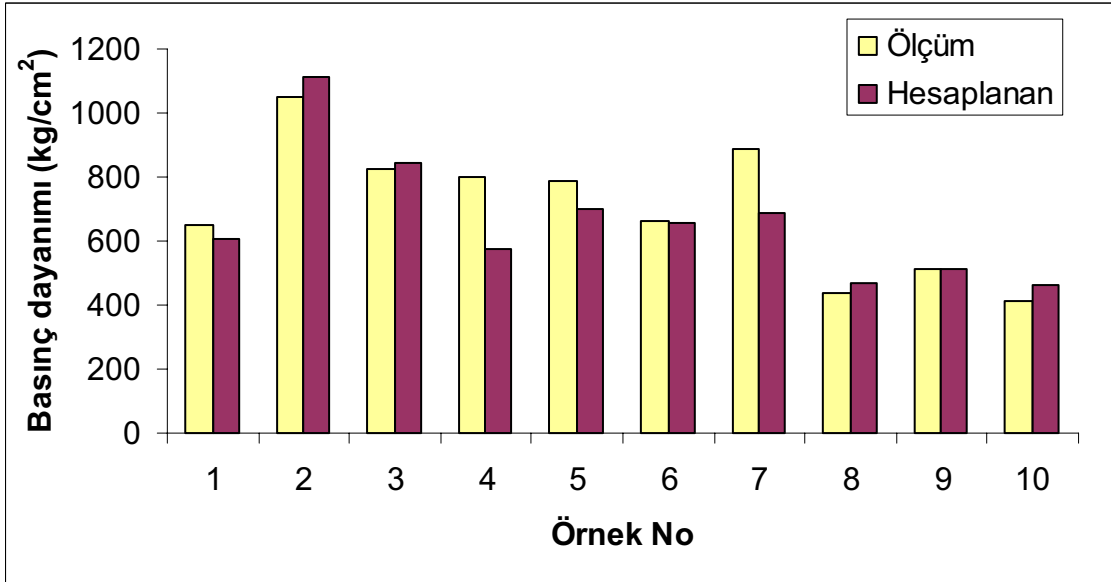
Şekil 4.4.1. Mağmatik kökenli mermerlerdeki kimyasal bileşenler ile matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık ilişkisi



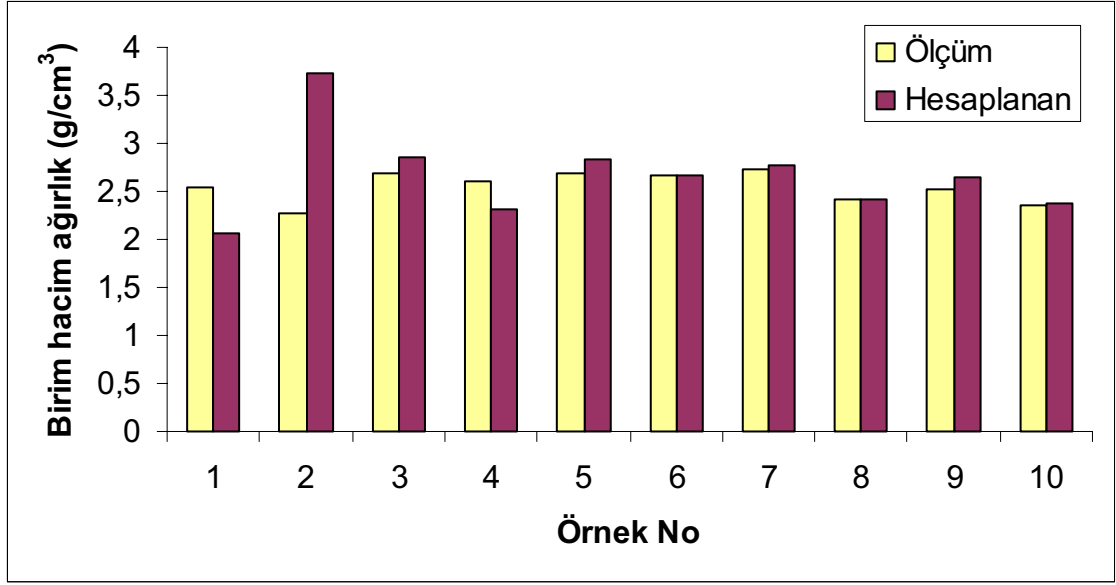
Şekil 4.4.2. Metamorfik kökenli mermerlerdeki kimyasal bileşenler ile matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık ilişkisi



Şekil 4.4.3. Sedimanter kökenli mermerlerdeki kimyasal bileşenler ile matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık ilişkisi



Şekil 4.4.4. Mermer türleri ile ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanım değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.4.5. Mermer türleri ile, ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki

Şekil 4.4.4.'de görüldüğü gibi, 4 ve 7 nolu (Afyon şeker ve Milas leylak) örneklerindeki farklılıklar, sözkonusu mermerlerin tane boyutlarının çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır (Tane boyu küçüldükçe basınç dayanımı artmaktadır).

Şekil 4.4.5.'de görüldüğü gibi, 2 nolu Fonolitik tefrit örneğindeki farklılığın ise, deneysel hatadan veya kimyasal analiz sonuçlarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Ocaklardan üretilen mermer blokları, mermer işleme fabrikalarına getirilerek, plaka ve levhalar halinde kesilmek suretiyle değişik ebat ve ölçütlerde mermer ürünleri şekline dönüştürülmesinde en yaygın olarak kullanılan, diskli mermer blok kesme (ST) makinalarıdır. ST makinalarının kullanımını, gerek küçük ölçekli, orta ölçekli ve gerekse büyük ölçekli mermer fabrikalarında sıklıkla görülmektedir. Çoğu mermer işleme tesislerinde, iki ayaklı ST makinası olarak tanımlanan diskli blok kesme makinalarının çok yoğun oranda tesislerde kullanımı görülmektedir. Ancak, bu tesislerde, günlük üretim faaliyeti sürecinde birbirinden farklı özellikler gösteren mermer blokları ST makinalarında işlenmektedir. Bu olgu, ST makinasında hangi

tür mermerde ne kadarlık bir kesim kapasitesi ve kesim performansı elde edilebileceği sorusunu gündeme getirmektedir. Bu husus, ST makinasının operasyon özellikleri ile kesimi yapılacak kayaç bloğu arasındaki ilişkilerin tanımlanmasına doğrudan bağlıdır. Bu tez çalışmasında, küçük ve orta ölçekli mermer işleme fabrikalarında, iki ayaklı ST blok kesme makinalarının kesim karakteristikliklerinin, özellikle kesilecek mermerin kimyasal bileşenleri ve mühendislik özelliklerine bağımlı olarak değişimi ve ilişkisi analiz edilmiştir.

Mermer bloklarının ST diskli kesici makinalar ile kesimi üzerine yapılan literatür araştırmalarında, farklı alternatif çalışma ortamlarında gerçekleştirilmiş bir dizi araştırma bulgulara rastlamak mümkün olmakla birlikte, genellikle bu araştırmalarda yapılan gözlem ve analizler şunlar olmuştur:

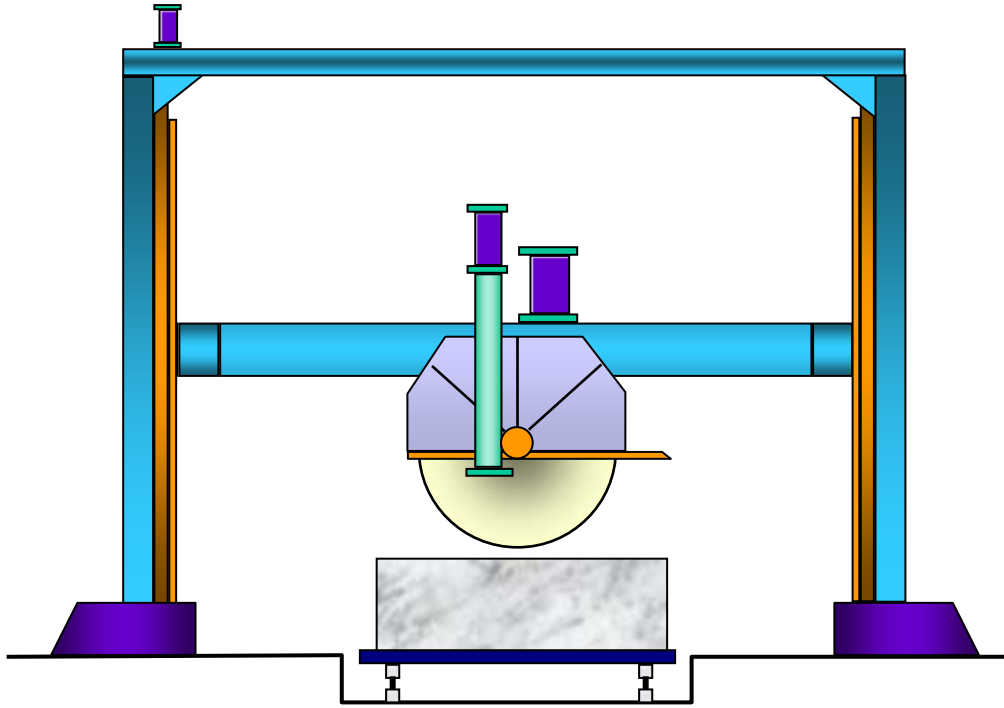
- ST makinasının kesim hızı,
- Kesilen mermer bloğu ve özellikleri,
- Blok büyüklükleri,
- Kesim performansı (randımanı),
- Kesim kapasitesi.

ST makinalarında, mermer bloklarının kesimi belirli bir zaman periyodunda gözlenerek, standart bir değerde kesimde elde edilen kesim hızı (V , m^2/dak) ve kesim randımanı (η , %) değerleri alınmıştır. Elde edilen veriler, aşağıda belirtilen irdellemelerle değerlendirilerek, tüm ST kesim makinaları için kullanılabilir pratik birer uygulama amaçlı yaklaşımlar ve istatistiksel ifadeler geliştirilmiştir.

ST makinaları ile kesimde, yukarıda sıralanan bu temel unsurlar mutlaka aranmalıdır. Bunu sağlayabilmek için bloğun kesimi öncesi, makine ve kayaç ile ilgili bir dizi faktör ve parametrelerin irdelenmesi ve karakteristikliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Genel anlamda, ST makinaları ile ilgili olarak kullanılan testerenin türü, çapı, et kalınlığı ve uygun soket seçimi ve soket adedi, kesilecek kayaca uygunluğu parametreleri, kesilen kayacın kesim hızını, kesim yüzeyini, enerji tüketimini, testere randımanını ve testere ömrünü doğrudan etkilemektedir.

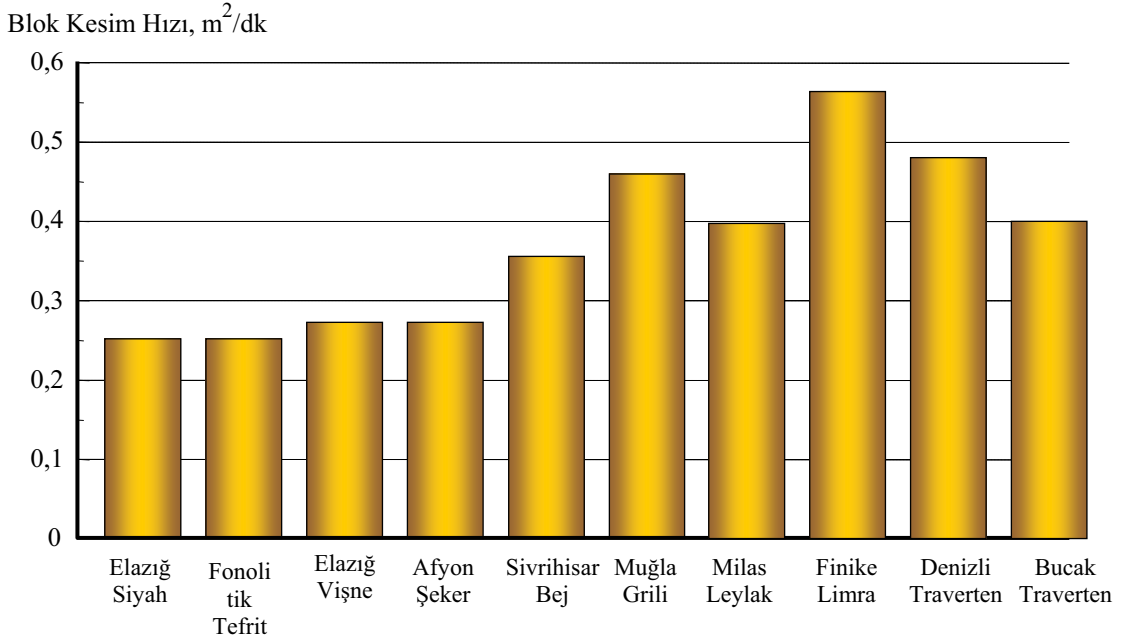
Bununla birlikte, ST makinasının motor gücü, devir sayısı, çevresel hızı ve minimum su ihtiyacı gibi faktörlerde ayrı bir kategoride değerlendirilmektedir. Kesilecek kayaç ile ilgili olarak da; mermerin grubu, sertliği, kimyasal özellikleri, mineralojik-petrografik özellikleri, basınç dayanım özellikleri, kırık-çatlak mekanizması, boşluk oranı (porozitesi) ve geometrik dağılımı, su emme oranı ve gevreklik karakteristiği gibi parametreler de detay olarak incelenmeli ve parametrik değerleri bilinmelidir. ST kesiminden yüksek kesim randımanı sağlayabilmek için, yukarıda sayılan tüm bu parametrelerin yapılacak teknik analizlerle belirlenmesi ve birbirleri ile ilişkilerinin irdelenmesi gerekmektedir. ST kullanıcısı firmalar, fabrikalarında kesimini yaptıkları blokları hangi ölçütlerde ve hangi değerlerde daha randımanlı kesebilmeleri gerektiğini belirlemek için, öncelikle makinalarını ve kesecekleri kayacını teknik açıdan çok iyi tanımaları gerekmektedir. Aksi halde, ST kullanımında arzu ettikleri randıman ve kapasiteyi yakalayamayacaklardır. Örneğin; sert kayaç olarak bilinen bir granit bloğunu, ST ile kesebilmek için hangi çevresel hızda, hangi ilerleme hızında, hangi plaka kesim genişliğinde, hangi soket türünü kullanarak arzu edilen yüksek performans ve yüksek kesim kapasitesine ulaşabilirler. Bu tarz soruların yanıtlarını, bloğu ST diski altına yerleştirmeden önce yaklaşık olarak elde edebilecekleri sonucu kestirebilmeleri gerekmektedir. Bu kestirimde bir çok etken ve değişken parametre bulunmaktadır. Bunlar, belirli bir sistematik dahilinde irdelenerek yorumlanabilmektedir.

Aşağıdaki paragraflarda, yapısal özellikleri farklı olan mermer bloklarının, özellikle iki ayaklı ST makinalarında kesim kapasiteleri ve kesim-kayaç özellikleri arasındaki ilişkisel yaklaşımlar detaylı olarak irdelenmiş olup, mermer blok kesimi üzerine saha incelemelerinde kullanılan iki ayaklı bir ST makinasının sembolik görünümü Şekil 4.4.6.'da verilmiştir.



Şekil 4.4.6. İki ayaklı ST makinesi sembolik görünümü (Gündüz, 2003)

ST makineleri ile farklı blok türlerinin kesimi yapılırken genelde gözlenen, ST makinasının her bir blok türü için kullanım ve uygulama şartları aynı olmamaktadır. Bu değişim, kesimi yapılacak blok türü ve özelliğine göre, ST makinasının uygulama şartlarının ayarlanması ile mümkün olabilmektedir. Genelde ST makinelerinde blok kesimi için uyum sağlanmaya çalışılan olgu, elde edilecek plaka genişliğine göre testere çapının belirlenmesinin yanı sıra, makinanın kesme hızının da ayarlanması önemli olmaktadır. Bir çok ST kullanımında, mermer blok türü için formülize edilmiş optimum bir kesme hızı değişim olgusuna pek fazla rastlanılmamaktadır. Genelde, makine ile blok kesimi yapılırken, testerenin blok içersindeki ilerleme konumu gözlenerek, kesim hızının olumlu olup olmadığına karar verilir. Bu olgu kısmen bir sonuç belirtse de, pratik olarak daha optimum değerlerin araştırılarak bulunması kaçınılmaz olacaktır. Bu çalışmada, farklı kökenli 10 ayrı blok türünün kesimi üzerine teknik ölçümler yapılmış olup, blok kesimlerinde ortalama olarak uygulanan kesim hızlarının değerleri Şekil 4.4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.4.7. Blok türüne göre uygulanan kesim hız değerleri

İki ayaklı ST makinalarında, mermer türlerine ait blok örnekleri, farklı plaka boyutlarında ve farklı plaka genişlik ve kalınlıklarında (2 cm ve 3 cm kesit kalınlıklarında ve 30 - 32 cm plaka genişliğinde) kesim işlemlerine tabii tutulmuştur. Kesim süresinde, sağlıklı bir veri kümesi elde edebilmek amacıyla, her bir kesime ait mermer bloğu ve plaka ile ilgili teknik veriler ayrı ayrı rapor edilmiş olup teknik bulgular Çizelge 4.4.3. – 4.4.12`de verilmiştir.

Çizelge 4.4.3. Elazığ Siyah mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	87	1,450	0,269
140	30	92	1,533	0,274
150	30	96	1,600	0,281
160	30	98	1,633	0,294
170	30	99	1,650	0,309
180	30	101	1,683	0,321
190	30	104	1,733	0,329
200	30	117	1,950	0,308
210	30	122	2,033	0,310
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	94	1,567	0,266
140	32	96	1,600	0,280
150	32	97	1,617	0,297
160	32	98	1,633	0,313
170	32	100	1,667	0,326
180	32	102	1,700	0,339
190	32	107	1,783	0,341
200	32	129	2,150	0,298
210	32	131	2,183	0,308
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	98	1,633	0,239
140	30	103	1,717	0,245
150	30	108	1,800	0,250
160	30	115	1,917	0,250
170	30	119	1,983	0,257
180	30	120	2,000	0,270
190	30	124	2,067	0,276
200	30	128	2,133	0,281
210	30	135	2,250	0,280
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	95	1,583	0,263
140	32	107	1,783	0,251
150	32	110	1,833	0,262
160	32	111	1,850	0,277
170	32	114	1,900	0,286
180	32	118	1,967	0,293
190	32	126	2,100	0,290
200	32	133	2,217	0,289
210	32	138	2,300	0,292

Çizelge 4.4.4. Fonolitik Tefrit mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	98	1,633	0,239
140	30	103	1,717	0,245
150	30	107	1,783	0,252
160	30	108	1,800	0,267
170	30	111	1,850	0,276
180	30	116	1,933	0,279
190	30	118	1,967	0,290
200	30	129	2,150	0,279
210	30	135	2,250	0,280
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	103	1,717	0,242
140	32	107	1,783	0,251
150	32	109	1,817	0,264
160	32	112	1,867	0,274
170	32	122	2,033	0,268
180	32	124	2,067	0,279
190	32	131	2,183	0,278
200	32	141	2,350	0,272
210	32	144	2,400	0,280
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	99	1,650	0,236
140	30	105	1,750	0,240
150	30	109	1,817	0,248
160	30	111	1,850	0,259
170	30	113	1,883	0,271
180	30	118	1,967	0,275
190	30	121	2,017	0,283
200	30	132	2,200	0,273
210	30	138	2,300	0,274
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	105	1,750	0,238
140	32	108	1,800	0,249
150	32	110	1,833	0,262
160	32	114	1,900	0,269
170	32	125	2,083	0,261
180	32	127	2,117	0,272
190	32	133	2,217	0,274
200	32	144	2,400	0,267
210	32	147	2,450	0,274

Çizelge 4.4.5. Elazığ Vişne mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	88	1,467	0,266
140	30	93	1,550	0,271
150	30	97	1,617	0,278
160	30	99	1,650	0,291
170	30	100	1,667	0,306
180	30	101	1,683	0,321
190	30	105	1,750	0,326
200	30	118	1,967	0,305
210	30	124	2,067	0,305
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	95	1,583	0,263
140	32	97	1,617	0,277
150	32	99	1,650	0,291
160	32	100	1,667	0,307
170	32	101	1,683	0,323
180	32	103	1,717	0,336
190	32	109	1,817	0,335
200	32	130	2,167	0,295
210	32	133	2,217	0,303
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	97	1,617	0,241
140	30	105	1,750	0,240
150	30	110	1,833	0,245
160	30	118	1,967	0,244
170	30	121	2,017	0,253
180	30	123	2,050	0,263
190	30	127	2,117	0,269
200	30	132	2,200	0,273
210	30	138	2,300	0,274
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	97	1,617	0,257
140	32	110	1,833	0,244
150	32	113	1,883	0,255
160	32	115	1,917	0,267
170	32	118	1,967	0,277
180	32	121	2,017	0,286
190	32	128	2,133	0,285
200	32	135	2,250	0,284
210	32	139	2,317	0,290

Çizelge 4.4.6. Afyon Şeker mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	85	1,417	0,275
140	30	90	1,500	0,280
150	30	93	1,550	0,290
160	30	95	1,583	0,303
170	30	98	1,633	0,312
180	30	99	1,650	0,327
190	30	101	1,683	0,339
200	30	114	1,900	0,316
210	30	119	1,983	0,318
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	91	1,517	0,274
140	32	93	1,550	0,289
150	32	98	1,633	0,294
160	32	97	1,617	0,317
170	32	99	1,650	0,330
180	32	103	1,717	0,336
190	32	109	1,817	0,335
200	32	115	1,917	0,334
210	32	128	2,133	0,315
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	92	1,533	0,254
140	30	98	1,633	0,257
150	30	102	1,700	0,265
160	30	105	1,750	0,274
170	30	107	1,783	0,286
180	30	110	1,833	0,295
190	30	115	1,917	0,297
200	30	125	2,083	0,288
210	30	127	2,117	0,298
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	93	1,550	0,268
140	32	103	1,717	0,261
150	32	104	1,733	0,277
160	32	106	1,767	0,290
170	32	109	1,817	0,299
180	32	110	1,833	0,314
190	32	115	1,917	0,317
200	32	126	2,100	0,305
210	32	129	2,150	0,313

Çizelge 4.4.7. Sivrihisar Bej mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	87	1,450	0,269
140	30	92	1,533	0,274
150	30	95	1,583	0,284
160	30	97	1,617	0,297
170	30	99	1,650	0,309
180	30	100	1,667	0,324
190	30	103	1,717	0,332
200	30	117	1,950	0,308
210	30	122	2,033	0,310
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	93	1,550	0,268
140	32	95	1,583	0,283
150	32	98	1,633	0,294
160	32	98	1,633	0,313
170	32	100	1,667	0,326
180	32	102	1,700	0,339
190	32	103	1,717	0,354
200	32	127	2,117	0,302
210	32	132	2,200	0,305
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	94	1,567	0,249
140	30	102	1,700	0,247
150	30	107	1,783	0,252
160	30	103	1,717	0,280
170	30	109	1,817	0,281
180	30	110	1,833	0,295
190	30	110	1,833	0,311
200	30	130	2,167	0,277
210	30	136	2,267	0,278
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	95	1,583	0,263
140	32	109	1,817	0,247
150	32	110	1,833	0,262
160	32	108	1,800	0,284
170	32	110	1,833	0,297
180	32	111	1,850	0,311
190	32	112	1,867	0,326
200	32	134	2,233	0,287
210	32	137	2,283	0,294

Çizelge 4.4.8. Muğla Grili mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	62	1,033	0,377
140	30	66	1,100	0,382
150	30	70	1,167	0,386
160	30	77	1,283	0,374
170	30	81	1,350	0,378
180	30	83	1,383	0,390
190	30	86	1,433	0,398
200	30	88	1,467	0,409
210	30	89	1,483	0,425
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	63	1,050	0,396
140	32	68	1,133	0,395
150	32	71	1,183	0,406
160	32	80	1,333	0,384
170	32	84	1,400	0,389
180	32	87	1,450	0,397
190	32	89	1,483	0,410
200	32	91	1,517	0,422
210	32	95	1,583	0,424
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	65	1,083	0,360
140	30	71	1,183	0,355
150	30	76	1,267	0,355
160	30	83	1,383	0,347
170	30	87	1,450	0,352
180	30	91	1,517	0,356
190	30	95	1,583	0,360
200	30	97	1,617	0,371
210	30	99	1,650	0,382
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	65	1,083	0,384
140	32	73	1,217	0,368
150	32	77	1,283	0,374
160	32	84	1,400	0,366
170	32	88	1,467	0,371
180	32	93	1,550	0,372
190	32	96	1,600	0,380
200	32	100	1,667	0,384
210	32	102	1,700	0,395

Çizelge 4.4.9. Milas Leylak mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	63	1,050	0,371
140	30	67	1,117	0,376
150	30	71	1,183	0,380
160	30	78	1,300	0,369
170	30	83	1,383	0,369
180	30	85	1,417	0,381
190	30	88	1,467	0,389
200	30	90	1,500	0,400
210	30	92	1,533	0,411
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	65	1,083	0,384
140	32	69	1,150	0,390
150	32	72	1,200	0,400
160	32	81	1,350	0,379
170	32	85	1,417	0,384
180	32	88	1,467	0,393
190	32	91	1,517	0,401
200	32	93	1,550	0,413
210	32	96	1,600	0,420
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	67	1,117	0,349
140	30	73	1,217	0,345
150	30	77	1,283	0,351
160	30	84	1,400	0,343
170	30	88	1,467	0,348
180	30	92	1,533	0,352
190	30	96	1,600	0,356
200	30	98	1,633	0,367
210	30	101	1,683	0,374
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	68	1,133	0,367
140	32	75	1,250	0,358
150	32	79	1,317	0,365
160	32	85	1,417	0,361
170	32	89	1,483	0,367
180	32	94	1,567	0,368
190	32	97	1,617	0,376
200	32	101	1,683	0,380
210	32	105	1,750	0,384

Çizelge 4.4.10. Finike Limra Traverten mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	55	0,917	0,425
140	30	56	0,933	0,450
150	30	61	1,017	0,443
160	30	64	1,067	0,450
170	30	65	1,083	0,471
180	30	69	1,150	0,470
190	30	70	1,167	0,489
200	30	71	1,183	0,507
210	30	82	1,367	0,461
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	60	1,000	0,416
140	32	63	1,050	0,427
150	32	64	1,067	0,450
160	32	66	1,100	0,465
170	32	68	1,133	0,480
180	32	71	1,183	0,487
190	32	75	1,250	0,486
200	32	78	1,300	0,492
210	32	83	1,383	0,486
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	59	0,983	0,397
140	30	63	1,050	0,400
150	30	67	1,117	0,403
160	30	68	1,133	0,424
170	30	69	1,150	0,443
180	30	70	1,167	0,463
190	30	75	1,250	0,456
200	30	81	1,350	0,444
210	30	83	1,383	0,455
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	66	1,100	0,378
140	32	68	1,133	0,395
150	32	70	1,167	0,411
160	32	72	1,200	0,427
170	32	75	1,250	0,435
180	32	78	1,300	0,443
190	32	81	1,350	0,450
200	32	83	1,383	0,463
210	32	84	1,400	0,480

Çizelge 4.4.11. Denizli Traverten mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	76	1,267	0,308
140	30	79	1,317	0,319
150	30	81	1,350	0,333
160	30	84	1,400	0,343
170	30	85	1,417	0,360
180	30	89	1,483	0,364
190	30	90	1,500	0,380
200	30	92	1,533	0,391
210	30	102	1,700	0,371
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	80	1,333	0,312
140	32	83	1,383	0,324
150	32	84	1,400	0,343
160	32	86	1,433	0,357
170	32	88	1,467	0,371
180	32	91	1,517	0,380
190	32	95	1,583	0,384
200	32	98	1,633	0,392
210	32	102	1,700	0,395
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	81	1,350	0,289
140	30	86	1,433	0,293
150	30	87	1,450	0,310
160	30	88	1,467	0,327
170	30	89	1,483	0,344
180	30	91	1,517	0,356
190	30	95	1,583	0,360
200	30	101	1,683	0,356
210	30	103	1,717	0,367
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	86	1,433	0,290
140	32	88	1,467	0,305
150	32	90	1,500	0,320
160	32	92	1,533	0,334
170	32	95	1,583	0,344
180	32	98	1,633	0,353
190	32	100	1,667	0,365
200	32	101	1,683	0,380
210	32	105	1,750	0,384

Çizelge 4.4.12. Bucak Traverten mermerinin iki ayaklı ST kesimi verileri

Plaka Boyu (cm)	Plaka Genişliği (cm)	Kesim Süresi (sn)	Kesim Süresi (dk)	Kesim Hızı (m ² /dk)
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	79	1,317	0,296
140	30	81	1,350	0,311
150	30	84	1,400	0,321
160	30	86	1,433	0,335
170	30	87	1,450	0,352
180	30	90	1,500	0,360
190	30	92	1,533	0,372
200	30	98	1,633	0,367
210	30	104	1,733	0,363
Plaka Kalınlığı : 2 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	82	1,367	0,304
140	32	85	1,417	0,316
150	32	86	1,433	0,335
160	32	90	1,500	0,341
170	32	91	1,517	0,359
180	32	93	1,550	0,372
190	32	96	1,600	0,380
200	32	99	1,650	0,388
210	32	105	1,750	0,384
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 30 cm				
130	30	84	1,400	0,279
140	30	89	1,487	0,282
150	30	89	1,488	0,302
160	30	91	1,522	0,315
170	30	92	1,539	0,331
180	30	94	1,574	0,343
190	30	99	1,642	0,347
200	30	104	1,728	0,347
210	30	108	1,796	0,351
Plaka Kalınlığı : 3 cm – Plaka Genişliği : 32 cm				
130	32	87	1,453	0,286
140	32	90	1,505	0,298
150	32	92	1,539	0,312
160	32	95	1,590	0,322
170	32	99	1,642	0,331
180	32	100	1,659	0,347
190	32	102	1,693	0,359
200	32	105	1,745	0,367
210	32	108	1,796	0,374

Çizelge 4.4.13. Plaka kalınlığı 2 cm ve plaka genişliği 30 cm olan mermerlerin ortalama kesim hızları

Mermer Türü	Ortalama Kesim Hızı (m²/dk)
Elazığ Siyah	0,299
Fonolitik Tefrit	0,267
Elazığ Vişne	0,297
Afyon Şeker	0,307
Sivrihisar Bej	0,307
Muğla Grili	0,391
Milas Leylak	0,382
Finike Limra	0,463
Denizli Traverten	0,352
Bucak Traverten	0,342

ST makinalarında kesim kapasitesinin kesilen blok ölçüğünde irdelemelerinin yapılabilmesi amacıyla, blok özellikleri ile kesim ortamı arasındaki ilişkilerin araştırılması yapılmıştır. Çizelge 4.4.3.- Çizelge 4.4.12.'de verilen inceleme bulguları bu amaçla değerlendirilmiş olup, kayaç-kesim ortamı ile kayaç özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu incelemelerde, işletmede kullanılan blok türlerinin kayaç parametreleri ile, kesimi yapılan kayacın özelliklerinin kesim sonuçlarına ne ölçülerde etki ettiğinin araştırılması olmuştur. Fabrika kesim uygulamalarında genelde gözlenen olgu, kesilen kayacın sertliği arttıkça kesim hızının düşmesine bağlı olarak kapasite değerinin de azaldığıdır. Kayacın yapısı, kesim şartlarına doğrudan etki ettiği gözlemine dayanarak, kayacın özelliği dikkate alınarak kesim şartlarının belirlenmesi, her zaman en optimum sonucu vereceği kaçınılmaz olmaktadır. Bu bakımdan, kayacın kesimi için en optimum kesim hızının ne olması gerektiği ve hız değerinde ne kadarlık bir kesim performansı elde edilebileceğine yönelik, kesim ortamları arasındaki ilişkiler detay olarak incelenmeye çalışılarak, kayaç ile kesim performansı tanımlamaları yapılmıştır.

$$\eta = 28 \times \left(\frac{\sigma_c}{\rho} \right)^{0.193}$$

Burada;

- η : ST blok kesim randıman değeri, %,
 σ_c : Basınç dayanım değeri, kg/cm²,
 ρ : Birim hacim ağırlık değeri, gr/cm³.

Yukarıdaki bölümlerde inceleme sistematığı belirtilen ST blok kesim performansının tanımlanmasına yönelik analiz bulgularına göre, genel bir irdeleme ve değerlendirme kriteri olarak, bir blok kesiminde optimum kesim performansının sağlanabilmesi için blok özelliklerine bağımlı olarak en ideal blok kesim hızının belirlenmesi analizi, her bir fabrikada yapılması gerekli bir husustur. Bu açıdan, sektörde yer alan kuruluşlarda, blok türü ve özelliğine göre, uygulanabilecek en ideal testere kesim hız değerleri tanımlanması kaçınılmaz olmaktadır. Yapılan bu analiz çalışmasında, testere optimum kesim hızı için tanımlanan yaklaşım aşağıda verilmiştir:

$$V = 0.80 - 0.0021 \frac{\sigma_c}{\rho} \eta$$

Burada;

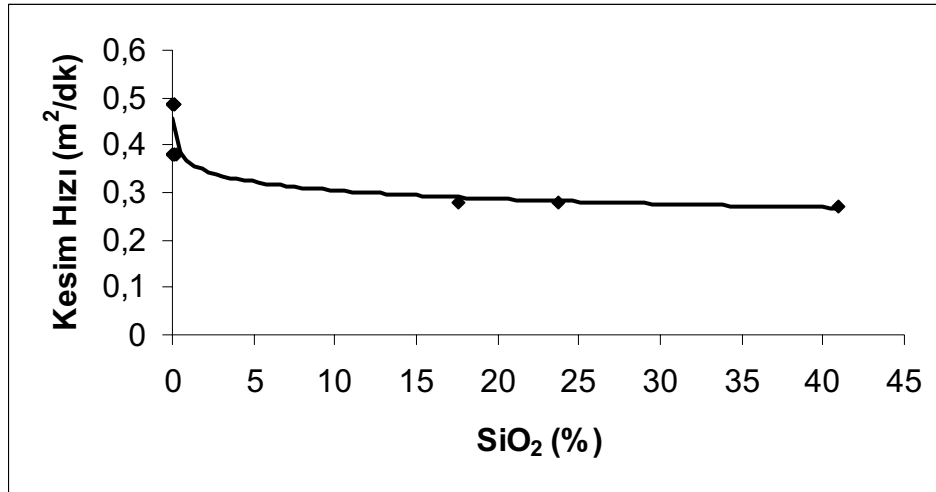
- V : ST testere kesim hızı, m²/dk,
 η : ST blok kesim randıman değeri, %,
 σ_c : Basınç dayanım değeri, kg/cm²,
 ρ : Birim hacim ağırlık değeri, gr/cm³.

Geliştirilen bu yaklaşımların ışığında, mağmatik, metamorfik ve sedimanter kökenli mermer türlerinin kimyasal bileşen özelliklerine göre hesaplanan kesim hız değerleri ile SiO₂ ve CaO değerleri arasındaki grafiksel ilişki Şekil 4.4.8.- 4.4.9.'de verilmiştir. Ayrıca, mermerlerin ölçülen ve hesaplanan kesim hızları Çizelge

4.4.14.'te ve kesim hız değerlerinin karşılaştırılmaları ise Şekil 4.4.10.'da verilmiştir.

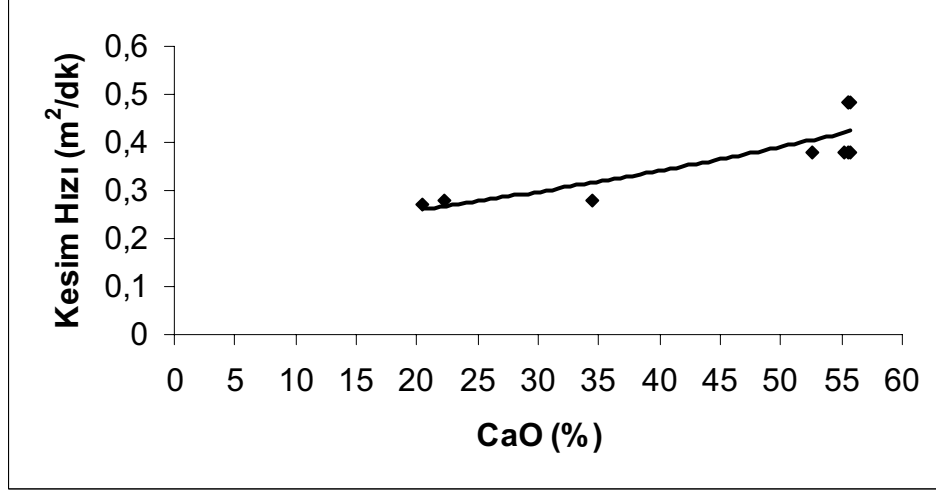
Çizelge 4.4.14. Mermerlerin ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hızları

Örnek No	Kod No.	Mermer Türü	Ölçülen kesim hızı (m ² /dk)	Hesaplanan kesim hızı (m ² /dk)
1	Mğ - 1	Elazığ Siyah	0,299	0,28
2	Mğ - 2	Fonolitik Tefrit	0,267	0,27
3	Mğ - 3	Elazığ Vişne	0,297	0,28
4	Mt - 1	Afyon Şeker	0,307	0,379
5	Mt - 2	Sivrihisar Bej	0,307	0,381
6	Mt - 3	Muğla Grili	0,391	0,381
7	Mt - 4	Milas Leylak	0,382	0,379
8	Sd - 1	Finike Limra	0,463	0,484
9	Sd - 2	Denizli Traverten	0,352	0,485
10	Sd - 3	Bucak Traverten	0,342	0,485



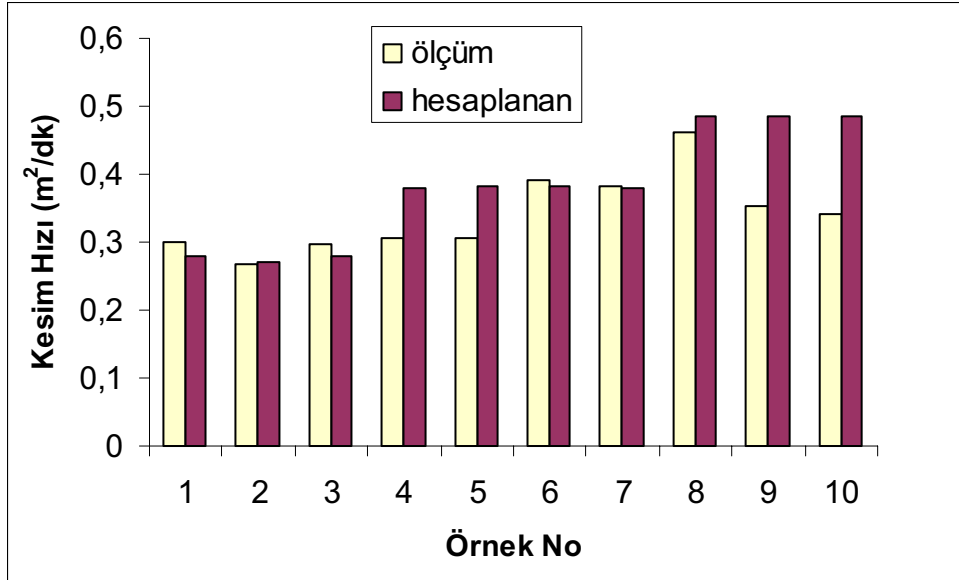
Şekil 4.4.8. Mermerlerin SiO₂ değerleri ile matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hızı ilişkisi

Şekil 4.4.8.'ten de görüldüğü gibi SiO_2 miktarı arttıkça kesim hızı değerleri düşmektedir.



Şekil 4.4.9. Mermerlerin CaO değerleri ile matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hızı ilişkisi

Şekil 4.4.9.'dan da görüldüğü gibi CaO miktarı arttıkça kesim hızı değerleri artmaktadır.



Şekil 4.4.10. Mermerlerin ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hız değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.4.10. incelendiğinde 4 ve 5 nolu (Afyon şeker, Sivrihisar bej) örneklerin hesaplanan ve ölçülen kesim hız değerleri arasındaki az miktardaki farklılığın, söz konusu mermerlerin mineral tane boyutlarının çok küçük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan, 9 ve 10 nolu (Denizli traverten, Bucak traverten) örneklerin hesaplanan ve ölçülen kesim hız değerleri arasındaki farklılığın ise, traverten blok kütlelerinde gözeneklilik dağılımı homojen bir karakteristik yapı göstermediği için, blok kesim hızlarında pratikte lineer trend gösteren bir eğilim görülememektedir. Bu nedenle, teorik olarak hesaplanan blok kesim hızı değeri ile deneysel olarak elde edilen kesim hızları arasında bir fark görülebilmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Mermerlerin gerek tarihsel, gerekse güncel kullanım alanlarındaki çeşitlilik çokluk, gerekse arz-talep ilişkilerindeki canlılık göz önüne alındığında, önde gelen endüstriyel hammaddelerden biri olduğu yadsınamaz. O halde yapılması gereken şey bu önemli doğal kaynağın en optimum bir şekilde değerlendirilebilmesi için gereken çalışmaların yapılmasıdır. Bu çalışmalar ise; eğitim, altyapı, pazarlama konularında gereken önlemlerin alınması, ocak ve fabrikalarda mümkün olduğunca modern teknolojilerin kullanılması şeklinde sıralanabilir.

Hangi kimyasal ve mineralojik yapıya sahip olursa olsun, mermer olarak değerlendirilecek kayacın blok şeklinden levha ve/veya plaka halinde kesilmesi kaçınılmazdır. Kayacın kesimi açısından en önemli parametrelerin başında, kayacın matris yapısı ve buna bağlı olarak kimyasal bileşenlerine göre sertlik değeri gelmektedir. Bilindiği gibi bir kayacın sertlik değeri arttıkça, kayacın basınç dayanımı da artmaktadır. Bu da kayacın kesilebilirliğini güçleştirmektedir. Kayacın sertliğini arttırıcı en önemli parametrelerden biri kabul edilen, kimyasal bileşiminde yer alan SiO_2 içeriğidir. (Çünkü, bu bileşikte yer alan (Si) ve 2 mol (O) atomu en dış kabuktaki elektronlarını ortaklaşa kullanarak birbirlerine çok güçlü kovalent bağı ile bağlanmış olup kovalent bağ örgüsünün sağlamlığından dolayı kovalent bağlı kristaller çok sert olup erime noktaları da yüksektir). Ayrıca, mermer türleri genelde CaCO_3 kökenli kayaçlar olarak tanımlanmakta ve bileşiminde kayacın türüne göre yüksek oranlarda CaO içerebilmektedir ve CaCO_3 bileşiğini oluşturan atomlar ise birbirlerine iyonik bağlar ile bağlandıkları için, kristallerinin sertliği düşüktür ve kayacın sertliğini düşürürler.

Bu açılardan ele alındığında, mermer bloklarının kesilebilirliğinin bu iki ana kimyasal bileşen açısından irdelenmesinde, mermer kesim karakteristiklerinin bu parametreler ile olan ilişkilerinin tanımlanmasında yarar görülmektedir. Ayrıca, farklı mineralojik bileşimlere sahip mermer türlerinin kesilebilme ve kesime etki eden parametreler araştırıldığında, analiz bulgularından elde edilen değerlendirmelerde, kesime etki eden kayaç parametreleri olarak, mermerin basınç

dayanımı ve sertliğinin yanında gözeneklilik dağılımının da kesilebilmeye etki eden bir parametre olduğu gözlenmiştir.

Bu nedenlerden ötürü;

1- Kimyasal bileşenleri (SiO₂, CaO) bağlamında mermerlerin basınç dayanım değeri (σ_c , kg/cm²) ve birim hacim ağırlık değerleri (ρ , g/cm³) tanımlanmıştır. Tanımlanan bu eşitlikler yardımıyla da, mermer türlerinin kökenlerine göre kimyasal bileşenleri bilindiği vakit, mermer türüne ait basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık değerinin kestiriminin yapılabilmesi sağlanmıştır.

2- Yukarıda (CaO, SiO₂) oranlarına göre elde edilen basınç dayanımı değerleri ile birim hacim ağırlık değerleri arasında lineer bir değişim trendi görülmüş olup, bu kayaç parametrelerinin ST kesim randımanına ne ölçülerde etki ettiği araştırılmış ve sonuçta aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir.

$$\eta = 28 * \left(\frac{\sigma_c}{\rho} \right)^{0.193}$$

Burada;

- η : ST blok kesim randıman değeri, %,
 σ_c : Basınç dayanım değeri, kg/cm²,
 ρ : Birim hacim ağırlık değeri, gr/cm³,

3- ST blok kesim performansının tanımlanmasına yönelik analiz bulgularına göre, genel bir irdeleme ve değerlendirme kriteri olarak, bir blok kesiminde optimum kesim performansının sağlanabilmesi için blok özelliklerine bağımlı olarak en ideal blok kesim hızının belirlenmesi analizi, her bir fabrikada yapılması gerekli bir husustur. Bu açıdan, sektörde yer alan kuruluşlarda, blok türü ve özelliğine göre, uygulanabilecek en ideal testere kesim hız değerleri tanımlanması kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı da yapılan bu çalışmada, testere optimum kesim hızı için nihai bir eşitlik geliştirilmeye çalışılmış ve sonuçta da aşağıda belirtilen yaklaşım türetilmiştir.

$$V = 0.80 - 0.0021 \frac{\sigma_c}{\rho} \eta$$

Burada;

- V : ST testere kesim hızı, m²/dk,
 η : ST blok kesim randıman değeri, %,
 σ_c : Basınç dayanım değeri, kg/cm²,
 ρ : Birim hacim ağırlık değeri, gr/cm³.

4- Geliştirilen bu yaklaşımların ışığında, öncelikle mağmatik, metamorfik ve sedimanter kökenli mermer türlerinin kimyasal bileşen özelliklerine göre, basınç dayanımları ve birim hacim ağırlık değerleri arasında grafiksel ilişki incelenmiştir. Bu grafiklerden de, kayacın sertliği veya bu bağlamda SiO₂ miktarı arttıkça, kayacın basınç dayanımının ve birim hacim ağırlık değerlerinin arttığı görülmüştür.

Diğer yandan mermer türleri ile, ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan basınç dayanım değerleri ile birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki grafiksel olarak incelenmiş ve sonuçların birbirleri ile uyumlu çıktığı görülmüştür.

Daha sonra ise, mermerlerin SiO₂ ve CaO değerleri ile matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hızı değerleri arasındaki ilişki grafiksel olarak ayrı ayrı incelenmiş olup, SiO₂ miktarı arttıkça kesim hızı değerlerinin düştüğü, CaO miktarı arttıkça ise kesim hızı değerlerinin arttığı görülmüştür.

En son olarak da, mermer türlerinin ölçülen ve matematiksel modellemeden hesaplanan kesim hız değerlerini karşılaştırmak amacıyla bir grafik çizilmiş ve elde edilen sonuçların büyük oranda birbirleri ile uyum sağladığı görülmüştür.

5- Bu tez çalışması, mermerlerin kesimini ve işlenebilmesini minaralojik ve petrografik özellikleri açısından incelerken, sadece kökensel boyutu ve mineral bileşimi boyutundan da en etken olan Σ SiO₂ ve Σ CaO oranlarını ele almıştır.

6- Mineralojik ve petrografik açılardan bakıldığında da mermerlerdeki sertliğin büyük oranda belirleyicisi olan, mineral bileşimlerindeki sertliği arttırıcı $\sum \text{SiO}_2$ (Kuarstan + Silikat mineralleri) ve sertliği düşürücü $\sum \text{CaO}$ (Kalsit + Diğer mineraller) oranlarının, mermerlerin kesilmesinde çok etken olduğu vurgulanarak ikisinin de var olduğu matematiksel modelleme türetilmiştir.

7- Bu tez çalışması, daha sonraları bu konuda çalışma yapacak olan diğer araştırmacılara sertliğe etken, dolayısıyla mermerlerin kesiminde etken olan, minerallerin dokusal ve tane iriliği boyutlarının da mutlaka ele alarak farklı modellemelere gidilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Ayrıca kristalleri oluşturan atomlar, eğer birbirlerine kovalent bağlar ile bağlanmış iseler, bu tür kristallerin oluşturduğu minerallerin çok bulunduğu kayaçların daha sağlam, daha dayanıklı ve daha sert oldukları, bu nedenle de tanelerin kristal yapılarının da göz önüne alınarak ayrı bir parametre olacak şekilde incelenmesinin gerekliliği ve buna ilişkin olarak da ayrı matematiksel modellemelerin türetilbileceği önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akar, A., 1987. Endüstriyel Hammaddeler ve Zenginleştirme Yöntemleri Kitabı, D.E.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi MM/MAD-87 EY 142, İzmir, 210 s.
- Akçıl, A.U., 1998. Recovery of Gold from İzmir-Karşıyaka (Arapdağı) Epithermal Deposits, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 111s.
- Berry, L.G., Mason, B., Dietrich, R. V., 1983. Mineralogy, W.H.Freeman Comp., San Feancisco, 561 s.
- Bilgin, A., 1992. Optik Mineraloji Ders Notları, Akdeniz Üniversitesi, Isparta Müh. Mim. Fak., Isparta, 149s.
- Büyüksağış, İ.S., Atıcı, Ü., Ersoy, A., 2003. Travertenlerde Tabaka Yönünün Kesme Verimi Üzerine Etkileri, Türkiye 4. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 189.
- Demirdağ, S., Gündüz, L., Gündüz, V., 2003. Yatay Yarma makinelerinin Kullanımında Mermer ve Makine Arasındaki Teknik Özelliklerin Analizi, Türkiye 4. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 327.
- Dikman, E., 1985. Enstürümental Analiz Kitabı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 242 s.
- Ehler, E.G., Blatt, H., 1982. Petrology, W. H. Freeman Comp., San Francisco, 732 s.
- Erdik, E., Sarıkaya, Y., 1986. Temel Üniversite Kimyası Kitabı, Hacettepe-Taş Kitapçılık Ltd. Şti., Sistem ofset Ltd., Şti., Ankara, 514 s.
- Gündüz, L. Sarıışık, A., 1998. Yerbilimlerinde İstatistik ve Uygulamaları Kitabı, Isparta, 239 s.

- Gündüz, L., 2003. Mermer İşleme Makineleri ve Prensipleri, Ders notu, SDÜ, Maden Müh. Böl., Isparta.
- Gündüz, V., 2003. Mermer İşleme Fabrikalarında ST Makinelerinin Kesim Performanslarının Belirlenmesi, Cukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, Adana.
- Işık, E.C., 2004. Seramik Yapıştırma Harcında Kullanılan Agregaların, Kimyasal ve Mineralojik Bileşiminin Yapışma Mukavemetine Etkisi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, Isparta, 90 s.
- Kılıç, A.M., Karakuş, A., Keskin, M.Ö., 2003. Diyarbakır Yöresi Mermerlerinin Kesilebilirlik Parametrelerinin Belirlenmesi, Türkiye 4. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 159.
- Köktürk, U., 1997. Endüstriyel Hammaddeler Kitabı, D.E.Ü.Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 205, İzmir, 259 s.
- Köse, H., Onargan, T., 1992. Mermer Kitabı, D.E.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 220, İzmir, 204 s.
- Kun, N., 2000. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi Kitabı, İzmir, 149s.
- Kuşcu, M., 2001. Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller Kitabı, S.D.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 10, Isparta, 381 s.
- Onargan, T., Kızıl, M.S., Köse, H., 1995. Ege bölgesi Mermer ve Yapıtaşları Potansiyeli ve Değerlendirilmesi, Endüstriyel Hammaddeler 1995 Sempozyumu Kitabı, İzmir, 197-201.
- Önem, Y., 1997. Sanayi Madenleri Kitabı, Kozan Ofset Matbaacılık San. ve Tic.Ltd.Şti., Ankara, 368 s.

- Özmen, Ö., 1997. Mermer Üretim Teknolojisi ve Ekonomisi, S.D.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Lisans Tezi, Isparta, 58 s.
- Özpınar, Y., Heybeli, H., Seniz, B., Baran, H.A., Kocan, B., 2001. Kocabaş ve Kömürcüoğlu Travertenlerinin Jeolojik, Petrografik Özellikleri ve Oluşumunun İncelenmesi, Teknik Açısından Değerlendirilmesi, Türkiye 3. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 133.
- Sarız, K., Nuhoglu, İ., 1992. Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciligi, Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 62, Eskişehir, 451 s.
- Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y.İ., Sarıışık, A., 1996. Mermer Teknolojisi Kitabı, S.D.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta, 242 s.
- Uysal, K., Görmüş, M., Türkoğlu, Ö., 2003, Görüntü Analizi'nin Paleontolojide Uygulanması, Foraminiferler. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, 199.
- Yıldız, M., 2004. Mermer Blokların Çıkartılması ve Fabrikada İşlenip Satılacak Ürün Haline Getirilmesinde Kullanılan Ekipmanlar, SDÜ Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Böl., Lisans Tezi, Isparta, 68 s.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali Namık Güneş
Doğum Yeri : Afşin (Kahramanmaraş)
Doğum Yılı : 08/07/1955
Medeni Hali : Evli ve 2 çocuklu.

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise 1970 – 1973 İzmir Atatürk Lisesi
Lisans 1974 – 1979 Ege Üniversitesi Kimya Fakültesi
Y. Lisans 1990 – 1993 Akdeniz Üniversitesi Isparta Müh. Fakültesi

Yabancı Dil : Fransızca

İş Deneyimi :

1978 – 1990 Ege Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fakültesi Maden Müh. Bölümü
1990 – 2004 Akdeniz Üniversitesi ve Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü.