

KÜTAHLA İLİ, ASLANAPA İLÇESİ,  
GÖKDERE MEVKİİNDE BULUNAN  
MERMER SAHASININ SÜRKESİZLİK  
ANALİZİ VE FİZİKO - MEKANİK ETÜDÜ

Süleyman AYDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

1991

KÜTAHYA İLİ, ASLANAPA İLÇESİ, GÖKDERE MEVKİİNDE  
BULUNAN MERMER SAHASININ SÜREKSİZLİK ANALİZİ VE  
FİZİKO-MEKANİK ETÜDÜ

Süleyman AYDOĞAN

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilemleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Y.Doç.Dr.Can AYDAY

AĞUSTOS-1991

Sülayman AYDOĞAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Kütahya İli, Aslanapa İlçesi, Gökdere Mevkiinde Bulunan Mermer Sahasının Süreksizlik Analizi ve Fiziko-Mekanik Etüdü" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

26.10.1991

Başkan : Y. Doç. Dr. Can AYDAK  
Üye : Prof. Dr. Rifat BOZKURT  
Üye : Y. Doç. Dr. R.M. GÖKTAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **11. EYLÜL** 1991  
gün ve **286-8** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Rüstem KAYA**  
Enstitü Müdürü

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi .....	2
1.2. Coğrafi Konum .....	2
1.3. İklim Koşulları .....	3
2. MERMERLERİN TANIMI .....	4
2.1. Mermer .....	4
2.2. Mermer Cinsleri .....	4
2.2.1. Gerçek mermerler .....	4
2.2.2. Kireçtaşı mermerleri .....	7
2.2.3. Traverten, oniks mermerleri ve oniks .....	8
2.2.4. Mağmatik mermerler .....	10
2.3. Mermerlerin Kullanım Alanları .....	12
3. DÜNYA MERMER PİYASASI .....	13
3.1. Mermer Üretimi .....	13
3.2. Mermer İthalatı .....	14
3.3. Mermer İhracatı .....	16
4. TÜRKİYE MERMER PİYASASI .....	18
4.1. Mermer Rezervleri .....	18
4.2. Mermer Üretimi .....	19
4.3. Mermer İhracatı .....	19
5. ÇALIŞILAN BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ .....	23
5.1. Jeolojik Formasyonlar .....	23
5.1.1. Tortul kayaçlar .....	23
5.1.2. Mağmatik kayaçlar .....	24
5.1.3. Metamorfik kayaçlar .....	24
5.2. Yapısal Jeoloji .....	24

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
6. SÜREKSİZLİKLER .....	26
6.1. Süreksizlik .....	26
6.1.1. Süreksizlik çeşitleri ve parametreleri .....	26
6.2. Süreksizliklerin Mermencilikteki Önemi .....	28
7. ARAZİ ÇALIŞMALARI .....	29
7.1. Sahanın Haritalanması .....	29
7.2. Süreksizliklerin Ölçümü .....	32
8. ÇALIŞILAN SAHANIN JEOLJİ .....	35
8.1. Şistler .....	35
8.2. Mermerler .....	36
8.3. Kuvarslı Zon .....	41
8.4. İri kristalli Kalsit Zonu .....	44
8.5. Alüvyon .....	44
9. SAHADAKİ SÜREKSİZLİKLERİN KONUMU .....	45
10. SÜREKSİZLİK VERİLERİNİN GRAFİKSEL GÖSTERİMİ .....	58
10.1. Grafikselsel Yöntem .....	58
10.1.1. Geometrik terimler .....	58
10.1.2. Eş-alan projeksiyonu .....	58
10.1.3. Gül diyagramları .....	62
10.2. Bilgisayar Programı .....	63
10.3. Verilerin Analizi .....	63
11. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI VE ANALİZLERİ .....	70
11.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi .....	70
11.2. Su Emme Deneyi .....	71
11.3. Porozite (Gözeneklilik) .....	72
11.4. Tek Eksenli Basınç Deneyi .....	72
11.5. Don Sonrası Tek Eksenli Basınç Deneyi .....	74
11.6. Eğilme Direnci Deneyi .....	75
11.7. Sürtünme ile Aşınma Dayanım Deneyi .....	77

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
SONUÇLAR .....	80
ÖNERİLER .....	81
KAYNAKLAR .....	82
EKLER .....	83

## ÖZET

Çeşitli uygarlıkların doğup geliştiği ülkemizde, önemli sanat yapıtlarında kullanılmış olan mermerler, günümüzde de eski öneminden bir şey kaybetmemiştir.

Mermer ocak işletmelerinde üretimin hedefi, alıcının isteği doğrultusunda ve piyasanın arzu ettiği boyutlarda kırıksız, çatlaksız ve renk dağılımı homojen olan sağlam blokları çıkartmaktır. Mermer piyasasında blok büyüklüğünün yanında kalite, renk ve desenin de önemi fazladır.

Mermerlerin istenilen kullanım özelliklerinde olabilmesi için oluşum ve bulunuş şekillerinin yanısıra fiziksel ve fiziko-mekanik özelliklerinin de bilinmesi önemlidir. Mermer endüstrisinin gelişmesi, iç ve dış pazarlarda alıcı bulabilmesi için standartların belirlenmesi ve uygun üretim yöntemlerinin seçimi gereklidir.

Bu çalışma, Kütahya ili, Aslanapa ilçesi, Gökdere mevkiinde Bey-mer Şirketi tarafından işletilen mermer sahasında yapılmıştır. Sahada şist, mermer, alüvyon sınırları çizilmiş ve mermerlerin blok olarak üretilmesinde sorunlar yaratan renk dağılımlarının mermer cinslerine göre sınırları belirlenip haritalanmıştır. Mermer içindeki kuvarslı zonların ve iri kristalli kalsit zonların konumları ölçülerek haritada gösterilmiştir. Mermer bloklarını sınırlayan süreksizliklerin konumları ölçülerek, çizimleri ve analizleri yapılmıştır. Mermerlerin kalitesini belirleyen petrografik, fiziksel ve fiziko-mekanik özellikler laboratuvar deneyleri ile saptanmaya çalışılmıştır.

## SUMMARY

Marble, which was used as a dimensioned stone for most famous ancient architectural buildings in our country haven't lost its importance today.

The first aim of marble production in marble quarry is that, it must be produced as homogeneous colored, massive and in large blocks. Quality, color and pattern are the parameters in addition to block size which influences its market.

Physical and physico-mechanical properties of the marble must be known in addition to its geological properties for different usage. Some standard production techniques must be determine in order to develop marble industry and to increase its export capacity.

This study, is carried out in the marble quarry of Bey-Mer Limited Company, Aslanapa village-Kütahya. Schists, marble and alluvion contacts have been mapped in the field. Different colored marbles which produces problems in marketing and production have determined and mapped.

Quartz zones and large crystallized calcite zones have been detected in the quarry and shown on the map. Discontinuity analysis have been done by using strike, dip and spacing measurements of discontinuities. Petrological, physical and physico-mechanical properties of the marbles encountered in the quarry have been determined by laboratory experiments.



## TEŞEKKÜR

Tez konumun seçiminde ve hazırlanmasında bilgileri ile beni yönlendiren danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.Can AYDAY'a, çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof.Dr.Rifat BOZKURT'a, Bey-Mer Şirketinin sahipleri Maden Müh. Sayın Mustafa SEYMEN'e ve Sayın Tamer CAMCI'ya teşekkürlerimi sunarım.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
1.1. Etüt sahası ve ocak yeri .....	3
7.1. Jeolojik formasyonların haritalanma şekli .....	30
7.2. Etüt sahasının jeoloji ve mermer renkleri gösteri haritası .....	31
7.3. Gözlem noktaları gösteri haritası .....	33
7.4. Süreksizliklerin ölçüm şekli .....	34
8.1. Şisttin mikroskopta görünüşü .....	35
8.2. Şistteki iri kristalli kuvarsın mikroskopta görünüşü ...	36
8.3. Yeşil, kırmızı ve bordo renkli mermerler .....	37
8.4. Kırmızı renkli mermer .....	38
8.5. Bordo renkli mermer .....	38
8.6. Kalsit kristalinde dilinim, çokuzlar ve dişli kenetlenme şekli .....	39
8.7. Kalsit kristalinde görülen çokuz şekli .....	40
8.8. Kalsit kristalinde görülen çokuz şekli .....	40
8.9. Kalsit kristalinde basınç etkisiyle oluşan kayma çokuzları .....	41
8.10. Kuvarslı zonun mermer bloğunda görünüşü .....	42
8.11. Kuvars kristallerinin mikroskopta görünüşü .....	42
8.12. Çalışılan mermer sahasındaki kuvarslı ve iri kristalli kalsit zonlarının yerleri ve konumları .....	43
9.1. Bir nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	45
9.2. İki nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	46
9.3. Üç nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	47
9.4. Dört nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	48
9.5. Beş nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	49
9.6. Altı nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	50
9.7. Yedi nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	51
9.8. Sekiz nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	52
9.9. Dokuz nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	53
9.10. On nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	54
9.11. Onbir nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	55
9.12. Oniki nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	56

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.13. Onüç nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler .....	57
10.1. Stereografik projeksiyonda eğik bir tabaka düzleminin kutup noktasının çizimi .....	60
10.2. Bir tabaka düzleminin projeksiyon ağında çizimi ve kutup noktalarının bulunması .....	61
10.3. Nokta diyagramının kareli kağıt üzerinde birim alana düşen noktaların "Sayıcı" ile sayılması .....	62
10.4. Süreksizlik düzlemlerinin kutup noktaları .....	65
10.5. Kutup noktalarının kontur diyagramları .....	66
10.6. Kutup noktalarının gül diyagramları .....	67
10.7. Süreksizliklerin eğim derecelerine ait gül diyagramları ..	68
11.1. Örneklerin etüvde kurutulup, soğuması için desikatöre yerleştirilmesi .....	71
11.2. Tek eksenli basınç deney aleti .....	73
11.3. Eğilme deney düzeni .....	76
11.4. Sürtünme ile aşınma deneyi aleti .....	77
11.5. Blok ölçüm noktaları .....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. 1983 yılı dünya mermer ve traverten üretimi .....	13
3.2. Dünya blok ve kesilmiş mermer ithalatı .....	14
3.3. Dünya blok ve kesilmiş granit ve diğer sert taşlar ithalatı	15
3.4. Dünya işlenmiş mermer ithalatı .....	15
3.5. Dünya blok ve kesilmiş mermer ihracatı .....	16
3.6. Dünya blok ve kesilmiş granit ve diğer sert taşlar ihracatı	17
3.7. Dünya işlenmiş mermer ihracatı .....	17
4.1. Türkiye'nin blok mermer üretimi .....	19
4.2. Türkiye'nin mermer ihracatı .....	20
4.3. Türkiye'nin blok ve kesilmiş mermer ihracatının ülkelere göre dağılımı .....	21
4.4. Türkiye'nin işlenmiş mermer ihracatının ülkelere göre dağılımı	22
10.1. Süreksizliklerin doğrultu ve eğim açı değerleri .....	64
11.1. Örneklerin birim hacim ağırlık değerleri .....	70
11.2. Örneklerin su emme değerleri .....	72
11.3. Örneklerin porozite değerleri .....	72
11.4. Örneklerin basınç dayanım değerleri .....	74
11.5. Örneklerin don sonrası basınç mukavemetindeki azalma ve don kaybı .....	75
11.6. Örneklerin eğilme direnç değerleri .....	77
11.7. Örneklerin sürtünme ile aşınma dayanım değerleri .....	79

## 1. GİRİŞ

3213 sayılı Maden Kanununa göre kesilip parlatılabilen her taşa "Mermer" adı verilir. Jeolojik tanımıyla "Mermer" terimi, kireçtaşı ve dolomitlerin ısı ve basınç altında değişime uğraması sonucu yeniden kristalleşmesiyle oluşmuş metamorfik bir kayadır.

Günümüzde doğallığın simgesi olan mermer, insan yaşamı ile iç içedir. Sanatsal yapılardan, konutların iç-dış cephe kaplamalarına ve mezar taşlarına kadar hemen hemen her yerde ve işte kullanılmaktadır.

Türkiye çeşitli kalite, renk ve desenlerde zengin mermer yataklarına sahiptir. Bu zenginlik Türkiye'nin jeolojik yapısının bir sonucudur. Bazı ülkelerin jeolojisi petrol, taşkömürü veya metalik madenlerin oluşumuna imkan vermişse, Türkiye'nin jeolojisi de belirli doğal zenginliklere, bu arada blok almaya elverişli renkli taş ve mermerlerin oluşumuna uygundur. Mermer zenginliğimiz bir raslantı değil, ülkemizin jeolojik yapısının bize sunduğu doğal bir sonuçtur.

Mermer rezervlerimizden gerektiği gibi yararlanamamızın nedenlerinin başında ocak yeri, işletme şekli ve yönteminin doğal koşullara ya da jeolojik parametrelere uygun olarak seçilmemiş olması gelmektedir. Unutulmamalıdır ki, jeolojik parametreler yüzbinlerce, hatta milyonlarca yılda oluşmuşlardır. Onların insana değil, insanın ona uyması zorunludur.

Ülkemiz zengin mermer potansiyeline sahip olduğu halde, teknolojik gelişmelere paralel olarak mermerciliğimizin de geliştiği söylenemez. Mermer işletmelerimizin çoğu ilkel yöntemlerle üretim yapmakta ve bunun doğal sonucu olarak fazla miktarda üretim kaybı olmaktadır. Bunun için üretilecek taşa teknik bilgi ile yaklaşmakta yarar vardır. Bu tür yaklaşımla sektördeki zararların önüne geçilmiş olacaktır. Böylece Türkiye'nin büyük mermer potansiyeli içinde kolay pazarlanabilecek nitelik ve kalitedeki mermerleri bulmak ve bu sahadan mümkün olduğu kadar iyi kalitede mermer üretebilmek mümkün görülmektedir. Hammade güvenliği olmayan sahalarda büyük yatırım yapmaktan, ocak verimi ve pazarlanabilirliği bulunmayan alanlarda mermer işletme fabrikaları kurmaktan kaçınılmalıdır.

### 1.1. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Bu çalışmanın amacı, etüd sahasındaki mermerlerin ekonomik olarak çıkartılmasını etkileyen renk dağılımlarının, süreksizliklerin, iri kristalli kalsit zonların, kuvarslı zonların araştırılması, haritalanması ile mermerlerin kalitesinin tayinidir.

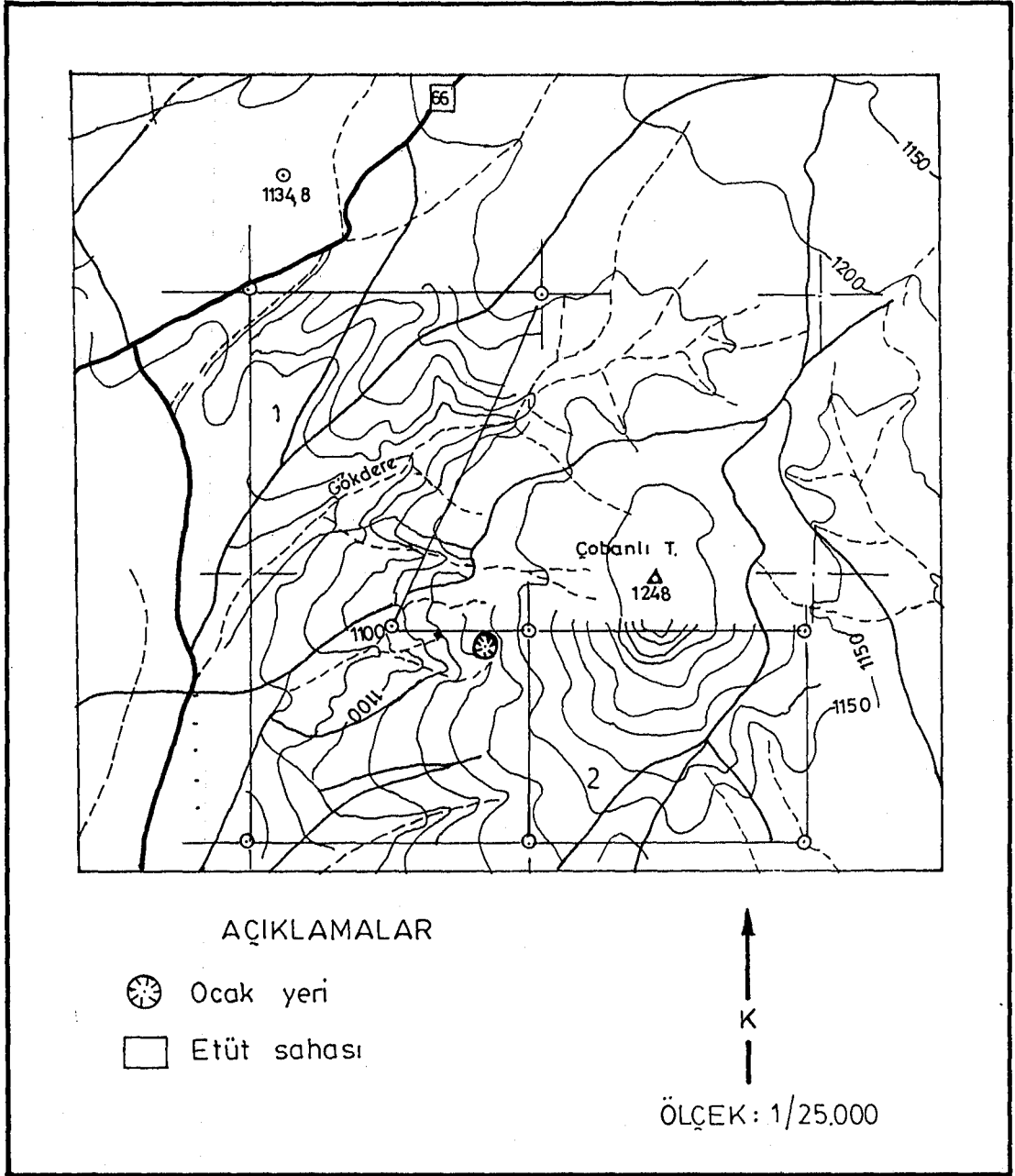
Jeolojik birimlerin ve farklı renkli mermerlerin sınırları belirlenerek haritalanmıştır. Mermer bloklarının çıkartılması sırasında ve çıkartılan blokların daha sonraki aşamalarda ekonomik olarak değerlendirilmesi sırasında büyük sorunlar yaratan jeolojik zonların (iri kristalli kalsit zonların ve kuvarslı zonların) konumları haritada gösterilmiştir.

Etüd sahasında 13 adet gözlem noktası belirlenip, her gözlem noktasından 100 m<sup>2</sup>'lik bir alan alınarak, bu alan içindeki süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri ölçülerek, bu süreksizlik düzlemlerinin kontur diyagramları ve gül diyagramları hazırlanmıştır. Bunlara bağlı olarak süreksizlik analizleri yapılmış, ekonomik blok almanın ve ocağın işletilebilmesinin mümkün olup olmayacağı analiz sonuçları ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Laboratuvar deneyleriyle mermerlerin fiziksel ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Polarizan mikroskobu ile şistin, kalsitli mermerlerin, kuvarslı zonların ve iri kristalli kalsit zonların petrografik incelemesi yapılmıştır.

### 1.2. Coğrafi Konum

Etüd sahası 1/25.000'lik haritada J 23 B<sub>2</sub> - J 23 C<sub>2</sub> paftası içinde yer almaktadır. Saha Kütahya ili, Aslanapa ilçesi, Gökdere mevkiindedir (Şekil 1.1). Çalışılan ocak Kütahya-Gediz yolu üzerinde Kütahya'ya 41. km' dendir. Ocaktan Aslanapa yoluna ulaşım yaklaşık 1 km toprak yolla sağlanmaktadır.



Şekil 1.1. Etüd sahası ve ocak yeri

### 1.3. İklim Koşulları

Aslanapa bölgesi, İç Anadolu ile Ege iklim bölgesinin geçiş alanı şeridinde yer almış bulunması nedeniyle iklimi her iki iklim bölgesinin özelliklerini gösterir. Bölgede kuru ve sert bir iklim hakim olup, kar örtüsü uzun süre devam etmekte ve genellikle kara iklim hüküm sürmektedir.

## 2. MERMERLERİN TANIMI

### 2.1. Mermer

Jeolojik tanımıyla "Mermer" kireçtaşı ve dolomit gibi kayaçların belirli sıcaklık ve basınç etkisi altında başkalaşıma uğrayarak, tekrar kristalleşip, yeni bir yapı kazanmaları sonucu meydana gelirler.

Endüstriyel alanda "Mermer" ise, çok geniş anlam taşır. Burada, parlatılınca iyi cila alan her taş mermer sınıfına girer. İyi cila kabul eden kalkerler, tektonik breşler ve pudingler, traverten ve oniks mermerlerinden başka granit, diyabaz, lösitli siyenit, fonolit ve serpantinler gibi magmadan türeyen taşlar da mermer tanımı içine girerler. Magmatikler bazan iyi bazan da kötü cila alırlar.

Endüstriyel alanda mermer olarak isimlendirilen taşların hepsi gerçek anlamda mermer değildir. Ancak, endüstride taşın cinsi ve bileşimi ne olursa olsun büyük boyutta çıkarılma, biçilme, cilalanma gibi özellikler göstermesi taşın mermer sınıfına girmesine yetmektedir.

### 2.2. Mermer Cinsleri

#### 2.2.1. Gerçek mermerler

Metamorfizma neticesi kireçtaşı ve dolomit gibi kayaçların yeniden kristalleşmesiyle meydana gelirler. Bileşiminin büyük oranı kalsiyum karbonattır. Daha düşük oranda magnezyum karbonat ta bulunur. Kalsiyum karbonat kristallerinden meydana gelmiş olanlarda genellikle % 95 kalsit mevcuttur. Aynı zamanda silis, silikat, demir oksit mangan oksit ve organik maddeler bulunur.

Mermerlerin renkleri genellikle beyaz veya grimsidir. Fakat yabancı madde ve bilhassa metal oksitlerin tesiri ile değişik renklerde olabilirler. Sarı, pambe, kırmızı, mavimtrak, esmerimsi ve siyah gibi renkler alırlar. Bazan da yer yer taşta güzel görünüm veren ve değerini arttıran damarlar halinde taşın yüzeyini kaplarlar.



Mermer mikroskop altında incelenirse, birbirine iyi kenetlenmiş kalsit kristallerinden meydana geldiği görülür. Mermer kristalleri iri ise, mermer dişli ve kaba bir manzara arz eder. Bu cinsin dış tesirlere karşı dayanımı azdır. Tane çapı küçüldükçe dayanım artar. Bu şekilde de dış tesirlerden etkilenmesi azalır.

Gerçek mermerler kalsit ve dolomitik kalsit kristallerinin boyutlarına göre :

1. Çok ince kristalli	50 mikrondan küçük
2. İnce kristalli	50-100 mikron arası
3. Orta kristalli	100-1000 mikron arası
4. Kaba kristalli	1000 mikrondan büyük

olmak üzere dört sınıfa ayrılır ( Bozkurt, 1989).

Homojen bir yapı göstermeleri, fazla sert olmamaları, kolayca işlenebilmeleri ve bünyelerinde boşluk bulunmaması bu cins mermerlerin, endüstriyel anlamda iyi cila kabul eden taş anlamına gelen mermerin, çeşitli cinslerin başında yer almasında önemli rol oynar.

Gerçek mermerler değişik başkalaşım koşullarında oluşurlar. Bu koşullar:

1. Kontak (değme) başkalaşım,
2. Dinamik başkalaşım,
3. Bölgesel başkalaşım

olarak sıralayabiliriz.

1. Kontak (Değme) başkalaşımında, mağmadan gelen sıcaklık, gaz ve hidrotermal sıvıların etkisi önem taşır. Karbonatik kayacda, mağmanın değme yüzeyinden uzağa doğru başkalaşım etkisi azalır. Başkalaşmış kayacın bileşimine göre kontak başkalaşım ile oluşmuş mermerlerde vollastonit, gröna, aktinolit, diyasporit, brusit, epidot, skapolit, pirit gibi mineralere rastlanır.

2. Dinamik başkalaşımında, gerilim kuvvetlerinin etkisiyle değişim söz konusudur. Sıcaklığın etkisi fazla görülmez. Yönlü kuvvetlerin etki-

siyle kayaçlarda kırılma, ufalanma, erime ve yeniden kristalleşme görülür. Serpantin ve kireçtaşlarının yanyana bulunduğu yörelerde ofikalsitler gelişir, güzel yeşilli beyazlı mermerler şekillenir.

3. Bölgesel başkalaşımında, sıcaklık, basınç, gerilim ve kimyasal faaliyetler etkin rol oynarlar. Jeosenklinal bölgelerde geliştiklerinden geniş alanlara yayılırlar. Basınç etkisi hidrostatik ve makaslama olarak görülür. Başkalaşmaya uğrayan karbonatik kütlelerin bileşiminde yer alan mineral çeşitlerine göre yeni mineraller kristallenir. Yapraksı ve uzun mineraller basınç etkisi altında yönlenme gösterirler. Bu minerallerin düzlemsel birikimleri foliasyon oluşturur ki, mermer için zayıflık düzlemleridir.

Bölgesel başkalaşım kontak ve dinamik başkalaşımında görülen karakterleri taşıyabilir. Başkalaşım epizon, mezozon ve katazon olarak üç zon oluşturur ve zonlarda sıcaklık, basınç ve gerilim farklı boyutlarda görülür. Saf kireçtaşı ve dolomitlerden beyaz mermer ve dolomitik mermerler oluşurken, saf olmayan kireçtaşlarından vollastonit, granat, epidot, diyasporitli mermerler ile saf olmayan dolomitlerden aktinolit, tremolit, fosterit ve spinelli mermerler oluşurlar. Başkalaşıma uğramış karbonatik kayaçlarda değişik bileşimli killer de varsa klorit, biyotit, muskovit mineralleri de şekillenir.

Türkiye'de bugün için bilinen gerçek mermer yataklarından önemlilerini şöyle sıralayabiliriz :

1. Marmara adası mermerleri,
2. Afyon, İscehisar mermerleri,
3. Gaziantep yöresi mermerleri,
4. Balıkesir yöresi mermerleri,
5. Bursa-Orhaneli yöresi mermerleri,
6. Muğla yöresi mermerleri,
7. Eskişehir-Seyitgazi yöresi mermerleri,
8. Uşak-Banaz-Sandıklı yöresi mermerleri,
9. Çankırı-Yozgat yöresi mermerleri,
10. Manyas yöresi mermerleri.

Bunların yanısıra Trakya bölgesi, Adapazarı, Bolu, Kütahya-Altıntaş, Denizli-Sarayköy, Konya, İzmir-Selçuk, Aydın, Antalya, Burdur, Ankara, Kastamonu, Erzurum-Erzincan ve Elazığ yörelerinde çeşitli renk ve kalitede gerçek mermer yatakları vardır.

### 2.2.2. Kireçtaşı mermerleri

Kireçtaşı mermerleri organik tortul kayalar arasında yer alırlar. Kimyasal çökme veya içine kalkerli organik artıkların görmesiyle meydana gelen bu cins mermerler daha sonra kristalleşir. Kısmen kristalize olmuş sağlamlık ve renk bakımından kullanışlı olan kireçtaşlarında içerik olarak % 90 dan fazla  $\text{CaCO}_3$  bulunmaktadır. Az miktarda  $\text{MgCO}_3$  bulunur. Grafit, kuvars, feldspat, kil, demir, değişik maden oksitler ve organik maddeler safsızlıkları oluşturur. Bazı cinslerinde fosile rastlanır.

Bileşiminde yer alan  $\text{MgCO}_3$  miktarı artarsa, artışa bağlı olarak sıra ile dolomitik kireçtaşı, kireçli dolomit ve dolomit adını alır.

Kireçtaşları bileşimine giren yabancı maddelere göre çeşitli renkler gösterirler. Sarı ve kırmızı renk demir oksit, siyah ve mor mangan oksit, gri ve siyah organik maddelerden gelir.

Bileşiminde bitüm bulunan tiplerine "Bitümlü Kireçtaşı" adı verilir. Bitümlü kireçtaşları genelde siyah renkli mermerler olarak aranır. Çoğu kez beyaz, sarı, kahverengi ve kırmızı kalsit damarcıkları mermerde güzel görünüm kazandırır.

Ufak ve sık dokulu kalsit kristallerinden oluşan yoğun kireçtaşlarına "Kristalli Kireçtaşı" denilir. Bu tip mermerlerin basınç direnci  $2000 \text{ kg/cm}^2$  kadar olabilir. Kristalize kireçtaşları iyi parlatılabilen kayalardır.

Kireçtaşları içinde bantlar ve yumrular halinde sileks oluşabilir. Böyle kayalar mermer sanayiinde kesme zorlukları nedeniyle istenmez.

Türkiye'de bugün için bilinen kireçtaşı mermer yataklarından önemlilerini şöyle sıralayabiliriz :

1. Bilecik, Gülümbe (pembe) ve Söğüt (bej),
2. Adapazarı, Harmantepe (siyah),
3. Gebze, Kutluca (fosilli bej),
4. Ankara, Haymana (bej),
5. Hatay, İskenderun (siyah),
6. Hatay, Yayladağ (kırmızı),
7. Konya, Bozkır (kahve-kırmızı),
8. Milas, Güllük (bordo-kırmızı).

### 2.2.3. Traverten, oniks mermerleri ve oniks

Traverten ve oniks mermerleri kimyasal tortul kayaçlar arasında yer alırlar. Kimyasal tortul kayaçlar, içlerinde erimiş halde bulunan Ca, Na, K, Cl, Si, Fe, Mg ve B'lu maddelerin uygun koşullarda uygun yerlerde çökmesi ve katılaşması ile oluşurlar.

Traverten ve oniks mermerleri su kaynaklarından oluşurlar. Olay soğuk su ile meydana gelirse oniks mermerleri (bunlara albatr veya su mermerleri), sıcak su ile meydana gelirse travertenler meydana gelir. Traverten ve oniks mermerleri, bileşiminde erimiş halde kalsiyum bikarbonat bulunduran sulardan oluşan kayaçlardır. Bileşiminde kalsiyum bikarbonat ve karbondioksit bulunduran ılık ve basınçlı yeraltı sularının yeryüzüne çıkmasıyla basıncın kalkması, soğuması ve bileşimindeki  $CO_2$ 'in gaz haline geçerek suyu terk etmesiyle  $CaCO_3$  bileşimli katı bir madde şekillenir. Karbondioksitin kaçmasına bitkiler de yardımcı olurlar. Kalsiyum karbonat kristalleşirken gaz ve bitki çokluğu, kayacın boşluklu olmasına neden olur. Bu taşların çok delikli, hafif ve fazla miktarda bitki sap ve yaprakları ihtiva edenlerine "Kalker tufu", az boşluklu ve ağır olanlarına da "Traverten" denir. Boşluksuz, yarısaydam ve bantlı doku oluşmuş ise "Oniks mermeri (albatr)" adı verilir.

Travertenlerin üretim, işleme ve kesilmesinin kolay olması, fazla miktarda bulunması, bazılarının demir oksit ihtiva etmesi dolayısıyla sarı-pas renkli olması, bu taşların kaplama işlerinde kullanılmasını temin etmektedirler.

Dış görünüşü onikse benzediğinden "Oniks mermerleri" denilir. Ger-

çek oniks, bileşiminde  $\text{SiO}_2$  bulunan hidrotermal sulardan gelişen, kalsedon kristallerinden oluşmuş ince bantlı kayaç türüdür. Sertliği nedeni ile kesme ve parlatma zorlukları vardır.

Oniks mermerleri genellikle beyaz, kırmızı, sarı, yeşil renkte olup, yarı saydamdırlar. Işık 1-3.5 cm derinliğe geçebilir. Tek renk olduğu gibi değişik renkler gösteren bantlar tabakası, damarlar halinde de bulunabilirler. Grafit, siyah-gri rengi; mangan oksit ve hematit, kırmızı-pembe, kırmızımsı kahverengi; demir hidroksit, sarı-krem rengi verir. Oniks mermerleri, kristallerinin birbirine sıkı şekilde bağlılığından dolayı oldukça serttir. İçine karışan silikatlar sertliğini artırır. Çok iyi parlatılırlar.

Genç tektonizmanın yer aldığı kireçtaşı ve mermerce zengin bölgelerde kaynayan sular genellikle traverten ve oniks mermerlerini oluştururlar. Sıcaklığı  $29\text{ C}^{\circ}$ 'den düşük sulardan kalsit kristallenirken,  $29\text{ C}^{\circ}$  den daha sıcak sulardan aragonit kristalleri şekillenir. Kimyasal bileşimi  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  olan ince kristalli ve bantlı dokulu kayaca "Jips Albatr" adı verilir.

Türkiye'de bulunan önemli traverten yataklarını şöyle sıralayabiliriz :

1. Antalya travertenleri,
2. Bursa travertenleri,
3. Ankara Malıköy travertenleri,
4. Ankara Haymana travertenleri,
5. Çankırı Eskipazar travertenleri,
6. Sivas Sıcak Çermik travertenleri,
7. Adana Ezin travertenleri,
8. Antakya Reyhaniye travertenleri,
9. Bor travertenleri,
10. Denizli Akköy travertenleri,
11. Denizli Gödene travertenleri,
12. Manisa Nuriye Köyü beyaz travertenleri,

Türkiye'de bulunan önemli oniks mermer yataklarını da şöyle sıralayabiliriz :

1. Bilecik Söğüt oniks mermerleri,
2. Bolu Seben Oniks mermerleri,
3. Kırşehir, Avanos, Avcı, Terme oniks mermerleri,
4. Manisa Akhisar oniks mermerleri,
5. Sivas Sıcak Çermik oniks mermerleri,
6. Ankara Çubuk oniks mermerleri,
7. Denizli Sarayköy Gülemezli köyü beyaz mermer oniksi,
8. Eskişehir Yunusemre, Seyitgazi oniks mermerleri,
9. Kütahya Tavşanlı oniks mermerleri.

#### 2.2.4. Mağmatik mermerler

Mağmatik kökenli mermerlere "Mağmatik mermerler" adı verilir. Güzel görünümlü, cila kabul eden ve yeterince büyük blok sağlayabilen mağmatik kökenli kayaçlardır.

Bunların bileşiminde kuvars, hornblend ve diğer silikatlar bulunur. Bu yüzden gerek üretimleri ve gerekse mamül hale getirilip cilalanmaları oldukça zordur. Fakat dış tesirlere, diğer mermer cinslerine nazaran daha dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı mermerler arasında çok eski zamanlardan beri ayrı bir yer işgal etmektedir.

**Granit :** Mermer sanayiinde taneli doku gösteren mağmatik kayaçlar genelde "Granit" olarak adlandırılmıştır. Bileşimine giren kuvars, feldspat, mika, piroksen ve amfibol gibi kayaç yapıcı minerallerin kendine özgü karakterleri nedeniyle değişik fiziko-mekanik özellikler gösterebilirler. Örneğin amfibol ve feldspat mineralleri altere olduğu hallerde dayanımları azalır, su emmeleri artar. Kolay bozuşabilen minerallerin yanısıra sertlikleri yüksek minerallerde parlatma zorlukları çıkartırlar. Kuvars çok olduğu zaman taşın sertliği daha fazlalaşır. Kuvars düzgün kristal şeklinde görülmez, diğer kristallerin arasını doldurmuştur. Feldspatlar granit içerisinde en çok bulunan minerallerdir. Renkleri beyaz-gri, kırmızımsı-esmer veya yeşildir. Renk feldspata bağlıdır. Mika ekseriya biyotit halindedir. Biyotit ve hornblend çok olduğu zaman taşın rengi koyulaşır.

Granitler yüksek basınç direncine sahiptirler (1500-2000 kg/cm<sup>2</sup>), yapılarda taşıyıcı (sütun) ve süsleme elemanları (kaplama) olarak kullanılır. Aşınmaya karşı dayanıklı olduklarından merdiven, eşik, koridor, kaldırım gibi yerlerde fazlasıyla kullanılırlar. İşlenmeleri güçtür, fakat iyi cila kabul ederler ve bu cilaları yıllarca bozulmaz.

Türkiye'de bugün için bilinen sert taş yatakları şunlardır :

1. Balıkesir - Kapıdağ, Edremit Kozdağ,
2. Çanakkale-Ezine, Kestanbol,
3. Bursa-Gemlik, Kapaklı, Armutlu,
4. İstanbul-Gebze, Sancaktepe, Yalova-Kocadere,
5. Edirne-Lalapaşa, Demirköy,
6. İzmir-Bergama, Kozak,
7. Aydın-Ortaklar,
8. Eskişehir-Sivrihisar,
9. Yozgat-Boğazköy, Sorgun,
10. Gümüşhane-Halkent,
11. Sivas - Köseadağ,
12. Kırşehir-Kaman,

**Diyabazlar :** Diyabazlar, yarı derinlik mağmatik kayaç grubuna girerler. Mineralojik bileşimi bazik plajiyoklaslar ve olivinden oluşmuştur. Bileşiminde bulunan yeşil renkli piroksen mineralleri nedeniyle güzel yeşil renge sahiptirler. Bu renk açık yeşilden koyu siyahımsı yeşile kadar değişebilir ve koyu renkler genellikle yurt dışında mezarlık taşları için aranılırlar. Renklerinin yanısıra cila alma yeteneği ve cilasını uzun süre koruması kullanım oranını arttırmaktadır.

Yurdumuzda, Bursa-Gemlik yöresindeki Zambakkaya Diyabazı yurt içinde ve dışında aranan mağmatik mermer çeşitidir. Tokat-Çatalkaya'da koyu siyah-yeşil renkli diyabaz son senelerde piyasada yerini almıştır.

**Serpantinler :** Serpantinler, olivin ve olivinli peridot, gabro, diyabaz gibi mağma taşlarının suyun tesiri ile hidratlaşmasından oluşurlar. Bu olaya serpantinleşme denir. Serpantin rengi yeşil ve sarımsı,

kırmızı kahve ve siyahımsı olur. Çeşitli renkler dolayısı ile ekseriya lekeli, alaca görünüşlü olarak ta bulunur. Serpantinin bileşiminde ekseriyetle FeO, bazan NiO bulunur.

Sert, yoğun ve süreksizlik içermedikleri zaman iyi cila kabul ettiklerinden, süsleme ve kaplama olarak kullanılmaktadır. Ayrıca damarlı, hoş manzaralı ve tatlı yeşil renkte olduklarından mimarlar tarafından aranılırlar.

Bilecik Abbaslık serpantini Anıtkabir'de kullanılmıştır. Büyük blok vermemesine rağmen iç kaplamalar için aranan bir kayaçtır.

### 2.3. Mermerlerin Kullanım Alanları

Mermer bölgelerinde, yataklanma durumuna göre açılan üretim ocaklarından bloklar, düzgün geometrik şekillerde çıkartılmaya gayret edilir. Daha sonra bu mermer blokları fabrika ve işleme tesislerinde kesilerek levha (plaka) haline getirilir. Silme (perdah) ve cila işlemi ile parlatılarak istenilen ölçülerde kullanıma sunulur.

Mermerlerin ana kullanım alanları binaların iç ve dışı, anıtlar, heykeller ile süs ve hediyelik eşyalardır. Binaların içinde yer ve duvar döşemesinde, basamaklarda, sütunlarda, şöminelerde, mutfak ve banyolarda (özellikle hamamlarda), binaların dış cephelerinin kaplanması, bina içinde kullanılan mobilyaların birçok yerinde mermer görmek mümkündür. Süs eşyası ve hediyelik eşya olarak vazo, şekerlik, kalemlik, mürekkep hokkası, isimlik, çakmak altlığı, lamba altlığı, saat muhafazaları, kitap altlığı, satranç taşları yapımı, kültablası, abajur ve avize yapımı ile diğer bir çok süs eşyası yapımında kullanılmaktadır. Bunların dışında kimya sanayiinde de kullanım alanı vardır. Mermer kırıkları da mozaik olarak veya suni mermer yapımında kullanılarak değerlendirilmektedir.



### 3. DÜNYA MERMER PİYASASI

#### 3.1. Mermer Üretimi

Dünya mermer rezervleri konusunda kesin bir bilgi yoktur. Üretim konusunda ise benzer standartlarda bilgi bulma zorluğu vardır. Karşılaştırma yapılabilmesi açısından aynı standartlara getirilmeye çalışılan dünya mermer ve traverten üretiminin yılda 13 milyon tondan fazla olduğu anlaşılmaktadır. En önemli üretici İtalya olup, 1983 üretimi 6.3 milyon ton, 1984 üretimi ise 6.4 milyon tondur. İkinci sırada A.B.D. yer almaktadır. A.B.D. üretimin en önemli kısmını granit teşkil etmektedir. Bu ülkenin 1983 yılı üretimi 1.076.000 tondur. Daha sonra sırasıyla İspanya (942.000 ton), Yunanistan (612.000 ton) ve Türkiye (555.000 ton) gelmektedir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. 1983 Yılı Dünya Mermer ve Traverten Üretimi  
(İGEME, 1989)

ÜLKE	(Bin ton)
Kuzey Amerika	1.400
1. A.B.D.	1.076
2. Kanada	295
Güney Amerika	200
Avrupa	11.000
1. İtalya	6.300
2. İspanya	942
3. Yunanistan	612
4. Türkiye	555
5. B.Almanya	544
6. Portekiz	459
7. Yugoslavya	435
8. Belçika-lüks.	272
Afrika	300
Asya	500
1. İran	243
Okyanusya	50
TOPLAM	13.450

### 3.2. Mermer İthalatı

Dünya blok ve kesilmiş mermer ithalatı büyük boyutlarda değildir. 1983 yılında 120 milyon dolar olan dünya toplamı zaman içinde artarak 1987 yılında 210 milyon dolar olmuştur. 1987 yılı değerlerine göre yapılan sıralamada ilk sırayı İtalya, daha sonra sırasıyla Japonya, İspanya, B.Almanya ve Fransa izlemektedir. Bu ülkenin dünya toplamı içindeki payı % 59 dur (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Dünya Blok ve Kesilmiş Mermer İthalatı  
(İGEME, 1989)

	Milyon Dolar Payı (%)			
	1983	1987	1983	1987
Dünya toplamı	120	210	100	100
İtalya	21	37	18	17
Japonya	17	30	14	14
İspanya	10	27	8	12
B.Almanya	13	19	11	9
Fransa	13	16	11	7
S.Arabistan	11	10	9	5
Hollanda	3	8	3	4

Dünya blok ve kesilmiş granit ve diğer sert taşlar ithalatı, blok ve kesilmiş mermer ithalatına kıyasla daha fazladır. Her iki maddenin ithalatında benzeyen taraf ise ithalatçı ülkelerin hemen hemen aynı olmasıdır. 1983 yılında 300 milyon dolar olan dünya ithalatı toplamı, zaman içinde artarak 1987 yılında 550 milyon dolar olmuştur. 1987 yılı değerlerine göre ilk sırayı İtalya, daha sonra Japonya, B.Almanya, Fransa ve Hollanda izlemektedir. İlk 5 ülkenin dünya toplamı içindeki payı % 79'dur (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Dünya Blok ve Kesilmiş Granit ve Diğer Sert Taşlar İthalatı (İGEME, 1989)

	Milyon Dolar		Payı (%)	
	1983	1987	1983	1987
Dünya toplamı	300	550	100	100
İtalya	71	159	24	29
Japonya	87	158	29	29
B.Almanya	37	60	12	11
Fransa	27	39	9	7
Hollanda	21	18	7	3
İspanya	7	17	2	3
A.B.D.	6	16	2	3

Dünya işlenmiş mermer ithalatı 1983 yılı toplamı 1.1 milyar dolar olmuş, daha sonraki yıllarda devamlı görülen artışlarla 1987 yılında 2.1 milyar dolarlık seviyeye ulaşmıştır. 1987 yılı değerlerine göre ilk sırayı A.B.D. almaktadır. Daha sonra Japonya, B.Almanya, S.Arabistan ve Fransa izlemektedir. S.Arabistan ithalatında 1983-1987 yılları arasında yarı yarıya bir azalma olmuştur. İlk 5 ülkenin dünya toplamı içindeki payı % 62'dir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Dünya İşlenmiş Mermer İthalatı (İGEME, 1989)

	Milyon Dolar		Payı (%)	
	1983	1987	1983	1987
Dünya toplamı	1.120	2.064	100	100
A.B.D.	211	495	19	24
Japonya	85	289	8	14
B.Almanya	184	281	16	14
S.Arabistan	246	130	22	6
Fransa	65	82	6	4
İsviçre	28	78	3	4

### 3.3. Mermer ihracatı

Dünya blok ve kesilmiş mermer ihracatı son yıllarda artmış bulunmaktadır. 1983 yılında 120 milyon dolar olan toplam ihracat, 1987 yılına gelindiğinde 220 milyon dolara yükselmiştir. 1987 değerlerine göre ilk sırayı İtalya, daha sonra Portekiz, Yunanistan, İspanya, Belçika-Lüksemburg izlemektedir. İlk 5 ülkenin toplam içindeki payı % 80'dir. Türkiye altınca sırada yer almaktadır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Dünya Blok ve Kesilmiş Mermer ihracatı  
(İGEME, 1989)

	Milyon Dolar		Payı (%)	
	1983	1987	1983	1987
Dünya Toplamı	120	220	100	100
İtalya	41	119	34	54
Portekiz	13	27	11	12
Yunanistan	5	11	4	5
İspanya	4	10	3	5
Belçika-Lüksemburg	3	9	3	4
Türkiye	8	8	7	4
Fransa	4	7	3	3

Dünya blok ve kesilmiş granit ve diğer sert taşlar ihracatı devamlı olarak gelişme göstermiştir. 1983 yılında 300 milyon dolar olan dünya toplam ihracatı, 1987 yılında 550 milyon dolara yükselmiştir. 1987 yılı değerlerine göre ilk sırada Hindistan yer almaktadır. Daha sonra Güney Afrika Gümrük Birliği, Brezilya, İtalya ve Güney Kore izlemektedir. İlk 5 ülkenin dünya toplamı içindeki payı % 52 dir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Dünya Blok ve Kesilmiş Granit ve Diğer Sert Taşlar İhracatı (İGEME, 1989)

	Milyon Dolar		Payı (%)	
	1983	1987	1983	1987
Dünya toplamı	300	550	100	100
Hindistan	37	79	12	14
G.Afrika Gümrük Birliği	43	69	14	13
Brezilya	17	54	6	10
İtalya	18	42	6	8
G.Kore	20	38	7	7
Norveç	19	36	6	7
İsveç	28	32	9	6

Dünya işlenmiş mermer ihracatı devamlı bir gelişme içindedir. 1983 yılında 973 milyon dolar olan dünya toplam ihracatı, zamanla artarak 1987 yılında 1.8 milyar dolara yükselmiştir. 1987 yılı değerlerine göre ilk sırada İtalya yer almaktadır. Daha sonra bunu G.Kore, İspanya, Fransa, Portekiz izlemektedir. İlk 5 ülkenin dünya toplamı içindeki payı % 79'dur. Türkiye'nin ise dünya toplamı içindeki payı % 0.45 tir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Dünya İşlenmiş Mermer İhracatı (İGEME, 1989)

	Milyon Dolar		Payı (%)	
	1983	1987	1983	1987
Dünya Toplamı	973	1.795	100	100
İtalya	620	1.045	64	58
G.Kore	42	188	4	10
İspanya	61	74	6	4
Fransa	39	66	4	4
Portekiz	31	59	3	3
Yunanistan	32	47	3	3
Türkiye	5	8	1	0,45

## 4. TÜRKİYE MERMER PİYASASI

### 4.1. Mermer Rezervleri

Türkiye zengin ve çeşitli mermer yataklarına sahip bir ülkedir. Trakya'da İstıranca, Orta Anadolu'da Kırşehir, Kuzey Anadolu'da İlgaz ve Bolu, Batı Anadolu'da Menderes ve Kazdağ ile Doğu Anadolu'da Bitlis kristalin masiflerinin esas litolojik birliğini metamorfik şist mermerler oluşturmaktadır. Paleozoikten Miosen'e kadar geniş alan kaplayan çeşitli kalker, konglomera ve breşler mermer olarak kullanılabilme özelliğini taşırlar. Bundan başka aratektonik kırılmalarla ilgili olarak birçok traverten, kalker ve oniks mermer oluşumları da bulunur. Geniş alanlarda görülen granit, siyenit, diyabaz, gabro, serpantin ve amfibol gibi magmatik kayalardan da mermer olarak yararlanma olanakları vardır.

Türkiye'nin geniş mermer rezervleri, henüz büyük oranda ortaya çıkarılmış değildir. MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan kısıtlı araştırmalarla, Türkiye'de 2 milyar m<sup>3</sup> civarında mermer, 0.5 milyar m<sup>3</sup> traverten olduğunu göstermekteyse de halihazırda üretim yapılan bir çok yer bu toplama dahil değildir. Çünkü yeterli oranda rezerv araştırmaları yapılmamıştır. Elimizdeki bilgilere göre mermer rezervleri açısından en önemli illerimiz ve toplam rezerv miktarları şöyledir (İGEME, 1989):

Balıkesir	:	400	milyon	m <sup>3</sup>
Afyon	:	387	"	m <sup>3</sup>
Tokat	:	306	"	m <sup>3</sup>
Bursa	:	100	"	m <sup>3</sup>
Denizli	:	79	"	m <sup>3</sup>

Görülüyor ki vözellikle Balıkesir (Marmara Adası), Afyon, Tokat illerinde bilinen mermer rezervleri 1 milyar m<sup>3</sup>'ün üzerindedir.

Traverten rezervleri açısından en önemli ilimiz Tokat'tır ve bu illerdeki rezervlerin toplamı 366 milyon m<sup>3</sup>'tür. Daha sonra 49 milyon m<sup>3</sup>'le Denizli ve 20 milyon m<sup>3</sup>'le Giresun gelmektedir.

Mermer ve travertenlerde yapılan kısıtlı rezerv araştırmalarının dışında sert taşlar için (granit, serpantin vb.) çok az bir araştırma yapılmıştır.

#### 4.2. Mermer Üretimi

Türkiye'de 1983-1987 yılları arasında üretilen mermer ve oniks miktarları gözden geçirildiğinde, zaman zaman önemli dalgalanmalar görmek mümkün olmaktadır. 1986 yılındaki 101 bin tonluk aşırı düşük üretim, olağan dışı bir durumdur. 1985 yılından itibaren oniks mermer üretiminde düşme olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Türkiye'nin Blok Mermer Üretimi (İGEME, 1989)

Yıl	Üretim (Bin ton)		Toplam
	Mermer	Oniks	
1983	450	105	555
1984	465	120	585
1985	443	27	470
1986	101	22	123
1987	480	24	504
1988 a	459	25	485

1 m<sup>3</sup> = 3 ton

a: Geçici

#### 4.3. Mermer İhracatı

Oniks mermerleri ihracatı 1988 yılında, daha önceki yıllara göre yaklaşık iki kat arttığı görülmektedir. Granit ihracatında 1985 ile 1987 yıllarında bir anormallik olup, en yüksek ihracat 1983 yılında gerçekleştiği görülmektedir. İşlenmiş mermerler adı altında geçen grubun ihracatı 1985 yılından itibaren artmıştır. 1988 yılında 13.4 milyon dolarlık işlenmiş mermer (toplam içindeki payı % 62), 6,8 milyon dolarlık mermerler adı altında geçen grup (Payı % 32), 0,7 milyon dolarlık oniks (Payı % 3) ve 0.6 milyon dolarlık granit (Payı % 3) ihraç edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Türkiye'nin Mermer ihracatı (İGEME, 1989)

Mermer cinsi	Bin Dolar						Pay(%)
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
Oniks mermerleri	373	345	433	212	301	733	3
Mermerler	7.634	4.668	6.263	7.718	7.225	6.765	32
Granit vb.	777	466	13	255	1	573	3
İşlenmiş taş ve mamüller	4.662	6.485	17.229	13.073	7.913	13.429	62
Toplam	13.446	11.964	23.948	21.258	15.440	21.500	100

Türkiye'nin blok ve kesilmiş mermer ihracatı seksenli yılların ortalarına kadar Arap ülkelerine ağırlıklı, 1986 yılından itibaren Avrupa ülkelerine ağırlıklı olmuştur. 1982-1984 döneminde Libya ve S.Arabistan ilk iki sırayı paylaşırken, 1985-1988 döneminde İtalya ilk sırada yer almıştır. Son yıllarda Libya ikinci, İsrail ve B.Almanya ise üçüncü sıraları paylaşmaktadırlar (Çizelge 4.3).

Türkiye'nin işlenmiş mermer ihracatının ülkelere göre dağılımında önceleri Libya ve S.Arabistan ilk sıraları paylaşırken, 1985-1986'da İngiltere, 1987-1988'de A.B.D. ilk sırada yer almıştır. 1985 yılına kadar ihracat Arap ülkelerine yönelikken, daha sonra A.B.D ve Avrupa ülkelerine yönelmiştir (Çizelge 4.4).



Çizelge 4.3. Türkiye'nin Blok ve Kesilmiş Mermer İhracatının Ülkelere Göre Dağılımı (İGEME, 1989)

1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ülke	Ülke	Ülke	Ülke	Ülke	Ülke	Ülke
Pay (%)	Pay (%)	Pay (%)	Pay (%)	Pay (%)	Pay (%)	Pay (%)
Libya	Libya	S.Arabistan	İtalya	İtalya	İtalya	İtalya
39	29	30	27	43	52	48
S.Arabistan	S.Arabistan	Libya	Lübnan	Libya	Libya	Libya
27	25	17	23	13	15	8
Lübnan	İtalya	İtalya	Libya	B.Almanya	İsrail	İsrail
12	11	15	11	12	11	8
İtalya	Suriye	B.Almanya	Suriye	Suriye	B.Almanya	B.Almanya
6	8	12	10	4	9	8
İsveç	Lübnan	Lübnan	S.Arabistan	Lübnan	İsviçre	Tayvan
3	8	6	9	4	5	7
B.Almanya	B.Almanya	İsviçre	B.Almanya	Tunus	Lübnan	İsviçre
2	4	4	6	4	2	6

Çizelge 4.4. Türkiye'nin İşlenmiş Mermer İhracatının Ükelere Göre Dağılımı (İGEME, 1989)

1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
Ülke	Pay (%)	Ülke	Pay (%)	Ülke	Pay (%)	Ülke	Pay (%)	Ülke	Pay (%)	Ülke	Pay (%)	Ülke	Pay (%)
Libya	41	S.Arabistan	30	S.Arabistan	38	İngiltere	38	İngiltere	29	A.B.D.	30	A.B.D.	42
İngiltere	31	İngiltere	29	Kuveyt	19	Tunus	31	Ürdün	21	B.Almanya	22	B.Almanya	24
S.Arabistan	8	Libya	22	Libya	18	S.Arabistan	11	İtalya	10	İsrail	12	İngiltere	4
B.Almanya	6	Lübnan	11	İngiltere	10	Lübnan	8	İsrail	9	S.Arabistan	6	Libya	4
Kuveyt	3	İtalya	1	B.Almanya	2	Suriye	3	B.Almanya	7	Libya	6	Kıbrıs	4
Irak	2	Kuveyt	1	Danimarka	2	A.B.D.	1	A.B.D.	6	İngiltere	5	Kanada	3

## 5. ÇALIŞILAN BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ

### 5.1. Jeolojik Formasyonlar

#### 5.1.1. Tortul kayaçlar

Bölgede Tersiyere ait gölssel Neojen formasyonları görülür. Neojen altta kalın bir marn-kil-kalker ardalanması ile başlar, üstte pliosen kil, kum, çakıl ve yer yer konglomeralar gelir. Kendinden önceki kayaçlar üstünde diskordan olarak gelen Neojen formasyonları bölgede farklı litolojik birimler halinde bulunurlar. En yaşlıdan gence doğru aşağıdaki şekilde bölümlere ayrılmıştır (DSİ, 1976).

Konglomeralar ve Greler ( $n_1$ ) : Birinci ve ikinci zaman öncesi masiflerinin üzerine diskordan olarak yerleşmiş Neojen formasyonlarının taban konglomerasıdır. Fazla bir yayılıma sahip değildir. Bölgede mostra vermemişlerdir (Ek.1).

Marn-kalker-kil ( $n_2$ ) : Konglomera serisi üzerine konkordan olarak Neojen devrinin marn, kil, kalker serisi gelir. Hakim formasyonlar marndır. Yaklaşık kalınlığı 400 metre civarındadır. Aslanapa yol ayrımı, Yalnızsaray ve Çullarca köyleri arasında kalan sahada mostra vermişlerdir (Ek.1).

Kalkerler ( $n_3$ ) : Marn-kalker-kil serisinin üzerine konkordan olarak gelen kalkerler Adaköy ve Kureyşler köyünün kuzeyinde mostra vermişlerdir (Ek.1). Bu seri formasyonlar beyaz renkli, sert tabakalı, ince çatlaklı ve yer yer silisifiye olmuş durumdadırlar. Gözlenen kalınlıkları 2-20 metre arasındadır.

Plioson Serileri : Neojen serileri üzerine gelen bu formasyonlar etüt bölgesinde mostra vermişlerdir. Neojen yaşlı kalker, marn-kalker-kil serileri ile Paleozoik yaşlı şist ve mermerlerin üzerinde birikmiştir. Daha alttaki formasyonlardan kırmızı renk ve petrografik özellikleri ile ayırtlanabilen bu tabakalar, Tersiyer öncesi formasyonların aşınması ile oluşmuşlardır. Yüzeysel mostralara kalınlığı 25 metreyi geçmez. Plioson serisi yer yer kil çimentolu konglomeralar ile yer yer de kil, kum, çakıl birikintileriyle temsil olunur! Etüt bölgesinde mostra vermişlerdir (Ek.1).

Kuaterner : Alüvyonun yüzeyden itibaren kalınlığı kuzeybatıdan doğuya doğru artar ve Aslanapa ile Kusura köyü arasında maksimum 12 metreye ulaşır. Batıda Kureyşler deresinin ovaya açıldığı noktada vadi boyunca alüvyon kalınlığı 1-2 metre arasındadır. Ovaya doğru alüvyon kalınlaşır. Malzeme cinsleri çakıl, kum, silt ve kil şeklinde değişir. Aslanapa ile Kusura köyü arasında kalan geniş sahada genellikle alüvyon killeri hakimdir. Ova kapalı bir havza olması nedeniyle sel sularının ve ovaya erişen akarsuların faaliyetleri neticesinde ince tanelerin ova ortasında, iri tanelerin ova kenarında çökmesi ile oluşmuştur. Bölgede mostra vermişlerdir (Ek.1).

#### 5.1.2. Mağmatik kayaçlar

Ofiolitik seri : Serpantinler yeşilimsi renkte olup üst yüzeyleri çok çatlaklıdır, Kretasede meydana gelmişlerdir. Kureyşler köyünün güneyinde mostra vermişlerdir (Ek.1).

#### 5.1.3. Metamorfik kayaçlar

Etüt sahası Paleozoik yaşlı şist ve mermerlerden oluşmuştur. Bölgenin en eski serisi olan bu şist ve mermer formasyonları yer yer şiddetli, yer yer hafif metamorfizma geçirmişlerdir. Bu formasyonlar genel olarak kuvars ve serisit miktarları değişen, büyük kısmı serisit şist, klorit şist, mikaşist, fillat ve az miktarda kuarsit serilerinden meydana gelmiştir. İçlerine tali eleman olarak muskovit, biotit, klorit ve kalsit girer. Bölgedeki şist serileri jeosenklinaldeki saf kum-kil-marn-kalker tabakalarının rejijonal dinamik metamorfizması neticesinde oluşmuştur. Etüt bölgesinde mostra vermişlerdir (Ek.1).

#### 5.2. Yapısal Jeoloji

Bölgede Paleozoik formasyonların meydana getirdiği yüksek dağlar genel olarak doğu-batı istikametinde uzanırlar. Bu formasyonların tabakalanma istikametleri genellikle kuzeybatı-güneydoğu olup 20-55°'ye eğimlidirler. Tektonik hareketlerin sonucu olarak kırıklı ve şiddetli kıvrımlardır. Genel olarak ana temeli teşkil eden Paleozoik, yanal deformasyona maruz kalmıştır.

Bölgede geniş alanlar kaplayan Neojenin serisi kalkerler genel olarak yataydır. Yalnız dere içlerinde ve eski masiflerin kenarlarında, şist ve kristalin kalker 10-20<sup>0</sup> ye kadar eğim gösterirler. Genellikle eski ve yeni formasyonların hepsi Alpin hareketlerinden etkilenmişlerdir. Böylece düşey hareketlerle meydana gelen hafif çöküntü, havza ve çukurlardır. Tektonik ve Epirojenik hareketler neticesinde bugünkü morfolojik görünümü kazanmıştır.

Aslanapa ovasının kuzeydoğusunda KB-GD istikametinde gelişmiş bulunan örtülü fay bulunmaktadır (Ek.1).

## 6. SÜREKSİZLİKLER

### 6.1. Süreksizlik

Süreksizlikler; Mikrofissürler, fissürler, çatlaklar, yarıklar, kırıklar, faylar, tabaka yüzeyleri, foliasyon yüzeyleridir. Bu süreksizlik yüzeyleri kaya kütlesi içindeki sağlam kaya bloklarını birbirinden ayıran yapısal özelliklerdir. Bunlar, düzlemsel ve düzlemsel yakın yüzeyler vermekte ve dolayısı ile kaya kütlesinde farklı yönlerde, farklı özellikler oluşturmaktadırlar.

#### 6.1.1. Süreksizlik çeşitleri ve parametreleri

Gözle görülüp görülemeyecek kadar küçük, kıl gibi ince olan süreksizliklere "Fissür" ismi verilmektedir. Bunlardan daha küçük olan ve ancak mikroskopta görülenlere de "Mikrofissür" adı verilmektedir.

Fissür ve mikrofissürler boş, su ile ya da kil, jips, kalsit, silis, demir oksit vb. maddelerle doldurulmuş olabilirler. Bunlar ancak büyüteç ve mikroskopta dikkatle bakılırsa görülebilirler.

Her çeşit kaya kütlesi arazide çok sayıda süreksizlik yüzeyleri ile bölünmüş, irili-ufaklı, az çok geometrik şekilleri olan parçalara (bloklara) ayrılmış olarak görülür. Kırılma ile kayacın taneleri arasındaki bağlılık kopar, kırılma yüzeyleri, kayacın bloklarını gözle fark edilecek derecede birbirinden ayırırlar. İki kırılma yüzeyi arasındaki açıklık bir milimetre veya daha küçük ise kırılmaya "Çatlak" adı verilir. Açıklık veya aralık bir milimetreden daha büyük olursa, kırılma "Yarık" adını alır. Eğer kırılan parçalarda çok ufak ya da hiç bir hareket yoksa, birbirine yapışık ve sıkı ise o zaman "Kırık" adı verilmektedir.

Süreksizlik oluşumunda, kırılma yüzeyleri birbirinden bir miktar uzaklaşır, fakat aralarında gözle görülebilecek boyutta bir kayma fark edilmez, uzaklaşma yüzeylere dik yönde gelişir. Eğer kırılma yüzeyleri arasında gözle fark edilebilecek derecede bir kayma gerçekleşirse buna "Fay" adı verilir.

Süreksizlikler, tortulların çökmesinden hemen sonra, daha sıkılaştırma tamamlanmadan oluşmaya başlarlar ve daha sonraki katılaştırma, yükselme ve genellikle deformasyon safhalarında, derece derece gelişme gösterirler. Bu bakımdan, süreksizlik oluşumu için her zaman tektonik deformasyon şart değildir. Killerde kuruma çatlakları ve lavlarda soğuma çatlakları (bazaltlarda), deformasyon olmadan meydana gelen bu tip yapılarıdır.

Ayrılmamış, bozulmamış taze kayalarda süreksizlik izleri çok ince, kıl gibi görünürler. Kayaç az çok ayrışıp bozulduktan sonra ancak, süreksizlik izleri belirli, açık bir hal alır. Yeraltı sularının etkisi ile süreksizlikler genişleyerek yarıklar ve büyük boşluklar meydana getirirler. Süreksizliklerin içi, ilk oluştuğunda boştur, fakat zamanla boşluklar yabancı maddelerle dolar ve böylece çok çeşitli mineraller ve taş damarları meydana gelir.

Süreksizlikler çok zaman birbirine paralel ve gruplar halinde oluşur. Birbirine az ya da çok paralel olan süreksizliklere "Düzenli Süreksizlikler" denir. Birbirine paralel olan süreksizlik grubuna "Süreksizlik Takımı", birbirini kesen iki ya da daha fazla süreksizlik takımı da "Süreksizlik Sistemi" oluşturur. Birbirine paralel şekilde gelişmemiş kırıklara da "Düzensiz Süreksizlikler" denir.

Aynı süreksizlik takımına ait süreksizlik yüzeyleri arasında kalan uzaklığa "Süreksizlik Aralığı" denir. Süreksizlik aralığı, süreksizlikler arasındaki mesafelerin toplamının aritmetik ortalaması alınarak bulunur ve "d" ile gösterilir.

$$d = \frac{\sum di}{n}$$

d : Süreksizlik aralığı

$\sum di$  : Süreksizlikler arasındaki mesafelerin toplamı

n : Süreksizlikler arasındaki mesafelerin adedi

## 6.2. Süreksizliklerin Mermercilikteki Önemi

Mermer ocaklarının blok verme özellikleri, o ocaktaki tektoniğe bağlı olarak gelişen süreksizlik sistemiyle sınırlıdır. Özellikle ocakların süreksizlik analizlerinin yapılması, o ocakta ne tip bir ocak çalıştırılma düzenine geçilmesi gerekeceğini, hangi aşamada, ne zaman blok-mermer alınacağı, ocağın rezervlerinin ne doğrultuda gelişim göstereceği gibi, ocak sahibine uzun vadede ne gibi üretim tedbirleri alınması hususunda da büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Süreksizlikler arası mesafenin az olması yatağın değerini düşürmektedir. Mermer yataklarında süreksizlik düzlemlerinin dik veya dike yakın olması mermer-blok üretimini kolaylaştırmaktadır.

Mermer kaybının en düşük düzeyde olabilmesi için mümkün olabilen en büyük boyutta blok üretimi sözkonusudur. Çok kaliteli mermer oniksleri göz önüne alındığında  $0.50 \times 1.00 \times 1.50 \text{ m}^3$  boyut en küçük boyut kabul edilebilirse de genelde  $0.70 \times 1.00 \times 2.00 \text{ m}^3$  sayılı boyutun altına inilmemelidir.  $1.50 \times 1.50 \times 2.00 \text{ m}^3$  boyutların üzerinde üretim yapılmalı, üretilen ve taşınabilen en büyük boyutların pazara verilmesi sağlanmalıdır. Mermer bloklarının belirli bir büyüklükten daha küçük olması halinde değeri düşer. Mermer sanayiinde kullanılan mermerler büyük boyutlar halinde piyasaya sürülmektedir. Mermercilikte ilerlemiş olan memleketler küçük boyutlardaki blokları almazlar. Bununla beraber, nadir ve kıymetli mermer tipleri (bazı özel cins mermerler ve oniks mermerleri); piyasadaki istek durumuna göre, küçük boyutlarda satışa arz edilmektedir.

Üretilmesi gerekliliğini belirttiğimiz boyutlar, işletme yönteminin önce, doğa tarafından sınırlandırılmıştır. Mermer, süreksizlik düzlemlerinden kolayca ayrılarak parçalanabilir. Süreksizlik düzlemleri mermer ocağından alınabilecek en büyük mermer-blok boyutunu tayin eder. Uygulanacak işletme sistemiyle mümkün olabilen bu doğal boyutlar kazanılabilmelidir.



## 7. ARAZİ ÇALIŞMALARI

### 7.1. Sahanın Haritalanması

Çalışılan sahanın 1/2000'lik haritası yapılmıştır. Daha sonra sahada büyük yayılım gösteren şist, mermer ve alüvyonlardan oluşan jeolojik formasyonların sınırları saptanmıştır. Haritada belirli noktaların arazideki yerleri belirlenip, jeolojik formasyonları birbirinden ayıran sınırların konumlarının çizilmesine geçilmiştir.

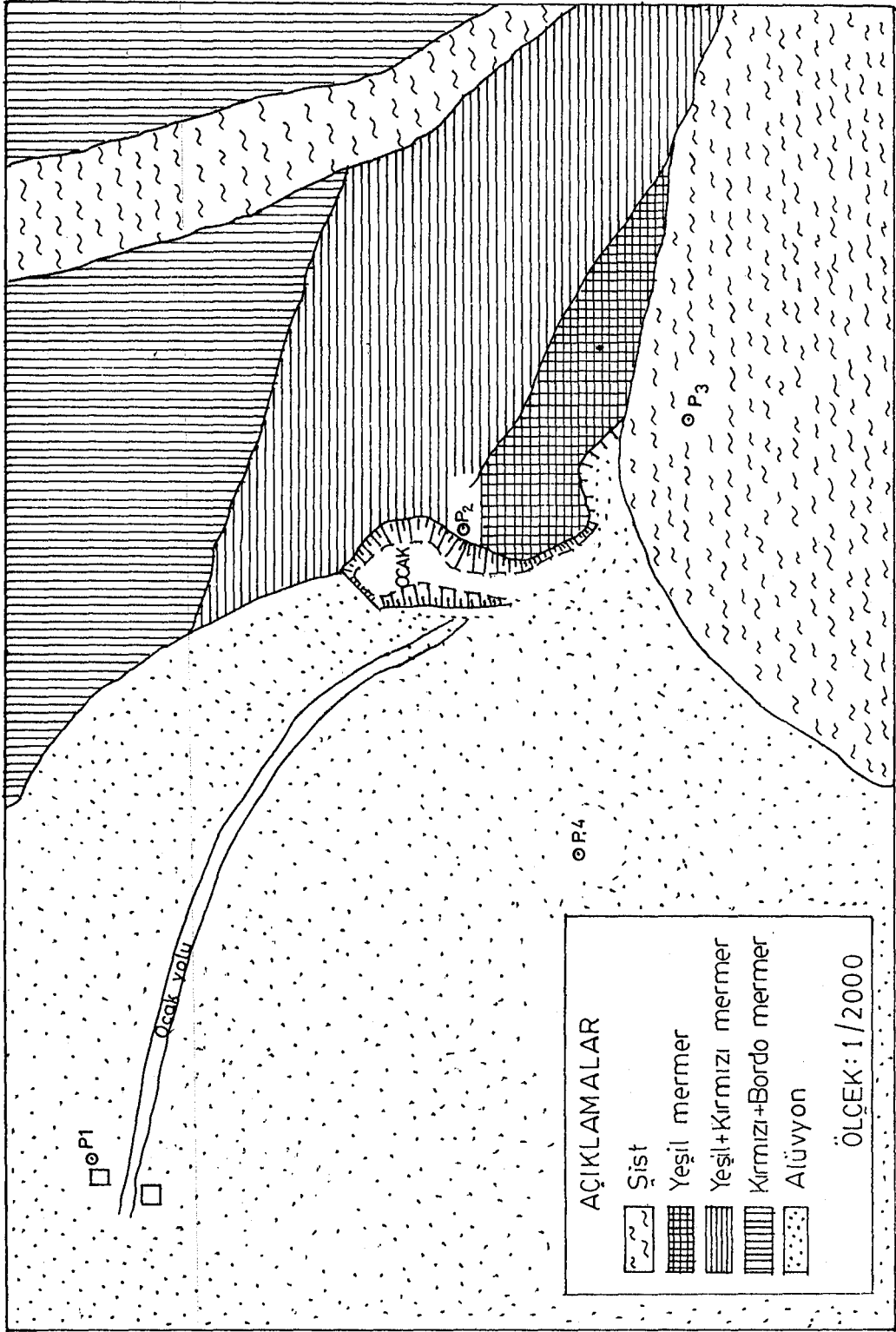
Harita ve arazide yerleri belli olan P1, P2, P3, P4 ana poligon ve bu noktalar kullanılarak yeni ana poligon nokta yerleri saptanmıştır. İki jeolojik formasyonu birbirinden ayıran sınır üzerinde bir ölçüm doğrusu tesbit edilip, bu ölçüm doğrusu üzerinde 1,2,3,4,5 gibi yardımcı poligon güzergahları oluşturulmuştur. Arazide, pusula ile ana poligon noktalarından yardımcı poligon noktalarına bakıldığında birbirini görmesi gerekir. Daha sonra ana poligon noktalarından faydalanılarak, yardımcı poligon noktalarının ölçüm işlemlerine geçilmiştir.

Arazide bir adet yardımcı poligon noktasının ölçümü için, iki adet ana poligon noktası kullanılmıştır. 1 nolu yardımcı poligon noktasını ölçmek için P1 ana poligon noktasından pusula ile 1 nolu yardımcı poligon noktası gözlenerek, P11 doğrusunun kuzeyle yaptığı açı değeri pusuladan okunarak kaydedilmiştir. Daha sonra P2 ana poligon noktasından pusula ile 1 nolu yardımcı poligon noktası gözlenerek, P21 doğrusunun kuzeyle yaptığı açı değeri pusuladan okunarak kaydedilmiştir. Poligon güzergahı üzerinde seçilen tüm yardımcı poligon noktalarının ölçüm işlemleri aynı şekilde yapılmıştır (Şekil 7.1).

Daha sonra haritada yerleri belli olan P1 ve P2 ana poligon noktalarından açı ölçer ile P11 ve P21 doğruları, arazide ölçülen açı değerleri kullanılarak harita üzerinde çizimi yapılmıştır. Bu iki doğrunun harita üzerinde kesiştikleri nokta 1 nolu yardımcı poligon noktasının yerini vermektedir. Aynı işlem tüm yardımcı poligon noktaları için uygulanmıştır. Yardımcı poligon noktaları bir eğri ile birleştirilmesiyle elde edilen poligon güzergahı bize, iki jeolojik formasyon arasındaki sınırı vermektedir.



KÜTAHYA İLİ ASLANAPA İLÇESİ GÖKDERE MEVKİİ  
MERMER SAHASININ RENK HARİTASI



Şekil 7.2. Etüt sahasının jeoloji ve mermer renkleri gösteri haritası

P2 ana poligon noktasından pusula ile GZ.1 noktası gözlenerek P2GZ.1 doğrusunun kuzeyle yaptığı açı değeri pusuladan okunarak kaydedilmiştir. Yine P3 ana poligon noktasından GZ.1 noktası gözlenerek P3GZ.1 doğrusunun kuzeyle yaptığı açı değeri pusuladan okunarak kaydedilmiştir. Daha sonra, haritada P2 ve P3 ana poligon noktalarından açı ölçerle, arazide ölçülen açı değerleri kullanılarak P2GZ.1 ve P3GZ.1 doğrularının çizimi yapılmıştır. İki doğrunun kesişme yeri GZ.1 noktasının yerini vermektedir. Aynı işlem, diğer gözlem noktaları için de kullanılarak, arazide seçilen 13 adet gözlem noktasının yerleri belirlenmiştir (Şekil 7.3).

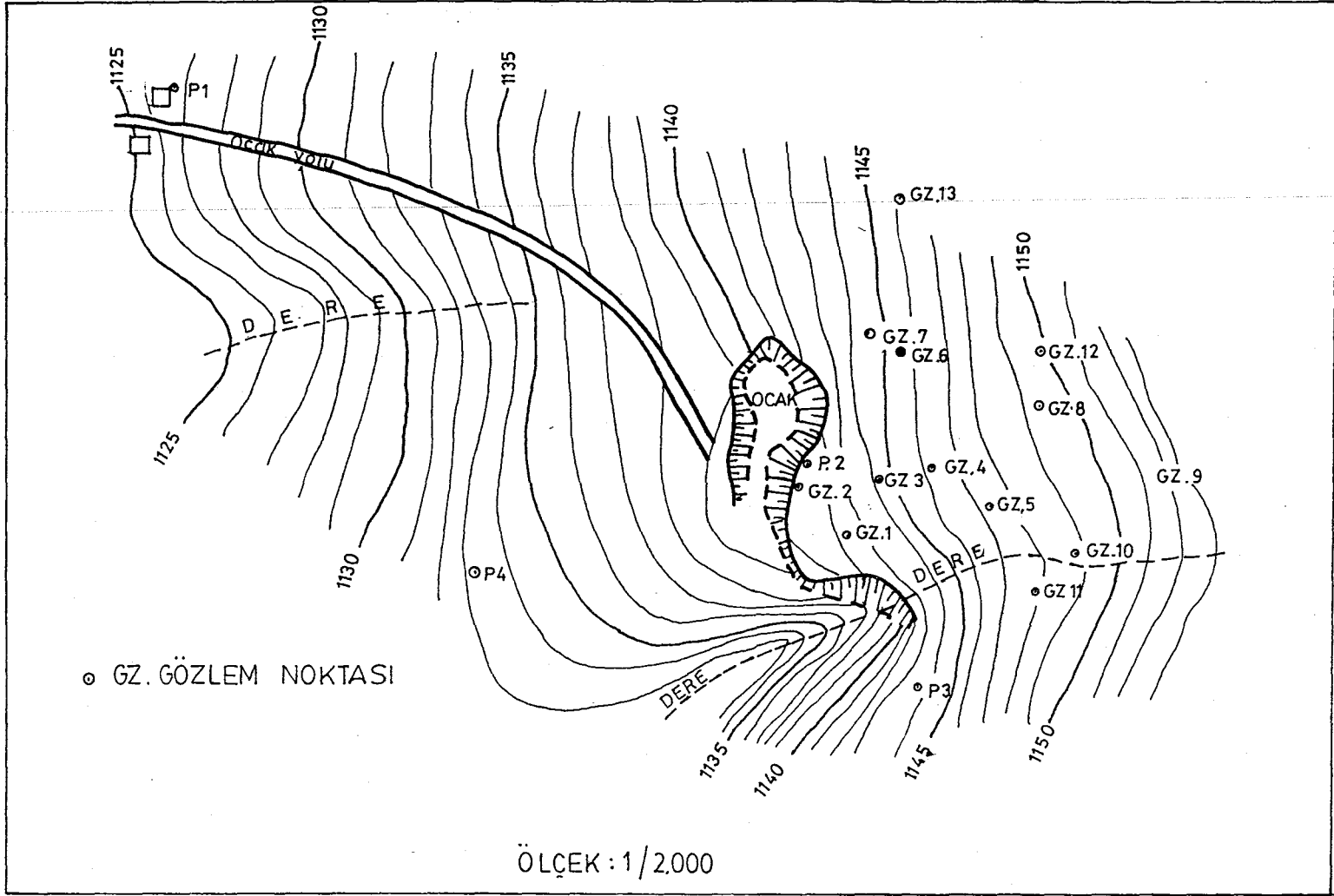
## 7.2. Süreksizliklerin Ölçümü

Sahada süreksizliklerin ölçümü için 13 adet gözlem noktası seçilmiştir. Her gözlem noktasından 100 m<sup>2</sup>'lik bir alan alınarak, bu alan içindeki süreksizliklerin konumları ölçülmüştür. Süreksizliklerin ölçümü için jeolog pusulası ve çelik şeritmetre kullanılmıştır.

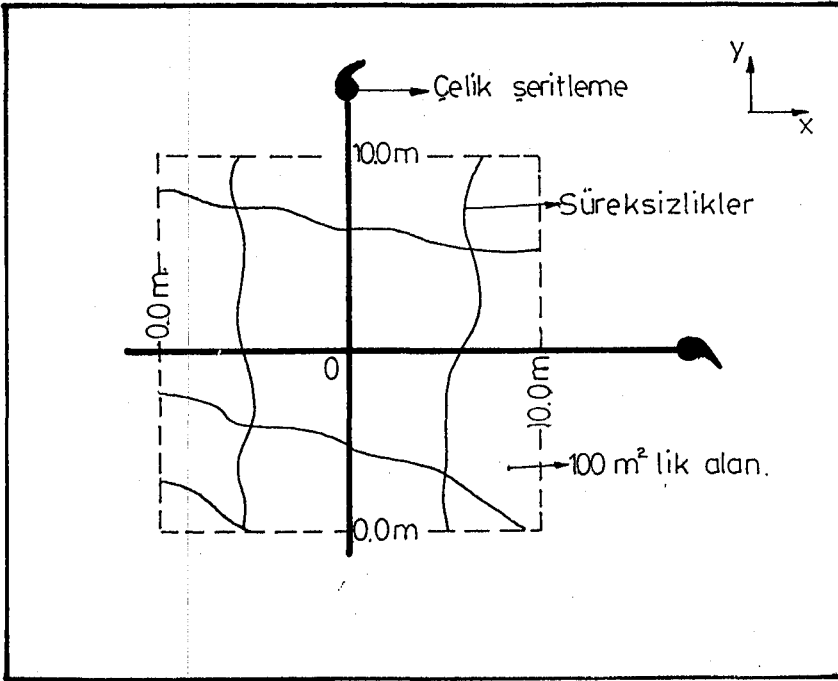
Gözlem yerinde sabit 0- merkez noktası belirlenmiştir. Çelik şeritmetre merkez noktasından geçecek şekilde herhangi bir yönde tutulmuştur. Bu yöne X yönü denilmiştir. X yönünün kuzeyle yaptığı açı değeri pusuladan okunarak kaydedilmiştir. Bu yön üzerinde, merkezin sağ ve sol tarafından 5'er metre uzunluğunda bir hat alınmıştır. Bu hattın toplam uzunluğu 10 metredir. Bu hattı kesen süreksizliklerin her birinin kesim noktalarının yerleri şeritmetre üzerinden okunarak kaydedilmiştir. Daha sonra bu hat üzerindeki süreksizliklerin her birinin eğim yönünün kuzeyle yaptığı açı ve eğim açı değerleri pusula ile ölçülerek kaydedilmiştir. Bu işlemlerin yapılması ile X yönünde alınan hat üzerindeki süreksizliklerin ölçümleri tamamlanmıştır (Şekil 7.4).

X yönüne dik ve merkezden geçecek şekilde bir Y yönü alınmıştır. Y yönünde de çelik şeritmetre tutulmuştur. Merkezin sağ ve sol tarafından 5'er metrelik olmak üzere, toplam 10 metre uzunluğunda ikinci bir hat alınmıştır. Bu hat üzerindeki süreksizliklerin ölçülmesi, X yönündeki hatta yapılan işlemin aynısı uygulanmıştır (Şekil 7.4). Böylece 100 m<sup>2</sup>'lik bir alan içindeki süreksizliklerin konumlarının ölçülmesi işlemi tamamlanmıştır. Bu işlem 13 gözlem noktasında ayrı ayrı yapılmıştır.

# ETÜT SAHASINDAKİ GÖZLEM NOKTALARINI GÖSTERİR HARİTA



Şekil 7.3. Gözlem noktaları gösteri haritası



Şekil 7.4. Süreksizliklerin ölçüm şekli

Sahada yapılan çalışmalarla elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak, süreksizliklerin  $100 \text{ m}^2$ 'lik alan içinde konumlarının çizimleri yapılmıştır (örneğin; Şekil 9.1). Bu çalışmalar ile sahanın değişik yerlerindeki blok büyüklükleri saptanmıştır.

## 8. ÇALIŞILAN SAHANIN JEOLJİSİ

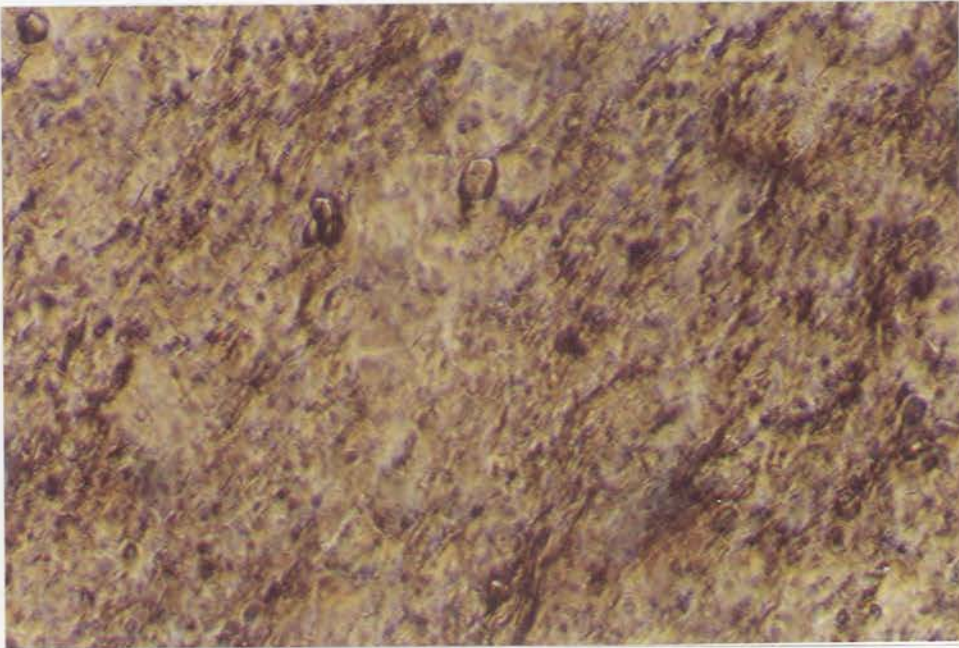
### 8.1. Şistler

Şist, düzlemsel ve çizgisel paralelliği çok iyi gelişmiş (Foliasyonu belirgin), oldukça şiddetli derecede değişikliğe uğramış ince ve orta taneli bir kayaktır. Sahada bu özelliği gösteren şistli kısımların sınırları belirlenip haritalanmıştır (Şekil 7.2).

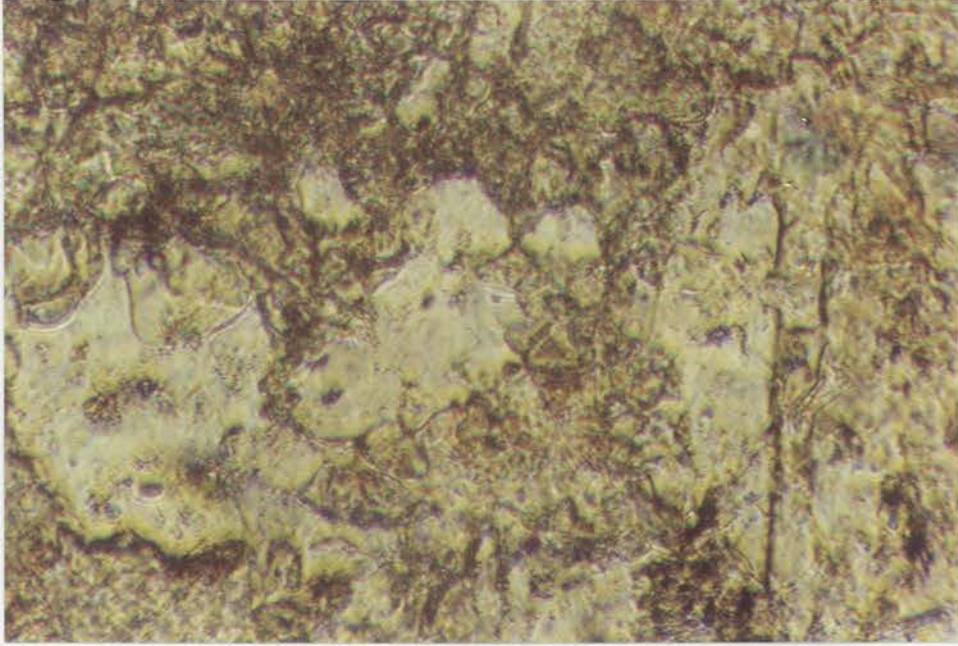
Şistler, etüt sahasında geniş bir yayılım göstermekte olup, sahanın güneyinde ve kuzey doğusunda bulunmaktadır. Etüd sahasının kuzeydoğusunda bulunan şistler, mermer yatağının ortasında 20-30 metre kalınlığında ve kuzeydoğu-kuzeybatı doğrultuda bir zon oluşturarak, mermer yatağını ikiye bölmüştür (Şekil 7.2).

Şistten alınan incekesitlerin incelenmesi polarizan araştırma mikroskobu ile yapılmıştır.

Şistte genelde kuvars hakim olup, kuvars kristallerinin boyutu 0.025 mm ile 0.125 mm arasında değişmektedir (Şekil 8.1). Bunun yanısıra 0.625 mm boyutlarında kuvars kristallerine de rastlanmıştır (Şekil 8.2).



Şekil 8.1. Şistin mikroskopta görünüşü



Şekil 8.2. Şistteki iri kristalli kuvarsın mikroskoptaki görünüşü

## 8.2. Mermerler

Etüt sahasındaki mermerler, başkalaşım sonucu oluşmuş metamorfik bir kayadır. Kayaç, iri ve orta taneli kalsit kristallerinden oluşmuştur. Mermerlerin cinslerine göre sınıflandırılmasında "Gerçek mermerler" sınıfına girmektedirler. Mermer yatağı yüzeyde bloklar halinde mostra vermiş olup, örtü tabakası yoktur. Yüzeyde mostra vermiş mermer bloklarında, gözle görülebilir derecede altere olmuş kısımlar bulunmaktadır. Yatak içerisinde yumrular halinde kuvarslı zon ve iri kristalli kalsit zonları vardır. Bu zonlar içerisinde bulunduğu mermer bloğunu değersiz hale getirmektedir.

Yataktaki mermer kütlesi, süreksizlik düzlemleri ile bloklara ayrılmıştır. Bu süreksizliklerin kalınlıkları 3 mm ile 50 mm arasında değişen yarıklar şeklinde olup, toprak dolguludur.

Sahada mermerlerin renk dağılımı homojen olmayıp yeşil, kırmızı ve bordo olmak üzere üç çeşit renkli mermer vardır. Şekil 8.3'te yeşil kırmızı bordo renkli mermerler, Şekil 8.4'de kırmızı renkli mermer, Şekil 8.5'de bordo renkli mermer



gösterilmiştir. Açılan ocak yerinde yeşil ve kırmızı renkli mermerlerin üretimi yapılmaktadır. Kırmızı renkli mermer piyasada tutulduğu için, amaç kırmızı renkli mermerin çıkartılmasıdır. Renk dağılımının homojen olmaması üretimde devamlılığı ve verimliliği düşürmektedir. Yüzeyden bakıldığı zaman kırmızı olduğu halde derine doğru yeşil renge dönüşebilmekte, bloğun yarısı kırmızı, yarısı yeşil olabilmektedir. Bunun tersinin olması da söz konusudur. Sahada yeşil, kırmızı ve bordo renkli mermerlerin yüzeysel sınırları belirlenip haritada gösterilmiştir (Şekil 7.2).



Şekil 8.3. Yeşil, kırmızı ve bordo renkli mermerler



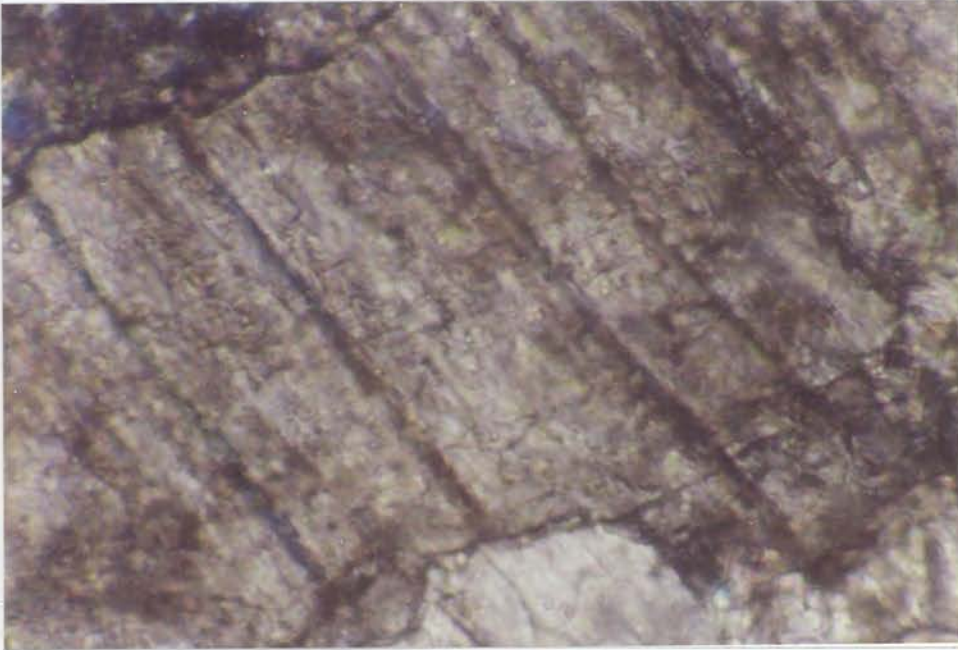
Şekil 8.4. Kırmızı renkli mermer



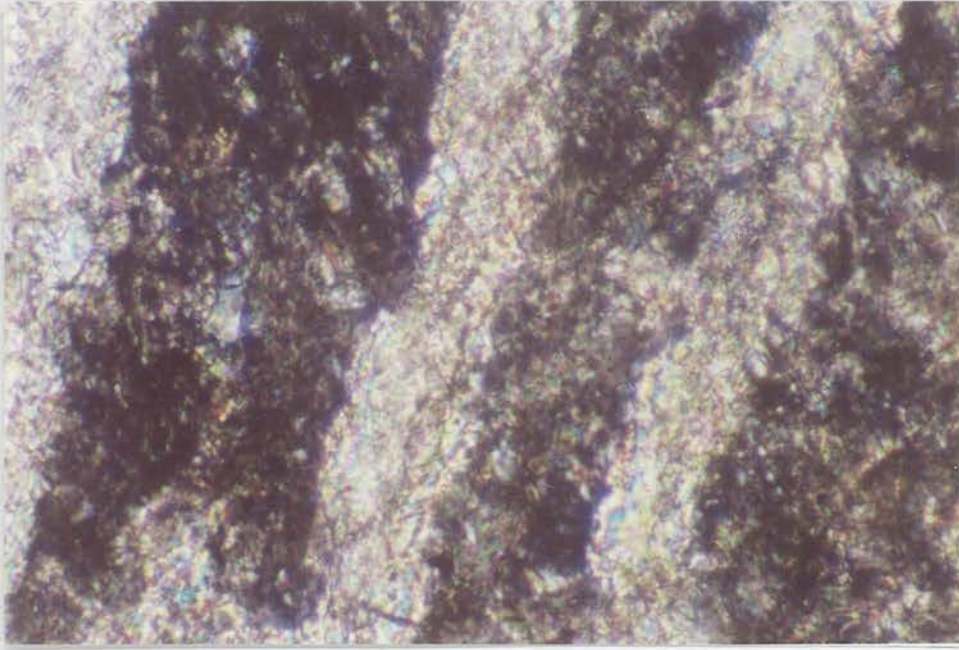
Şekil 8.5. Bordo renkli mermer

Yeşil renkli mermerlerde en küçük kalsit kristali  $0.150 \times 0.425$  mm, en büyük kalsit kristali  $0.80 \times 1.875$  mm<sup>2</sup> boyutlarındadır. Kırmızı renkli mermerlerde en küçük kalsit kristali  $0.125 \times 0.375$  mm<sup>2</sup>, en büyük kalsit kristali  $1.00 \times 2.50$  mm<sup>2</sup> boyutlarındadır. Bordo renkli mermerlerde ise en küçük kalsit kristali  $0.125 \times 0.150$  mm<sup>2</sup>, en büyük kalsit kristali  $1.25 \times 2.50$  mm<sup>2</sup> boyutlarındadır.

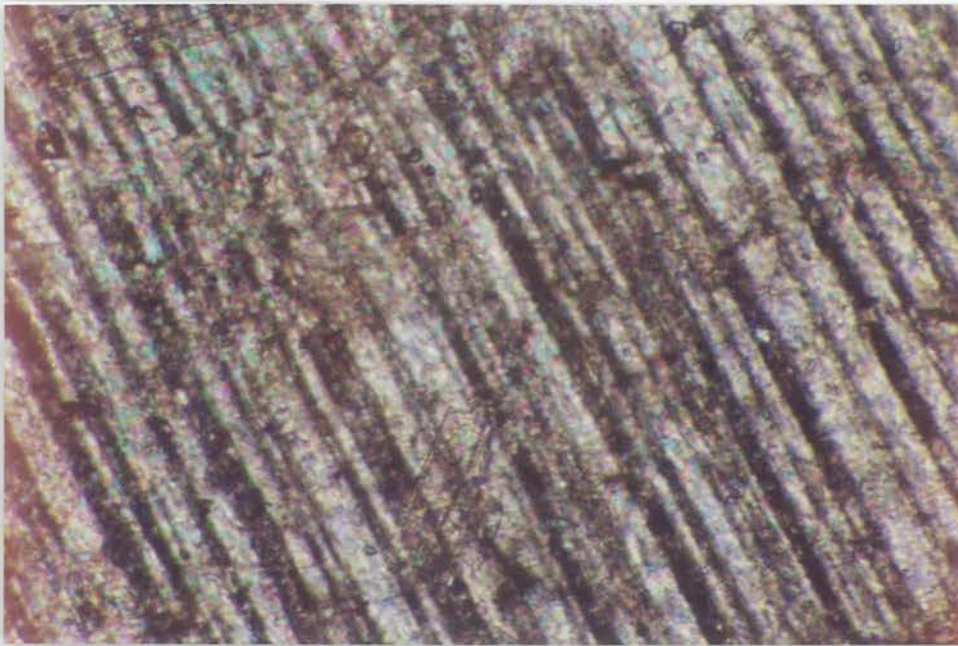
Girintili çıkıntılı dişli yapıyla kenetlenmiş kalsit kristalleri dumansı görünümlüdür. Yer yer kalsit kristallerinde dilinimlere ve çokuzlara rastlanmıştır. Mermerlerin oluşumu esnasında basınç etkisinde kalmasından dolayı kalsit kristallerinde kayma çokuzları görülmüştür. Şekil 8.6'da dilinim, çokuz ve dişli kenetlenme şekli görülmektedir. Şekil 8.7 ve 8.8 'de çokuz şekli ile 8.9'da kayma çokuzları görülmektedir.



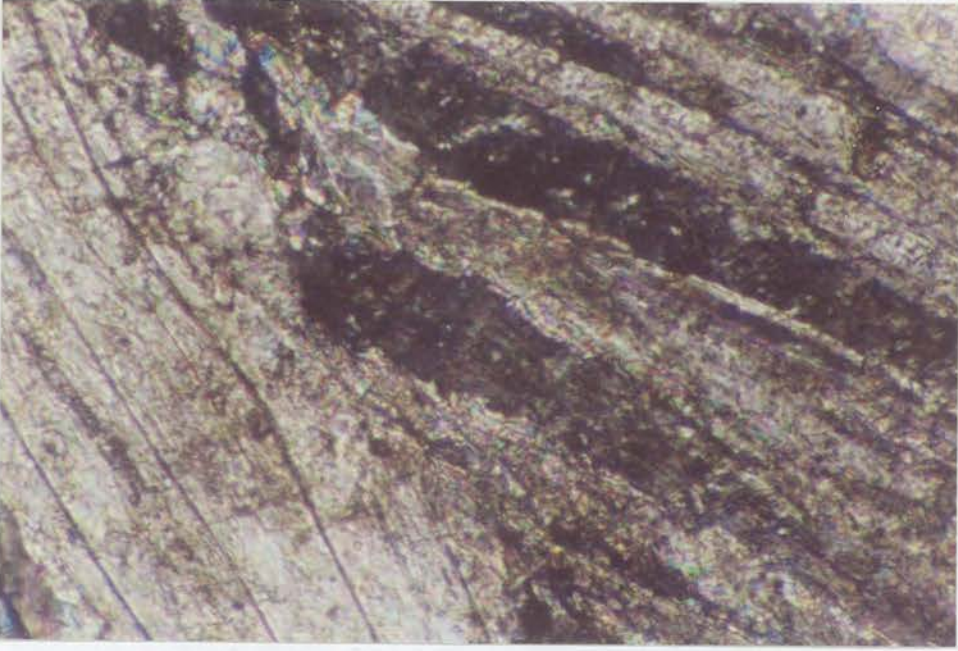
Şekil 8.6. Kalsit kristalinde dilinim, çokuzlar ve dişli kenetlenme şekli



Şekil 8.7. Kalsit kristalinde görülen çokuz şekli



Şekil 8.8. Kalsit kristalinde görülen çokuz şekli



Şekil 8.9. Kalsit kristalinde basınç etkisiyle oluşan kayma çokuzları

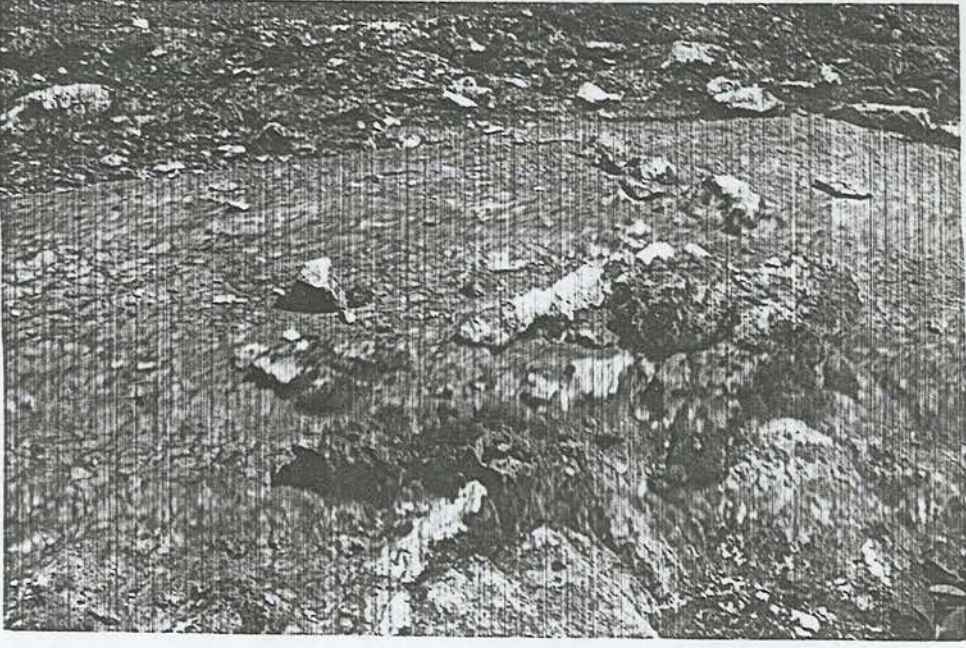
### 8.3. Kuvarslı Zon

Kuvars yatakta yumrular halinde sık ve yoğun şekilde dağılmış olup, derine indikçe azalmaktadır (Şekil 8.10). Kuvars, mermerin blok ve plaka halinde kesme işlemlerinde zorluklar çıkartmakta, bu da mermerin değerini düşürmektedir.

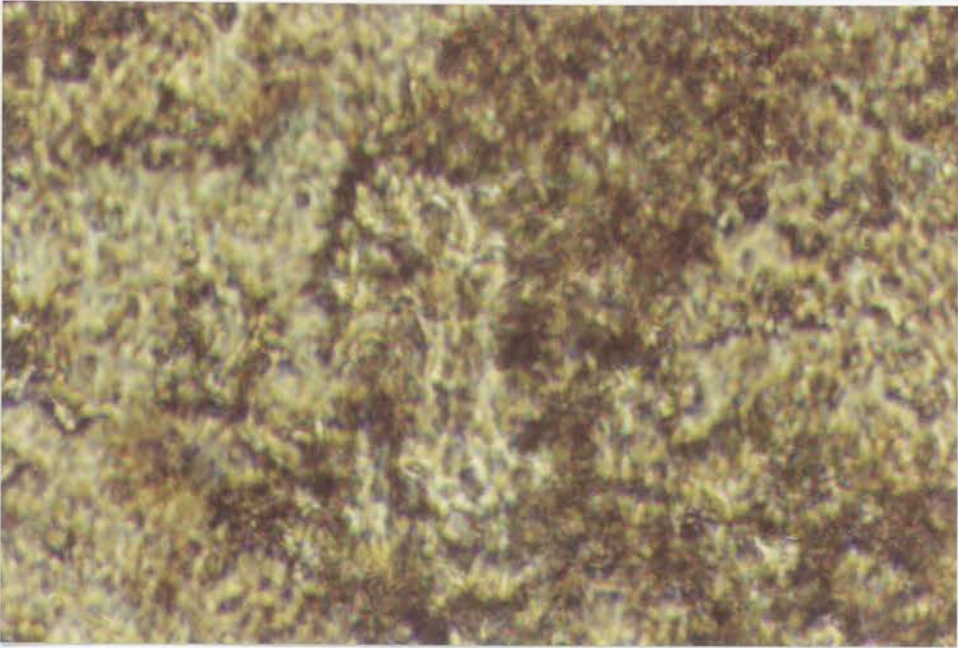
Ocak içinde görülen kuvarslı zonun kalınlığı 50-70 cm dir. Bu zonu eğim ve eğim yönü ölçülerek haritada gösterilmiştir. Eğimi  $55^{\circ}$ , eğim yönü ise  $220^{\circ}$  dir (Şekil 8.12).

İşletme sahası dışında güneydoğu-kuzeybatı doğrultulu, kalınlığı 25-35 m olan kuvarslı bir zon bulunmaktadır. Kuvars burada da yumrular halinde sık ve yoğun olarak dağılmıştır. Bu kısım etüt sahası dışında olduğu için haritada gösterilmemiştir.

Silisleşme ile gelişen kuvars kristalleri mikro boyuttadır. En küçük kuvars kristali 0.025 mm, en büyük kuvars kristali 0.25 mm boyutlarındadır. Kuvars kristallerinde irili ufaklı kümeleşme gözlenmiştir (Şekil 8.11).

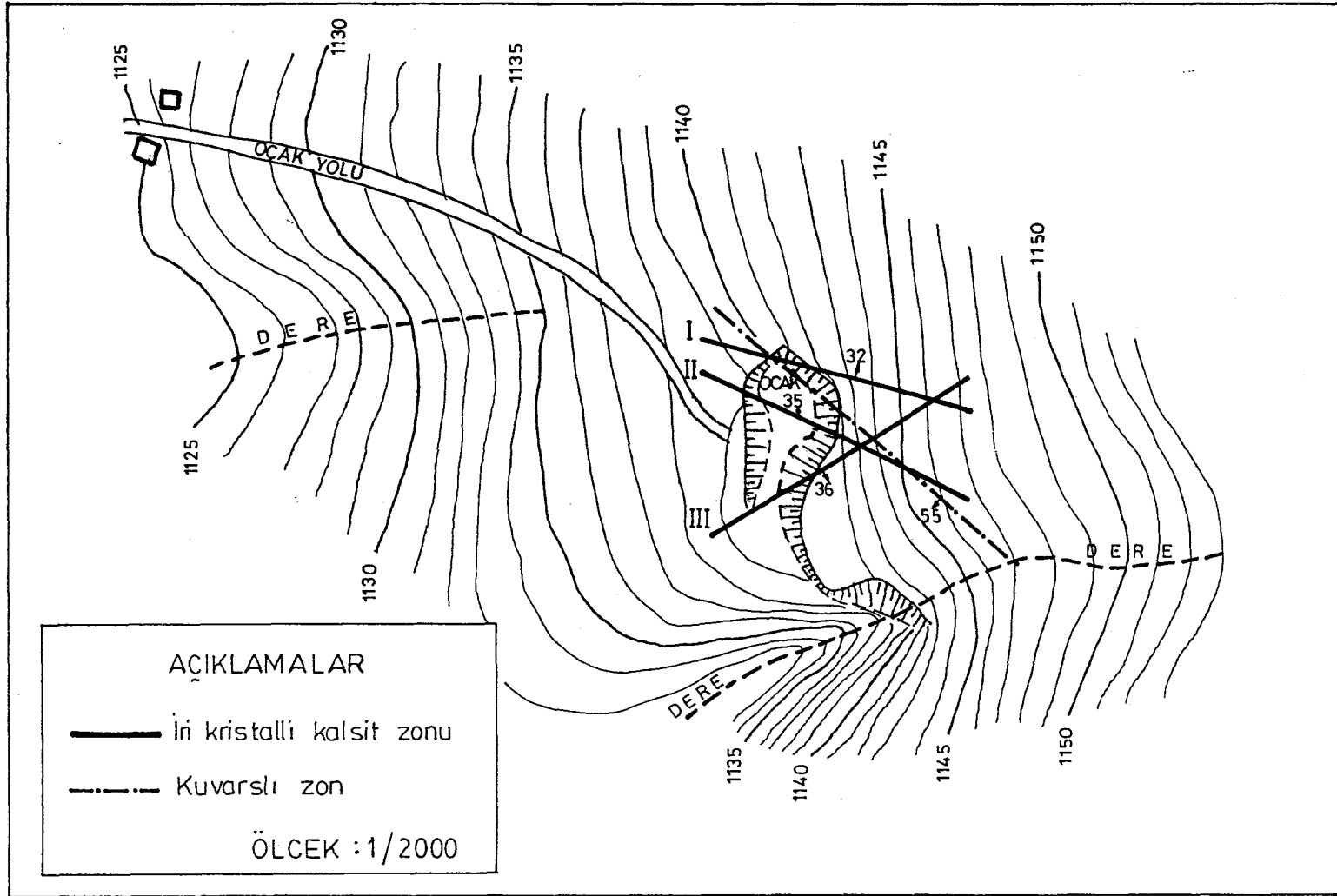


Şekil 8.10. Kuvarslı zonun mermer bloğunda görünüşü



Şekil 8.11. Kuvars kristallerinin mikroskopta görünüşü

ETÜT SAHASINDAKİ KUVARSLI VE İRİ KALSİT KRİSTALLİ ZONLARI GÖSTERİR HARİTA



Şekil 8.12. Çalışılan mermer sahasındaki kuvarslı ve iri kristalli kalsit zonlarının yerleri ve konumları

#### 8.4. İri Kristalli Kalsit Zonu

Ocakta üç adet iri kristalli kalsit damarına raslanmış olup, damar kalınlıkları yaklaşık olarak 50 cm dir. Bu damarların kalınlığı derine doğru indikçe azalmaktadır. Damar kalınlığı yüzeyde 50 cm iken, 3-4 m derinlikte 15-20 cm düştüğü görülmüştür. Bu zonların eğim ve eğim yönleri ölçülerek haritada gösterilmiştir. Bir nolu zonun eğimi  $32^{\circ}$ , eğim yönü  $15^{\circ}$  dir. İki nolu zonun eğimi  $35^{\circ}$ , eğim yönü  $26^{\circ}$  dir. Üç nolu zonun eğimi  $36^{\circ}$ , eğim yönü  $126^{\circ}$  dir (Şekil 8.12).

Bu zondaki en büyük kalsit kristalinin boyutu 7 mm olduğu görülmüştür. İri kristalli kalsitli kısma sahip olan bir mermer bloğu mermerin fayans halinde kesilmesi sırasında köşe ve kenarların düzgün kesilmemesine, yüzeylerde ise dökülmelere neden olmaktadır.

#### 8.5. Alüvyon

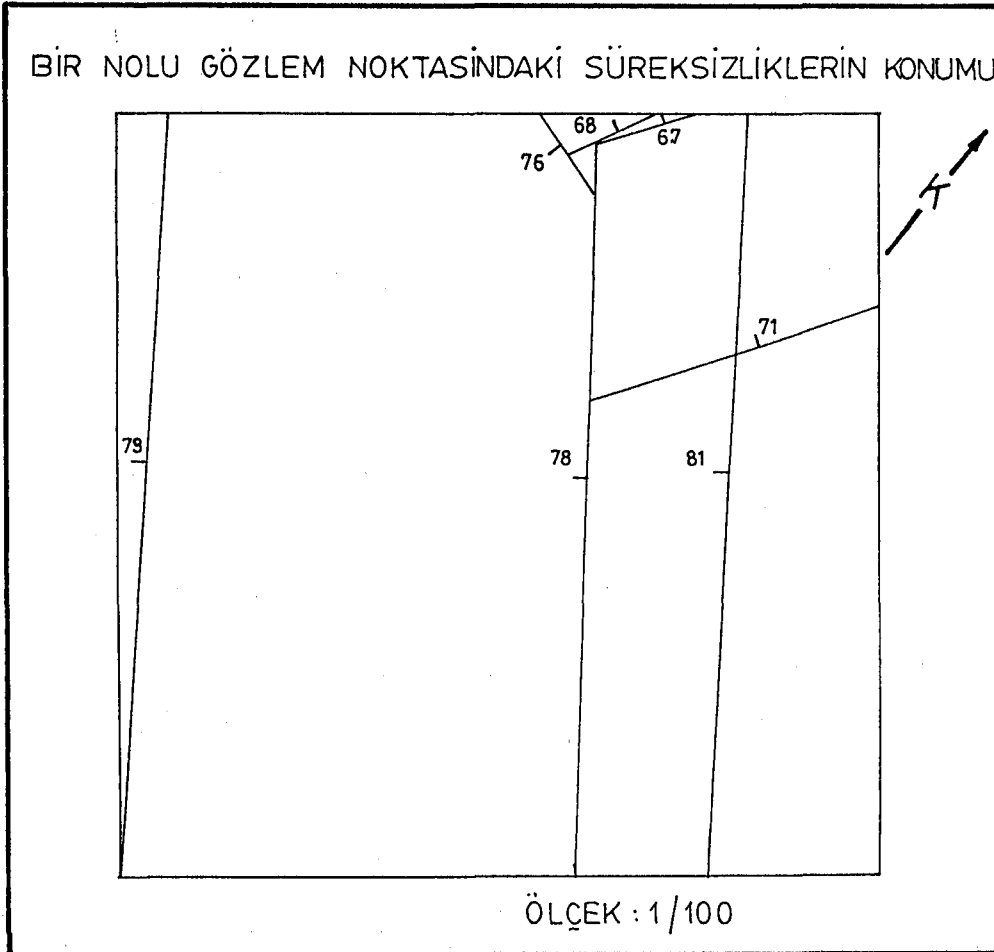
Etüd sahasında görülen alüvyonun malzeme cinsleri kil, kum ve çakıl şeklindedir. Açılan ocak yerinde alüvyonun kalınlığı 1-3 m arasında değişmekte olup, batı yöne gittikçe kalınlaşmaktadır. Sahanın bu bölümü mermer yatağı için bir örtü tabakası oluşturmaktadır. Etüd sahasında mostra vermiş olan alüvyonun sınırları belirlenip haritada gösterilmiştir (Şekil 7.2).



## 9. SAHADAKİ SÜREKSİZLİKLERİN KONUMU

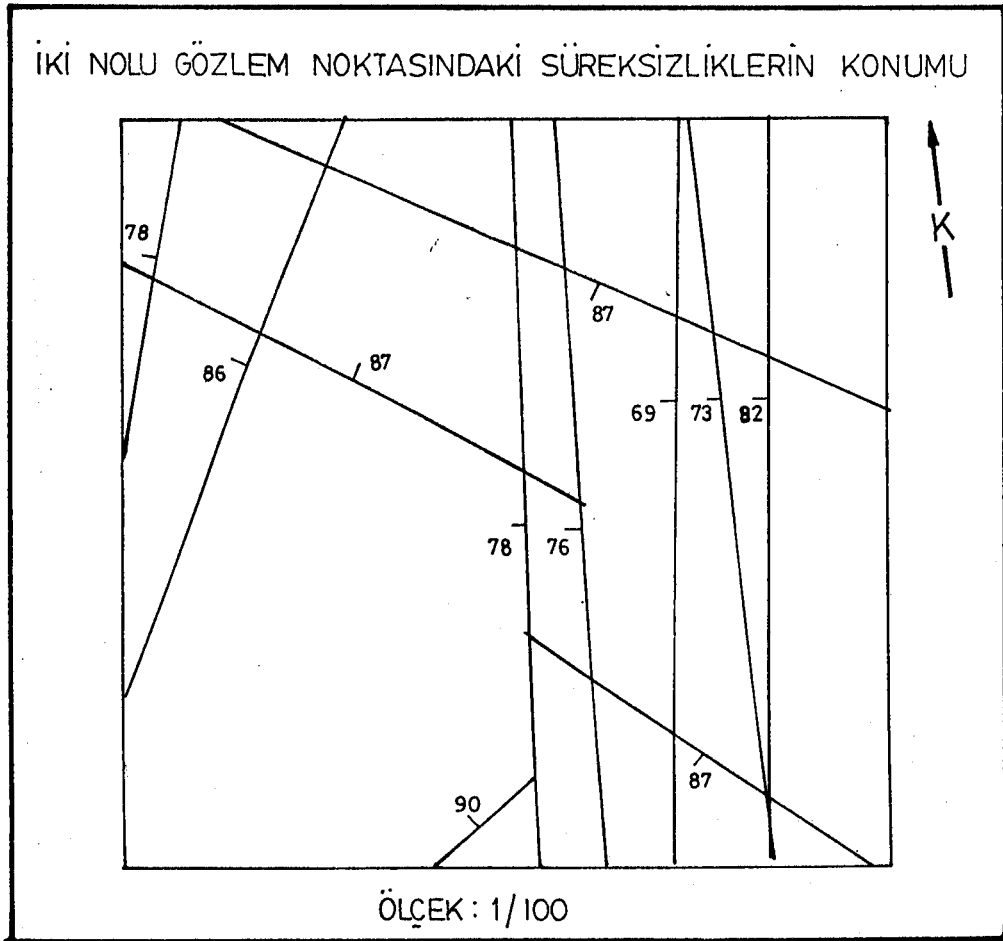
Etüd sahasında alınan gözlem noktalarındaki süreksizliklerin konumlarının ölçümleri 7.2'de açıklanan yöntemle uygun olarak yapılmıştır. Süreksizliklerin eğim yönleri, pusula ile saat yönünde kuzeyle yaptıkları açı değerleri ile belirtilmiştir.

Bir nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Büyük ebatlı bloklar, doğrultuları kuzeyle  $140-145^{\circ}$  arasında olan ve birbirine paralel şekilde oluşmuş süreksizlik takımı ile sınırlanmıştır. İkinci süreksizlik takımının doğrultusu ise kuzeyle  $200-210^{\circ}$  arasındadır. Süreksizliklerin eğim açıları  $67-81^{\circ}$  arasında olup, genelde büyük ebatlı blokları sınırlayan süreksizliklerin eğim açıları  $75^{\circ}$ 'nin üzerindedir. Kuzeyle  $48^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı 3,8 m , bu hatta dik 2. hat üzerinde süreksizlik yoktur. Bu alan içerisinde süreksizlik düzlemleri ile sınırlanmış 10-55 m<sup>2</sup> arasında alan gösteren bloklar bulunmaktadır (Şekil 9.1).



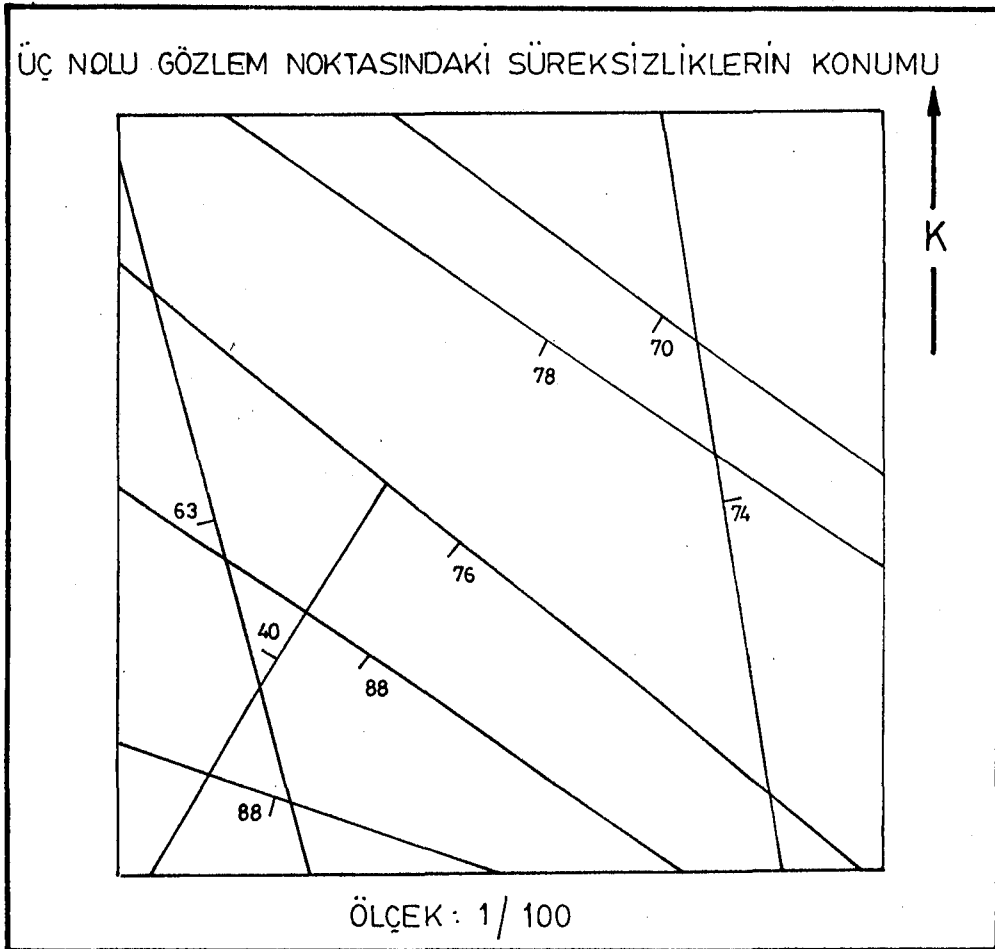
Şekil 9.1. Bir nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

İki nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Doğrultuları kuzeyle  $170-180^{\circ}$  arasında olan ve az çok birbirine paralel süreksizliklerden meydana gelen süreksizlik takımı ile bu süreksizlik takımını çeşitli doğrultu ve eğim yönlerinde kesen süreksizlikler bulunmaktadır. Doğu - batı yönünden geçen hat üzerinde süreksizlik aralığı 1.2 m, kuzey-güney yönünden geçen hat üzerinde ise 3.8 m'dir. Süreksizlikler tarafından sınırlanmış maksimum  $30 \text{ m}^2$  alan gösteren bir adet blok-mermer varsa da, genellikle  $1-8 \text{ m}^2$  arasındadır. Ekonomik boyutta bir kaç blok çıkartılabilir. Çoğunlukla bloklar küçük ebatlardadır. Süreksizliklerin eğim açıları genellikle  $75^{\circ}$  nin üzerindedir (Şekli 9.2.).



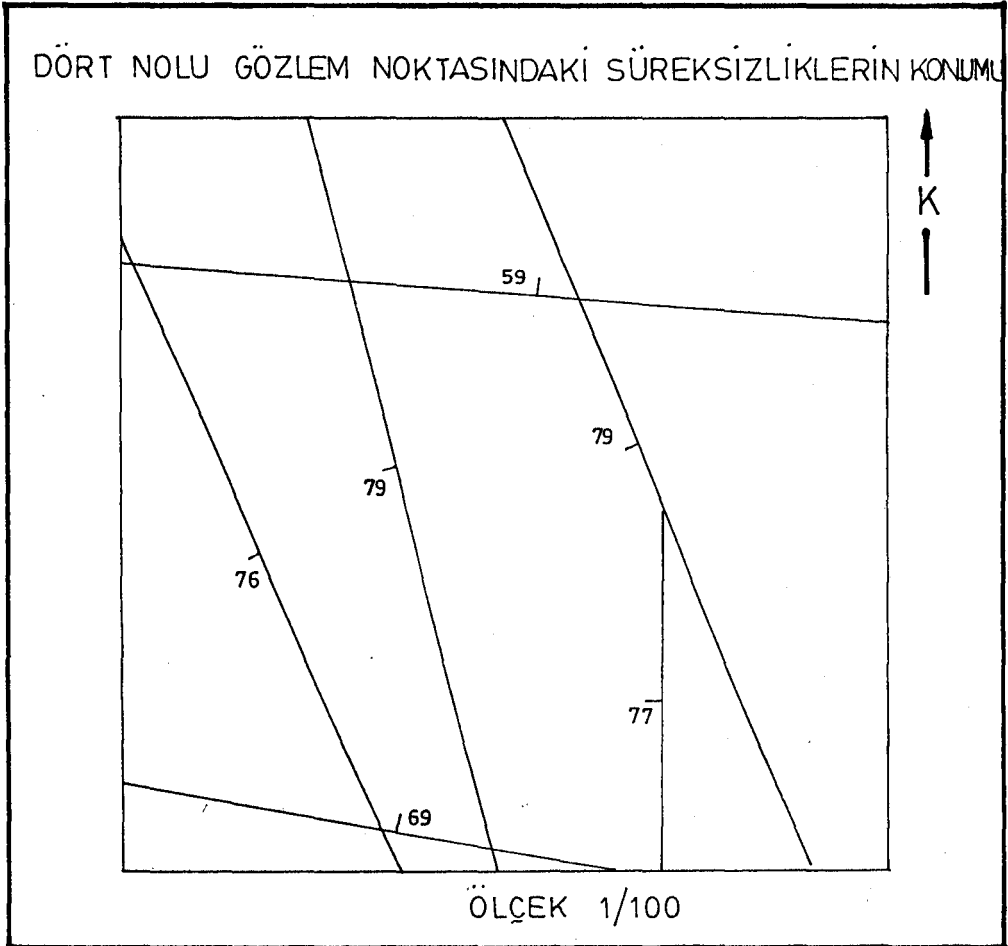
Şekil 9.2. İki nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Üç nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Doğrultuları kuzeyle  $130-135^{\circ}$  arasında ve birbirine paralel olan süreksizliklerden oluşan süreksizlik takımı ile bu süreksizlik takımını çeşitli doğrultu ve eğim yönünde kesen süreksizlikler bulunmaktadır. Kuzeyle  $95^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı 1.7 m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise 2.25 m dir. Süreksizlik düzlemleri tarafından sınırlandırılmış blokların yüzeysel alanları  $5-30 \text{ m}^2$  arasındadır. Ekonomik boyutta blok-mermer üretilebilmesi mümkündür (Şekil 9.3).



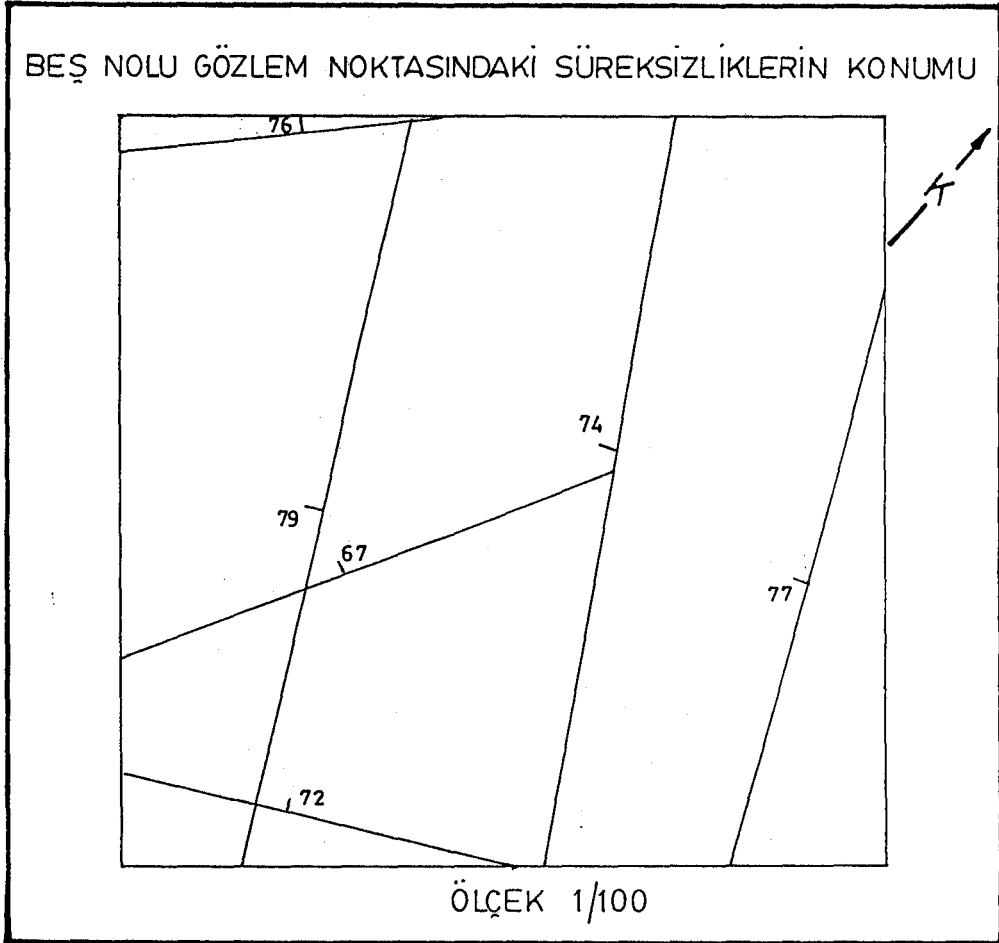
Şekil 9.3. Üç nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Dört nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Süreksizlikler, kuzeyle  $157 - 167^{\circ}$  ile  $275-281^{\circ}$  arası doğrultularda, birbirine paralel şekilde bulunmaktadır. Doğu-batı yönünden geçen hat üzerinde süreksizlik aralığı 2.75 m, kuzey-güney yönünden geçen ikinci hat üzerinde ise 4.75 m'dir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış blokların yüzeysel alanları yükiaşık aynı olup, 10-20 m<sup>2</sup> arasındadır. Süreksizliklerin eğim açıları genelde  $70^{\circ}$  nin üzerindedir (Şekil 9.4).



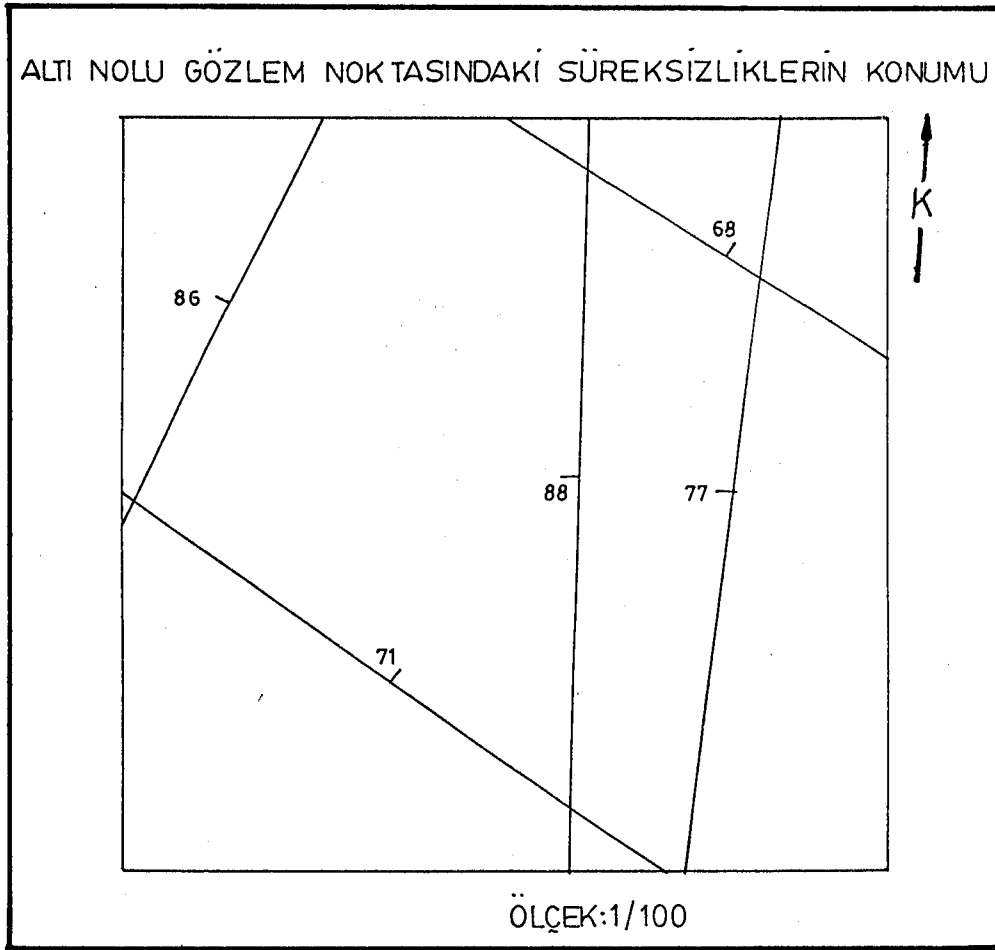
Şekil 9.4. Dört nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Beş nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Bu alan içinde 150-160° arası doğrultularda birbirine paralel olarak gelişmiş süreksizlik takımı ile bu süreksizlik takımını 210-245° arası doğrultularda kesen süreksizlikler bulunmaktadır. Süreksizliklerin eğim açıları genelde 70° nin üzerindedir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış 10-30 m<sup>2</sup> arası yüzeysel alan gösteren blok-mermer üretimi mümkündür. Kuzeyle 51° açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı 2 m, bu hatta dik ikinci hatta ise 5 m'dir (Şekil 9.5).



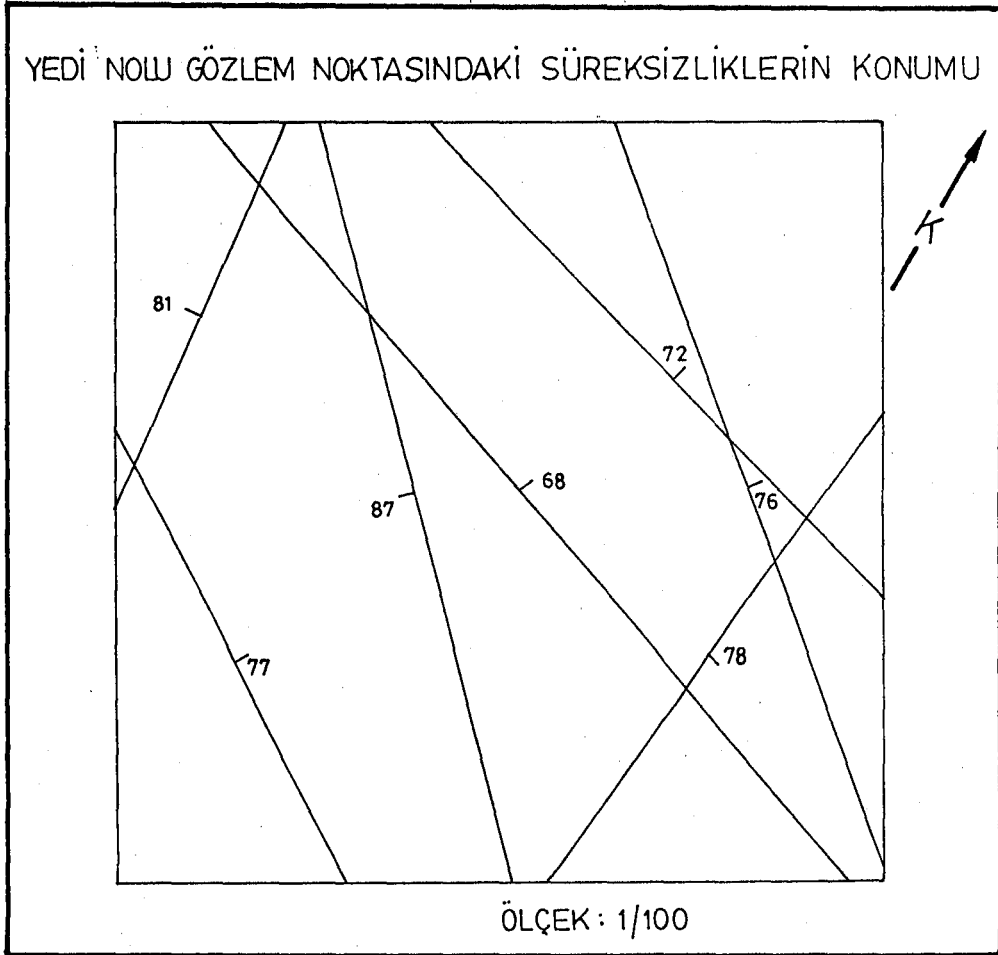
Şekil 9.5. Beş nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Altı nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Süreksizlikler genellikle, kuzeyle  $300-305^{\circ}$  ile  $180-200^{\circ}$  arası açı yapan doğrultularda gelişmiştir. Süreksizliklerin eğim açısı ise  $70^{\circ}$  nin üzerindedir. Kuzeyle  $87^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı yaklaşık 4 m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise 8 m'dir. süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış blok mermerlerin yüzeyel alanları  $15-30m^2$  arasında olup, ekonomik boyutlarda bloklar üretilebilir (Şekil 9.6).



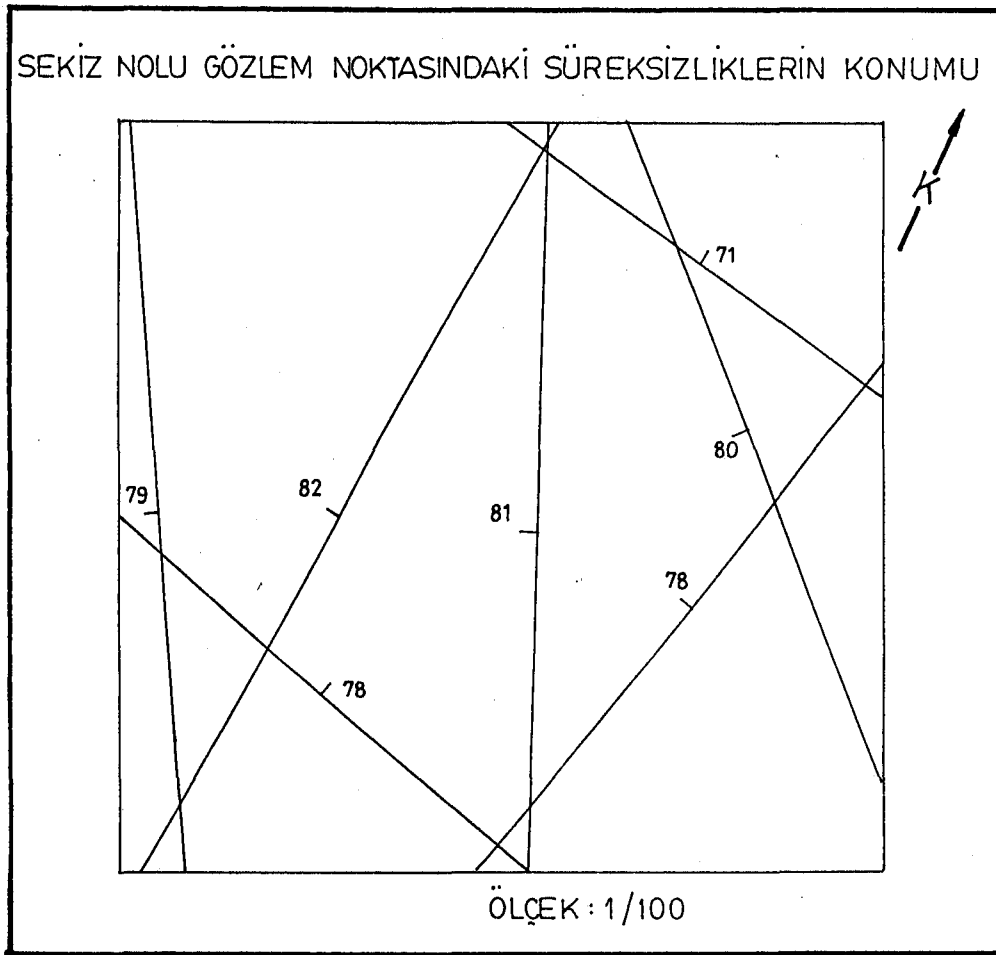
Şekil 9.6. Altı nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Yedi nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Kuzeyle  $287-303^{\circ}$  arası birbirine paralel doğrultularda gelişmiş süreksizlik takımı ile bu takım farklı doğrultu ve eğim yönlerinde kesen süreksizlikler bulunmaktadır. Süreksizliklerin genelde eğim açıları  $70^{\circ}$  nin üzerindedir. Kuzeyle  $59^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı  $1.5$  m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise  $4.4$  m'dir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlanmış mermer bloklarının çoğunun yüzeysel alanı  $9$  m<sup>2</sup> nin üzerinde olup, ekonomik olarak blok mermer üretimi mümkündür (Şekil 9.7).



Şekil 9.7. Yedi nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

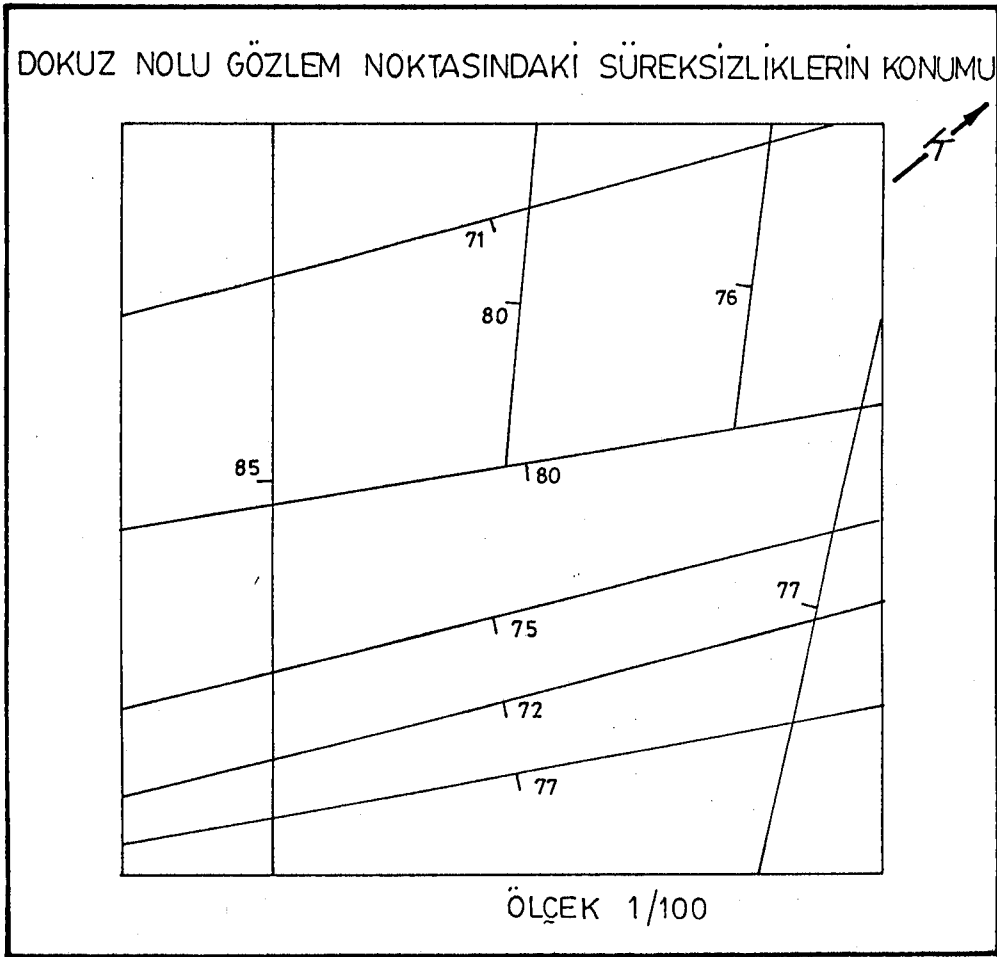
Sekiz nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Süreksizliklerin bir kısmı kuzeyle  $185-195^{\circ}$  ile  $280-290^{\circ}$  arası doğrultularda, diğer kısmı da bunları kesecek şekilde farklı doğrultularda bulunmaktadır. Süreksizliklerin eğim açıları genelde  $75^{\circ}$  nin üzerindedir. Kuzeyle  $66^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı yaklaşık 2.5 m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise 8 m'dir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış 1-3 m<sup>2</sup> arası yüzeysel alan gösteren küçük bloklar bulunsa da, genelde 10 m<sup>2</sup>'nin üzerinde mermer blokları vardır (Şekil 9.8).



Şekil 9.8. Sekiz nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

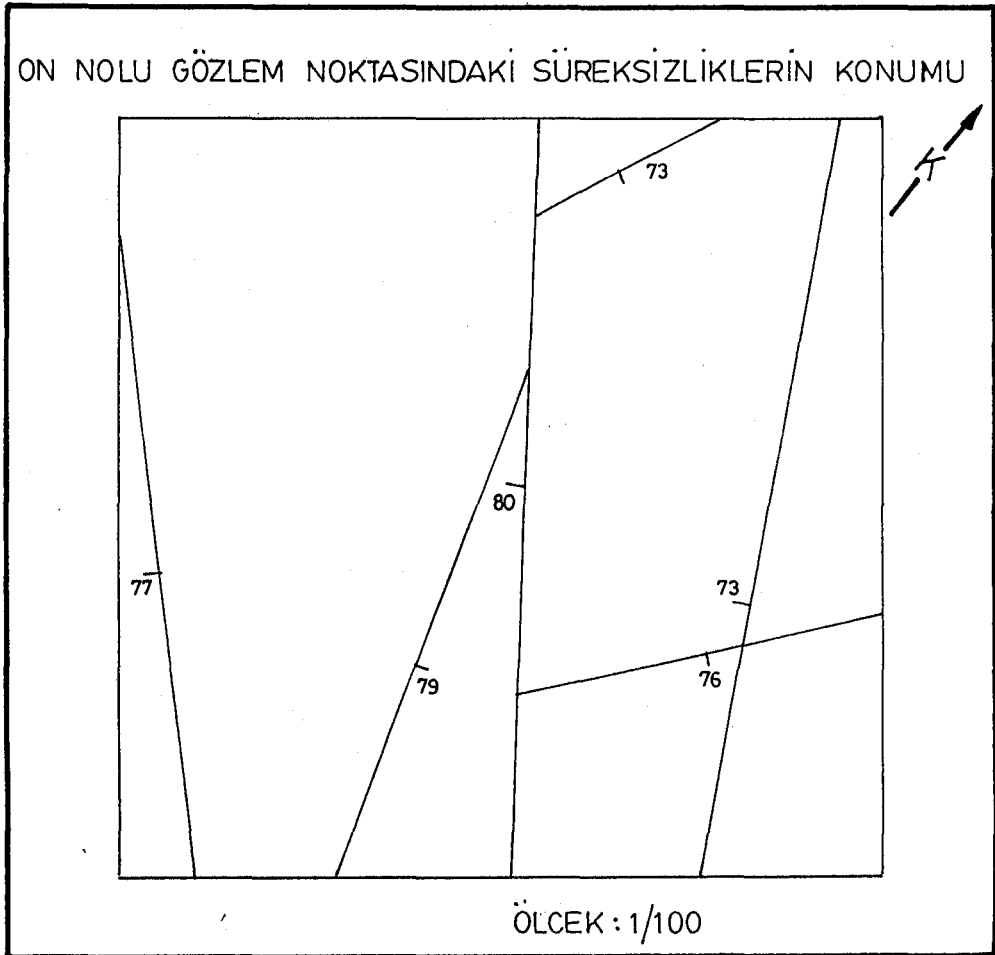


Dokuz nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : İki adet birbirine paralel şekilde gelişmiş süreksizlik takımı vardır. Süreksizlik takımlarından birisinin doğrultusu kuzeyle  $130-140^{\circ}$  arasında, diğerinin ise  $20-30^{\circ}$  arasındadır. Eğimleri genellikle  $70^{\circ}$  nin üzerindedir. Kuzeyle  $40^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı 3.75 m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise 1.9 m dir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış mermer bloklarının yüzeyel alanları  $5-10 \text{ m}^2$  arasındadır (Şekil 9.9).



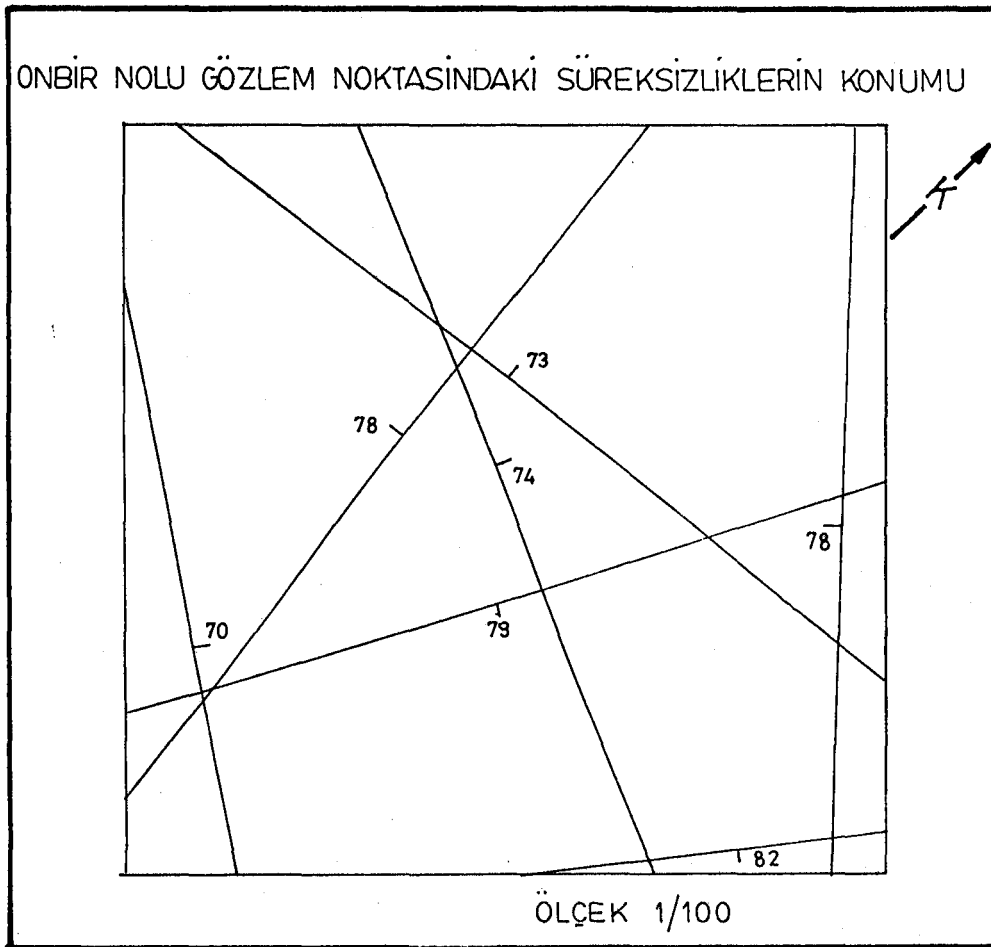
Şekil 9.9. Dokuz nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

On nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Birbirine paralel yönde bulunan bir kaç süreksizlik varsa da, genelde süreksizlikler farklı yönlerde birbirini kesecek şekilde oluşmuşlardır. Eğim açıları  $70^{\circ}$  nin üzerindedir. Kuzeyle  $50^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı 2.5m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise bir adet süreksizlik bulunmaktadır. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış mermer bloklarının yüzey alanları 10-35 m<sup>2</sup> arasındadır. Küçük boyutlarda blok bulunmamaktadır (Şekil 9.10).



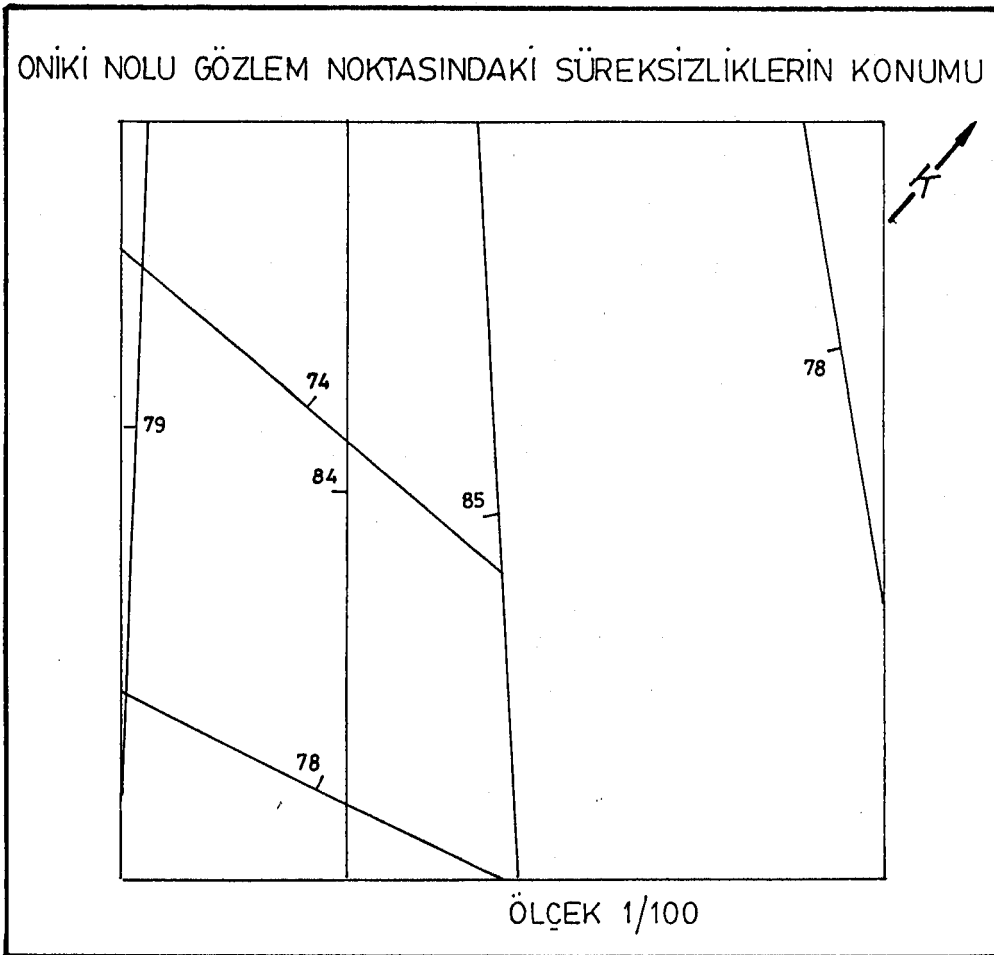
Şekil 9.10. On nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Onbir nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Süreksizlikler birbirini kesecek şekilde farklı doğrultularda ve eğim yönlerinde düzensiz bir şekilde bulunmaktadır. Eğim açıları genelde  $70^{\circ}$  nin üzerindedir. Kuzeyle  $45^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı yaklaşık olarak 2 m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise 1.9 m dir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış  $6 \text{ m}^2$  den küçük yüzeysel alan gösteren bloklar varsa da, genelde  $10\text{-}20 \text{ m}^2$  arası alanlarda blok-mermer bulunmaktadır (Şekil 9.11).



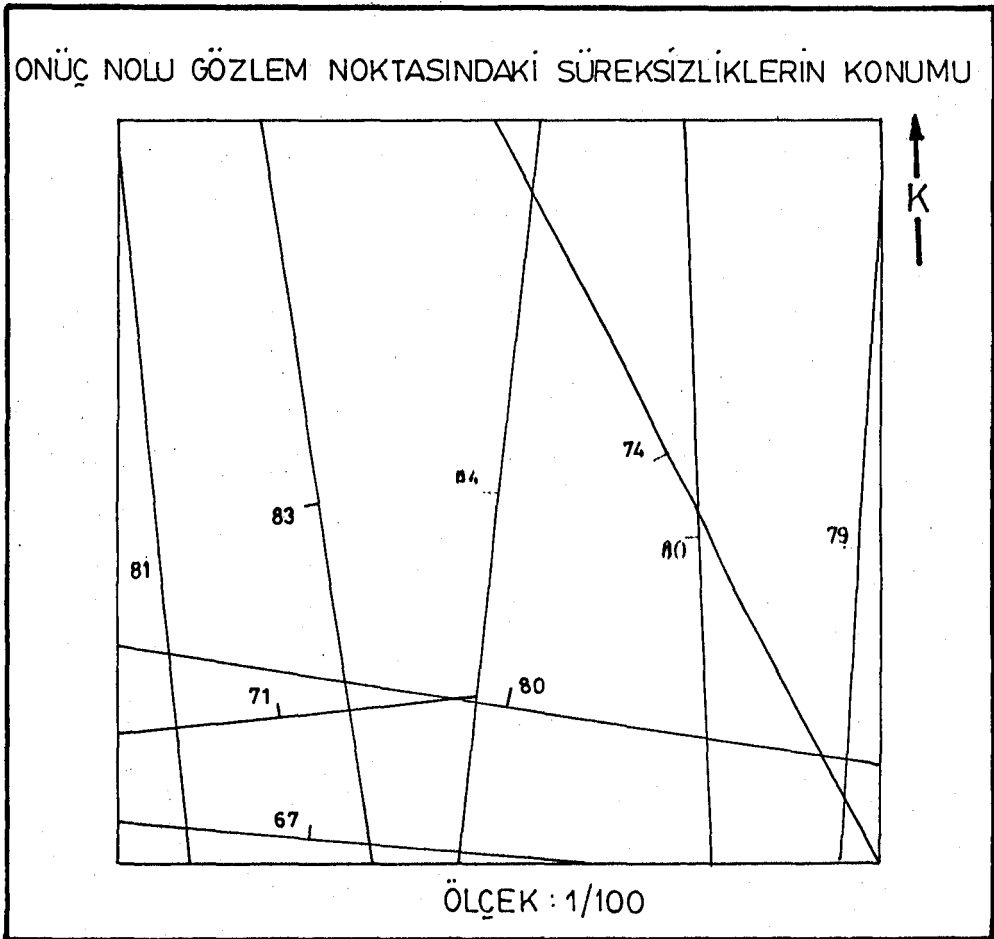
Şekil 9.11. Onbir nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Oniki nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : İki adet süreksizlik takımı bulunmaktadır. Süreksizlik takımını oluşturan süreksizlikler tam olarak paralel değilse de, az çok paralellik göstermektedir. Birinci süreksizlik takımının doğrultusu yaklaşık kuzeyle  $130-140^{\circ}$  arasında, ikinci süreksizlik takımının ise  $255-270^{\circ}$  arasındadır. Eğim açıları  $70^{\circ}$  nin üzerindedir. Kuzeyle  $49^{\circ}$  açı yapan hat üzerinde süreksizlik aralığı 2.4 m, bu hatta dik ikinci hat üzerinde ise 2.5 m dir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış en küçük blokların yüzeysel alanı  $8m^2$ , en büyük blokların ise  $45 m^2$  dir (Şekil 9.12).



Şekil 9.12. Oniki nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

Onüç nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler : Doğrultuları  $172-186^\circ$  arasında az çok paralellik gösteren süreksizlik takımı ile bunları farklı doğrultularda kesen süreksizlikler bulunmaktadır. Eğim açıları  $70^\circ$  nin üzerindedir. Doğu-batı yönünden geçen hat üzerinde, süreksizlik aralığı  $12.3$  m, kuzey-güney yönünden geçen hat üzerinde ise  $3.3$  m'dir. Süreksizlik düzlemleri ile sınırlandırılmış  $5\text{m}^2$  den küçük ve  $10\text{m}^2$  den büyük yüzeysel alan gösteren mermer blokları bulunmaktadır (Şekil 9.13).



Şekil 9.13. Onüç nolu gözlem noktasındaki süreksizlikler

## 10. SÜREKSİZLİK VERİLERİNİN GRAFİKSEL GÖSTERİMİ

### 10.1. Grafiksel Yöntem

#### 10.1.1. Geometrik terimler

Eğim açısı : Yapısal bir süreksizlik düzleminin yatayla yaptığı maksimum açı değerine eğim açısı denir. Bir düzlemin eğiminin tarifinde, düşünülebilecek en basit örneklerden birisi, yan yatmış eğik bir düzlem üzerinde bulunan bir topun hareketini gözönüne almaktır. Topun takip edeceği yol daima düzlemin yatımını veren maksimum eğim hattına karşılık gelir.

Eğim yönü : Eğim hattının yatay izdüşümünün saat yönünde ölçülen kuzeyle yaptığı açı değerine "Eğim yönü" denir.

Doğrultu : Bir eğik düzlem ile yatay bir düzlemin arakesitinin kuzeyle yaptığı açı değerine "Doğrultu" denir. Doğrultu daima eğik bir düzlemin eğim yönüne diktir. Bir düzlemin doğrultusunun pratik önemi, doğrultunun süreksizliğin tanımlanabilen izi olarak kaya kütesinin yatay düzlemi üzerinde görülebilmesidir.

#### 10.1.2. Eş-alan projeksiyonu

Schmidt eş-alan projeksiyonu, coğrafyacılar tarafından dünyanın küresel şeklinin yatay düzlem üzerinde gösterilmesi amacı ile kullanılmıştır.

Tecrübeler, jeolojik verilerin kolaylıkla gösterilmesi için küresel projeksiyonun en uygun yöntem olduğunu göstermiştir. Bu projeksiyonun esası, bir kürenin üst kutup noktasından (başucu noktasından) alt yarım küreye bakıldığında, alt yarım küredeki enlem ve boylamların ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Kürenin merkezinden geçen eğik düzlemlerin küre ile olan arakesitleri "Büyük daire (boylam)" leri, merkezden geçmeyen düzlemler ise "Küçük daire (enlem)" leri meydana getirir. Eş-alan projeksiyonunda, küre üzerindeki eşit alanların izdüşümü yine eşit kalmaktadır. Bu projeksiyon düzlemi üzerinde enlem ve boylamlar  $2^0$  aralıklarla verilmiştir.

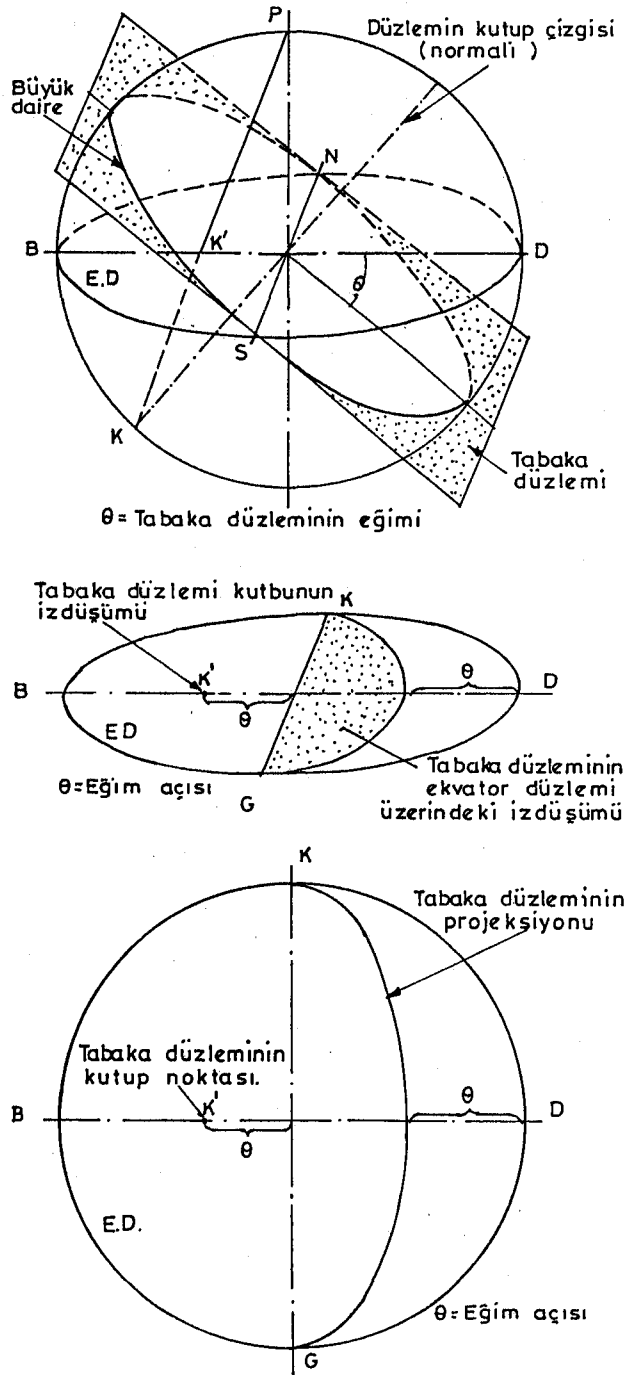
Arazide ölçülen çizgi halindeki yapısal elementlerin de, kürenin merkezinden geçerek alt yarım küreyi kestikleri kabul edilir ve ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümleri birer nokta olarak gösterilir. Küre merkezinden geçen ve alt yarım küreyi delen bütün çizgilerin izdüşümleri birer nokta olduğu gibi, düzlemler de "Kutup"ları vasıtası ile yine birer nokta olarak projeksiyon düzlemi üzerinde yer alırlar.

Bir düzlemin "Kutbu", küre merkezinde düzleme dik olan bir çizginin küre yüzeyini deldiği noktanın, kürenin üst kutbundan bakıldığında, ekvator düzlemi (projeksiyon düzlemi) üzerindeki izdüşümüdür (Şekil 10.1).

Bir düzlemi tanımlayan büyük daire ile kutbunun çizimi : Projeksiyon ağı bir tahta levha üzerine monte edilerek, merkez noktasından geçen bir eksen etrafından dönecek şekilde raptiye ile sabitlenir. Projeksiyon ağı üzerine, raptiye etrafında serbestce dönecek şekilde bir şeffaf kağıt konur. Şeffaf kağıt üzerine önce projeksiyon ağının dış dairesi çizilir ve bunun üzerine ağın merkezi ile K,G,D,B noktaları işaretlenir. Böylece projeksiyon ağı, düzlem ve çizgi halindeki istenilen yapısal elementlerin izdüşümlerini tesbit etmeye hazır bir duruma gelmiş olur.

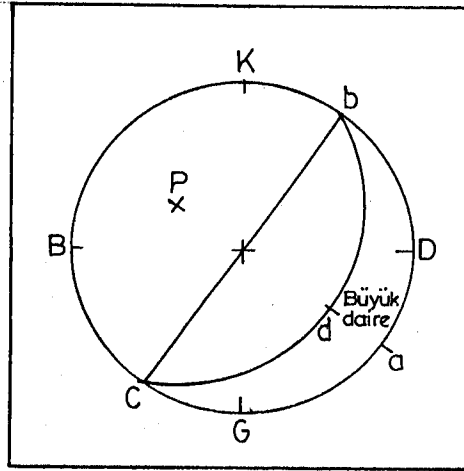
Projeksiyon ağı üzerine konan şeffaf kağıtta, dış daire üzerinde kuzeyden itibaren eğim yönü derecesi (a noktası) alınır; a- noktası projeksiyon ağı üzerindeki D-B (Doğu-batı) eksenini ile karşılaştırılır. K ve G kutup noktaları birleştirilerek bc çizgisi elde edilir. Projeksiyon ağının D noktasından itibaren D-B çapı üzerinde eğim derecesi kadar bir açı alınır ve buraya d-noktası denir. Projeksiyon ağı üzerinde bcd den geçen büyük daire çizildiğinde, bcd daire parçası, bahis konusu olan tabaka düzleminin stereografik izdüşümüdür. Projeksiyon ağının o merkezinden itibaren D-B çapı üzerinde ve batı istikametinde, eğim derecesi kadar bir açı alınarak P noktası bulunur. P noktası, bu tabaka düzleminin "kutbu"dur (Şekil 10.2).

Yukarıdaki yöntemle tüm yapısal süreksizlik düzlemlerinin kutup noktaları bulunarak kontur diyagramları çizilmiştir. Elle kutup noktalarını bulmak zor ve zaman alıcı olduğu için bilgisayarla yapılmıştır.



Şekil 10.1. Stereografik projeksiyonda eğik bir tabaka düzleminin kutup çizgisi ve kutup noktasının ( $K'$ ) çizimi





Şekil 10.2. Bir tabaka düzleminin projeksiyon ağına çizimi ve kutup noktalarının bulunması

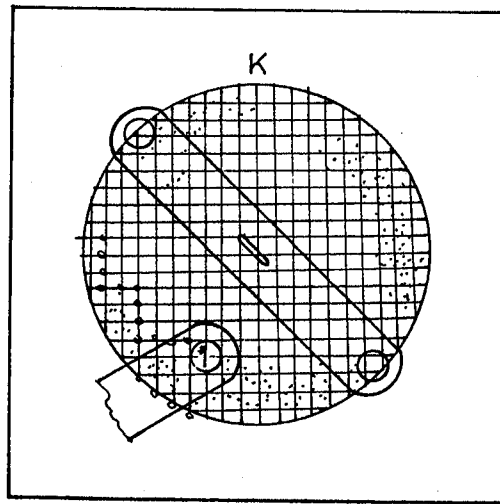
Kontur diyagramları : Eğim ve eğim yönlerinin arazide gözlenen değerlerini stereografik-net üzerinde işaretlerken, gözlem sayısı 10'dan fazla olursa, büyük dairelerin çizimi çok karışık olur. Bu nedenle, büyük daireler yerine kutupları ile çalışmak daha uygundur. Kontur diyagramları, yapısal süreksizlik takımlarının tercih edilen yönlerini tesbit etmek için çizilmektedir.

Konturlar, genellikle projeksiyon ağı üzerinde 1/100 alan birimi üzerine rastlayan ölçü sayısının bilinmesi esasına göre çizilir. Kullanılan projeksiyon ağının çapı 20 cm olduğu için, 2 cm çapı olan daire şeklindeki bir "Nokta sayıcının" yüz ölçümü projeksiyon alanının yüzünde birine eşittir.

Santimetre karelere (1 cm<sup>2</sup>) bölünmüş olan bir taksimat kağıdı üzerine kutupların işaretlendiği çizim kağıdı yerleştirilir (1 cm boşluk diyagramda 20 cm'yi göstermektedir). Sayıcının ucundaki deliklerden birisi taksimat kesimiyle çakıştırılarak daire içinde kalan kutuplar sayılır ve bu sayı taksimat kesimine yazılır. Sayıcı daire bundan sonra diğer taksimat noktalarına kaydırılır ve sayma işlemine devam edilir. Kutuplar diyagramın çevresine çok yakın oldukları zaman sayıcı, ortasındaki delikle diyagramın merkezine tesbit edilir ve her iki taraftaki daireler içinde olan kutuplar sayılır(Şekil 10.3). İki dairedeki

toplam kutup sayısı her iki kesim noktasına yazılır. Sayma işlemleri tamamlanıp tüm kesim noktalarındaki sayılar yazıldıktan sonra, aynı sayının yazılı olduğu noktalar bir eğri ile çizilir. Eğri değeri, kesim noktalarında kutup sayısının, diyagram üzerindeki toplam kutup sayısına bölmekle elde edilir. Önemli kümeleşmelerin çabuk tesbit edilmesi amacıyla, eğri aralıkları taranır. Genellikle küçük değerleri ifade eden alanları açık renkle, yüksek değerleri gösteren alanlar ise koyu renkle taranır.

Kontur diyagramlarının elle çizimi zor ve zaman alıcı olduğu için bilgisayarla yapılmıştır.



Şekil 10.3. Nokta diyagramının kareli kağıt üzerinde birim alana düşen noktaların "Sayıcı" ile sayılması

### 10.1.3. Gül diyagramları

Kırık sistemleri, özellikle süreksizlikler değişik yönlerde ve çok sayıda meydana geldikleri için, deformasyona uğramış belirli bir bölgede süreksizlik doğrultularının ve eğim açılarının en çok hangi yönde gelişmiş olduklarını açıklamak ve bu yönlerin diğer tektonik unsurlarla olan geometrik-mekanik ilişkilerinin ne durumda bulduklarını incelemek amacı ile "Gül diyagramları" hazırlanır.

Diyagramlar, onar dereceye bölünmüş daireler ve yarı daireler üzerinde yapılır. Ayrıca dairelerin yarıçapı eşit uzunlukta 5 ila 10 parçaya bölünür, bunlara istenilen değerler verilir ve parçalar yarıçap olmak üzere, iç içe daireler çizilir. Dış daire kenarındaki dereceler doğrultu ve eğim yönlerini veya eğim derecelerinin gösterilmesinde, yarıçap üzerindeki bölümler veya iç daireler ise, her on derecelik bölümlerde tesbit edilmiş bulunan doğrultu, eğim veya derece sayılarının işaretlenmesinde kullanılır.

### 10.2. Bilgisayar Programı

Spot : "Spot" stereografik projeksiyon kullanımı için yazılmış bir bilgisayar programıdır. Bilindiği gibi yönlü ölçümler ve bu ölçümlerle yapılan analizlerin sayısının çok olması analiz süresini oldukça uzatmaktadır. Bu program yardımı ile süre son derece kısalmaktadır.

Spot normal kişisel bilgisayarlarda çalışmaktadır. Verilerin yüklenmesi yine "Spot" içinde bulunan "Spoted" adındaki ikinci program yardımı ile gerçekleşmektedir. Spoted düzlemsel bölge veya düzlemsel azimut türü verileri yükleyecek şekilde oluşturulmuştur. Bu çalışmada düzlemsel azimut türü veriler kullanılmıştır.

Verilerin yüklenmesinden sonra program çalıştırılarak ekranda kutup noktalarının görülmesi sağlanmıştır. Belli aralık seçilerek kutupların kontrol edilmesi ve kutupların yoğunlaştığı yerlerin iyi gözlenmesi mümkün olmuştur. Daha sonra istatistiksel analize girilerek doğrultuların analizleri yapılarak gül diyagramları elde edilmiştir. Burada verilerin aritmetik ortalaması ve standart sapmaları bulunmuştur. Aynı işlem eğimler için de yapılarak gül diyagramları elde edilmiştir. Tüm bu veriler kağıda bilgisayar çıktısı olarak alınmıştır.

### 10.3. Verilerin Analizi

Arazide ölçülen 92 adet süreksizlik düzleminin doğrultu ve eğim açı değerleri çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 10.1). Bu değerler kullanılarak 92 adet süreksizlik düzleminin projeksiyon düzlemi üzerinde kutup noktaları bulunmuştur (Şekil 10.4). Her kutup noktası bir süreksizlik

sizlik düzleminin doğrultu ve eğim açısını belirtmektedir. Elde edilen kutup noktalarının kontur diyagramları çizilmiştir. Kutup noktalarının yoğun olduğu bölgeler daha koyu, az olan bölgeler ise açık olarak taranmıştır (Şekil 10.5). Kontur diyagramları, süreksizliklerin hangi yönlerde daha yoğun olarak bulduklarını tesbit etmede büyük kolaylık sağlamaktadır. Bunun için kutup noktalarının gül diyagramları yapılmıştır (Şekli 10.6). Süreksizliklerin yoğun olduğu açı değerlerini açıklamak için de, eğim derecelerinin gül diyagramları yapılmıştır (Şekil 10.7).

#### Çizelge 10.1. Süreksizliklerin Doğrultu ve Eğim Açı Değerleri

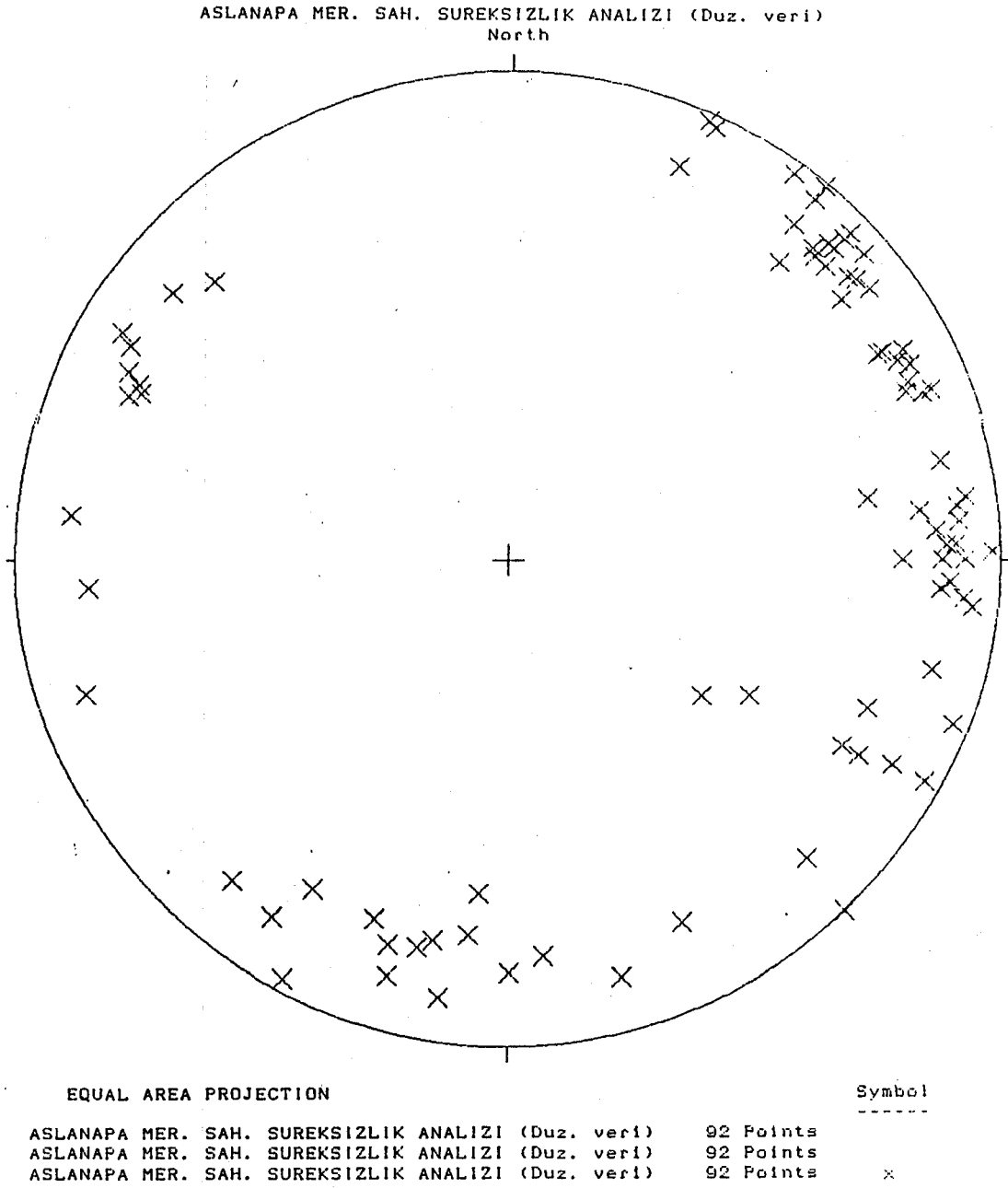
Contents of file: sulupla.dat  
 Title: ASLANAPA MER. SAH. SUREKSIZLIK ANALIZI (Duz. veri)  
 Data type: Planar  
 Number of data pairs: 92

141,79	140,78	210,67	113,76	203,68
210,71	180,82	173,73	180,69	174,76
298,87	178,78	201,86	209,78	227,90
126,87	115,87	114,88	130,89	135,76
130,78	132,70	170,63	216,40	356,74
158,79	180,77	167,79	157,76	275,59
281,69	156,77	151,74	154,79	226,76
210,47	245,72	209,86	179,88	184,77
300,68	43,71	173,81	303,77	136,83
290,68	310,76	287,72	6,78	152,79
185,82	158,81	136,80	195,78	283,71
286,78	24,71	30,80	25,75	25,72
29,77	142,74	135,80	137,76	130,85
151,75	143,80	134,77	38,76	342,79
23,73	156,77	151,74	154,79	226,76
210,47	245,72	141,79	139,84	136,85
130,78	255,78	270,74	183,79	178,80
186,84	172,83	175,81	153,77	265,71
279,80	276,67			

Yukarıda yapılan işlemlerin hepsi, kolay olması bakımından, bilgisayarla yapılmıştır. Bunları elle yapmak mümkündür, fakat zor ve zaman alıcıdır.

Kutup noktalarının %14'ü 40-49<sup>0</sup> arasında, % 13'ü 60-69<sup>0</sup> arasında,

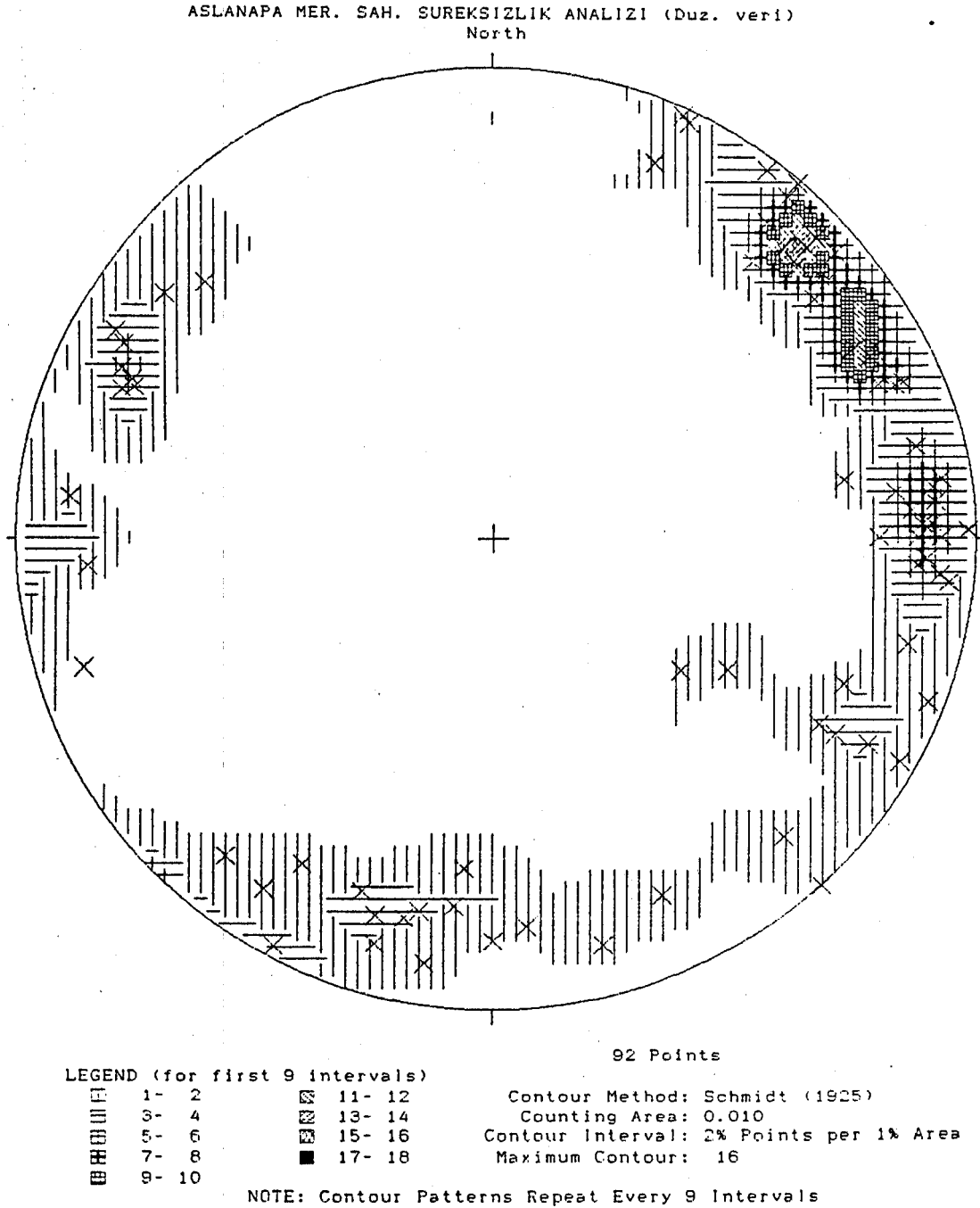
% 10'u 80-89<sup>0</sup> arasında kümeleşmiştir (Şekli 10.6). Bu kümeleşmeler, doğrultu açısı değerleri birbirine yakın olan ve birbirine paralel şekilde oluşan süreksizlik düzlemlerinin kutup noktalarından oluşmuştur.



Şekil 10.4. Süreksizlik düzlemlerinin kutup noktaları

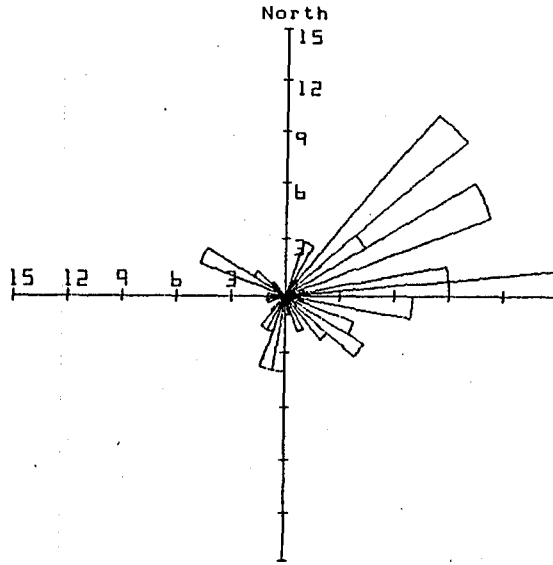
Bu şekilde kutup noktasının kümeleşmeleri ile oluşan üç adet süreksiz-

sizlik takımı vardır. Projeksiyon düzleminin dış dairesine kutup noktaları yaklaştıkça, süreksizlik düzlemlerinin eğim açı değerleri de artmaktadır. Süreksizlik düzlemlerinin eğim açıları genelde  $70^{\circ}$ 'nin üzerindedir (Şekil 10.7).



Şekil 10.5. Kutup noktalarının kontur diyagramları

ROSE DIAGRAM OF POLE TREND FOR  
ASLANAPA MER. SAH. SUREKSIZLIK ANALIZI (Duz. ver1)



92 Data Points  
Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 86 degree(s)  
Angular Dev. = 30.18  
Resultant = 0.445

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

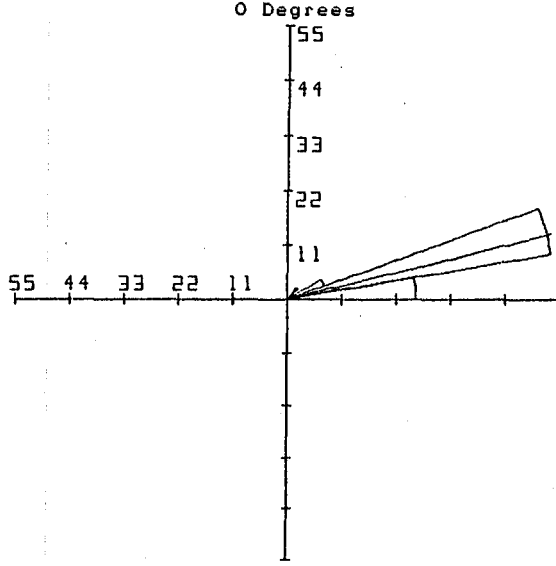
Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	0	0	180-189	4	4
10- 19	0	0	190-199	4	4
20- 29	3	3	200-209	2	2
30- 39	1	1	210-219	2	2
40- 49	13	14	220-229	1	1
50- 59	5	5	230-239	0	0
60- 69	12	13	240-249	0	0
70- 79	1	1	250-259	1	1
80- 89	9	10	260-269	1	1
90- 99	7	8	270-279	1	1
100-109	1	1	280-289	0	0
110-119	4	4	290-299	5	5
120-129	5	5	300-309	2	2
130-139	3	3	310-319	1	1
140-149	0	0	320-329	0	0
150-159	2	2	330-339	0	0
160-169	1	1	340-349	0	0
170-179	1	1	350-360	0	0

SPLIT by Darton Software

Şekil 10.6. Kutup noktalarının gül diyagramları

Kürenin merkezinden geçtiği kabul edilen süreksizlik düzlemlerinin, küre merkezinde bu düzleme dik olan çizginin küre yüzeyini deldiği noktanın projeksiyon düzlemi (ekvator düzlemi) üzerindeki stereografik izdüşümü, bu düzlemin kutup noktasını vermektedir. Kutup noktalarının temsil ettiği süreksizlik düzlemlerinin projeksiyon düzlemi ile yaptığı

ROSE DIAGRAM OF DIP ANGLE FOR  
ASLANAPA MER. SAH. SUREKSIZLIK ANALIZI (Duz. ver1)



92 Data Points  
Single Line Shows Vector Mean

Circular Mean = 76 degree(s)  
Angular Dev. = 4.04  
Resultant = 0.990

BREAKDOWN OF 10° SECTORS:

Range (deg)	Number	% of Total	Range (deg)	Number	% of Total
0- 9	0	0	50- 59	1	1
10- 19	0	0	60- 69	8	9
20- 29	0	0	70- 79	54	59
30- 39	0	0	80- 90	26	28
40- 49	3	3			

SPLIT by Darton Software

Şekil 10.7. Süreksizliklerin eğim derecelerine ait gül diyagramları

arakesitlerin kuzeyle yaptığı açılar, bu düzlemlerin doğrultularını vermektedir. Buradan hareketle birinci süreksizlik takımının doğrultusu  $130-139^{\circ}$  arasında, ikinci süreksizlik takımının doğrultusu  $150-159^{\circ}$  arasında ve üçüncü süreksizlik takımının doğrultusu  $170-179^{\circ}$  arasındadır. Birinci süreksizlik takımını oluşturan süreksizliklerin toplam içindeki payı % 14, ikinci süreksizlik takımını oluşturan süreksizliklerin toplam içindeki payı % 13 ve üçüncü süreksizlik takımını oluşturan süreksizliklerin toplam içindeki payı ise % 10'dur. Süreksizliklerin eğim açılarının % 59'u  $70-79^{\circ}$  arasında, % 28'i  $80-90^{\circ}$  arasında olup, toplam içindeki payı % 87'dir.



Genel olarak etüt sahasındaki süreksizliklerin doğrultuları  $130-189^{\circ}$  arasında, eğim yönü  $220-279^{\circ}$  arasında ve eğim açısı  $70^{\circ}$  nin üzerinde bulunmaktadır.

## 11. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI VE ANALİZLERİ

Çalışılan sahadan alınan örneklerin laboratuvar deneyleri Anadolu Üniversitesi Müh.Mim.Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında, TS 699 doğal yapı taşlarının muayene ve deney metodlarına uygun olarak yapılmıştır.

### 11.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Örnekler 7 x 7 x 7 cm<sup>3</sup> boyutlarında hazırlanıp, 105 C<sup>0</sup> ± 5C<sup>0</sup> sıcaklıktaki etüvde değişmez kütleye kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur (Şekil 11.1). Daha sonra 0.1 gr duyarlılıkta tartılarak kuru ağırlığı bulunmuştur (Gk).

$$dh = \frac{Gk}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

dh : Örneğin birim hacim ağırlığı (gr/cm<sup>3</sup>)

Gk : Örneğin değişmez (kuru) ağırlığı (gr)

V : Örneğin hacmi (cm<sup>3</sup>)

Her örnek için 3'er adet deney yapıлып, bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak birim hacim ağırlıkları bulunmuştur.(Çizelge 11.1).

Çizelge 11.1. Örneklerin Birim Hacim Ağırlık Değerleri

Örnekler	dh (gr/cm <sup>3</sup> )
Yeşil mermer	2.68
Kırmızı mermer	2.71
Bordo mermer	2.68



Şekil 11.1. Örneklerin etüvde kurutulup, sağuması için desikatöre yerleştirilmesi

## 11.2. Su Emme Deneyi

Örnekler  $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$  boyutlarında hazırlanmıştır. Örnekler yeterli büyüklükteki bir kaba dizilip yüksekliklerinin  $1/4$ 'ünü dolduracak şekilde  $20\text{C}^{\circ} \pm 5\text{C}^{\circ}$  sıcaklıkta su konup 1 saat bekletilmiştir. Bekleme sonunda su seviyesi yüksekliğin  $1/2$ 'sine kadar gelecek şekilde su eklenip 1 saat bekletilmiştir. Tekrar su seviyesi yüksekliğin  $3/4$ 'üne gelecek şekilde aynı sıcaklıkta su eklenerek 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra su seviyesi örnekleri  $1.50 - 2.00 \text{ cm}$  örtecek konuma gelecek şekilde su eklenerek 45 saat bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda sudan çıkartılan örnekler bir sünger ile silinerek üzerindeki su damlaları alındıktan sonra  $0.1 \text{ gr}$  hassasiyetle tartılmıştır ( $G_d$ ).

Bundan sonra doygun haldeki deney numuneleri  $105\text{C}^{\circ} \pm 5\text{C}^{\circ}$  sıcaklıkta etüvde değişmez kütleye kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra  $0.1 \text{ gr}$  hassasiyetle tartılarak kütlesi bulunmuştur ( $G_k$ ).

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \quad (\text{m/m, \%})$$

$S_k$  : Ağırlıkca su emme oranı (m/m, %)

$G_d$  : Örneğin doygun haldeki kütlesi (gr)

$G_k$  : Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş örneğin kütlesi (gr)

Her örnek için 5'er adet deney yapıлып, sonuçların aritmetik ortalaması alınarak, örneklerin su emme değerleri bulunmuştur (Çizelge 11.2).

Çizelge 11.2. Örneklerin Su Emme Değerleri

Örnekler	$S_k$ (m/m, %)
Yeşil mermer	0.065
Kırmızı mermer	0.092
Bordo mermer	0.196

### 11.3. Porozite (Gözeneklilik)

Örneklerin 11.1'de bulunan hacim kütlesi ( $d_h$ ) ile 11.2'de bulunan su emme ( $S_k$ ) değerlerinden faydalanılarak:

$$P_g = d_h \cdot S_k \text{ (%)}$$

formülünden poroziteleri hesaplanmıştır (Çizelge 11.3).

Çizelge 11.3. Örneklerin Porozite Değerleri

Örnekler	Porozite (%)
Yeşil mermer	0.17
Kırmızı mermer	0.25
Bordo mermer	0.53

### 11.4. Tek Eksenli Basınç Deneyi

Örnekler  $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$  boyutlarında hazırlanmıştır. Örnekler  $105^\circ \pm 5^\circ$  sıcaklıktaki etüvde değişmez kütleyle kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Daha sonra deney örnekleri

presin tablaları arasına düzgün bir şekilde yerleştirilmiştir. Deneyde basınç gerilmesi artışı yaklaşık olarak saniyede 15 kg/cm<sup>2</sup> olacak şekilde ve devamlı olarak artacak bir "P" kuvveti uygulanmıştır. Kırılma anındaki "P max" değeri kaydedilmiştir (Şekil 11.2).

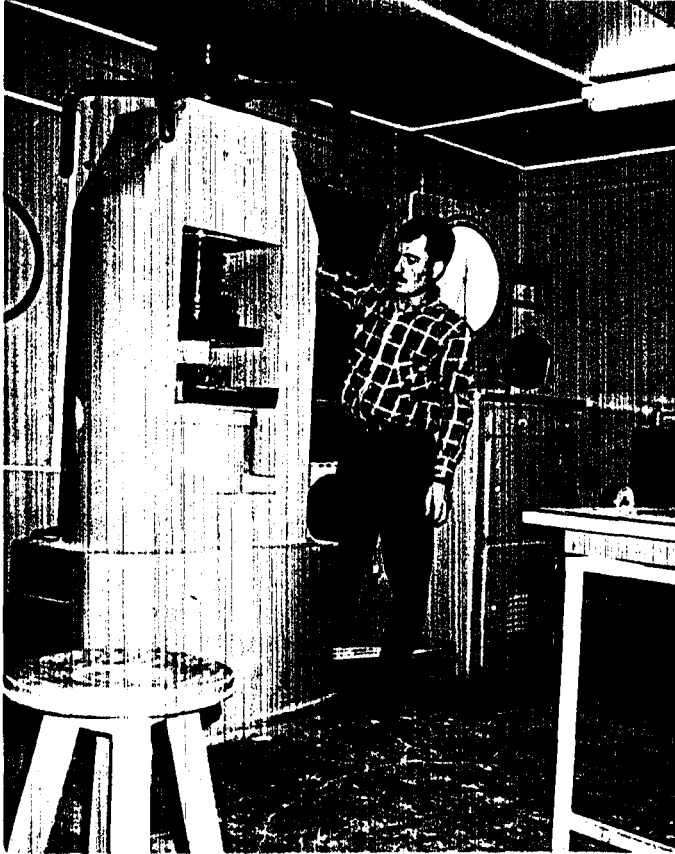
$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{A} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$\sigma_b$  : Basınç dayanımı (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_{\max}$  : Kırılma anındaki yük (kg)

A : Basınç uygulanan örneğin yüzey alanı (cm<sup>2</sup>)

Her örnek için 5'er adet deney yapıp, sonuçların aritmetik ortalaması alınarak, örneklerin basınç dayanımları bulunmuştur (Çizelge 11.4)



Şekil 11.2. Tek eksenli basınç deneyi aleti

Çizelge 11.4. Örneklerin Basınç Dayanım Değerleri

Örnekler	$\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Yeşil mermer	813.27
Kırmızı mermer	729.22
Bordo mermer	754.44

#### 11.5. Don Sonrası Tek Eksenli Basınç Deneyi

Örnekler 7 x 7 x 7 cm<sup>3</sup> boyutlarında hazırlanmıştır. Örnekler 105C<sup>0</sup> ± 5C<sup>0</sup> sıcaklıkta etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0.1 gr hassasiyetle tartılarak kütleleri bulunmuştur (G<sub>0</sub>), Daha sonra örnekler 11.2'deki işlemlerle suya doymun hale getirilerek -20C<sup>0</sup> sıcaklıktaki buzdolabında 2 saat bekletildikten sonra 20C<sup>0</sup> ± 5C<sup>0</sup> sıcaklıkta su bulunan bir kap içine, tamamen su içine batacak şekilde konularak 2 saat bekletilip, buzun tamamen çözülmesi sağlanmıştır. Örnekler tekrar buzdolabına konarak donma ve çözülme işlemi 9 kez tekrarlanmıştır.

Donma-çözülme işlemlerinin sonunda deney örnekleri 105C<sup>0</sup> ± 5C<sup>0</sup> sıcaklıktaki etüvde değişmez kütleye kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0.1 gr hassasiyetle tartılarak kütleleri bulunmuştur (G<sub>k</sub>).

Tabii don tesiriyle kayacın meydana gelen kütle azalması (don kaybı) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$D_k = \frac{G_0 - G_k}{G_0} \cdot 100 (\%)$$

D<sub>k</sub> : Don kaybı (%)

G<sub>0</sub> : Taşın deneyden önceki kütlesi (gr)

G<sub>k</sub> : Taşın deneyden sonraki kütlesi (gr)

Bundan sonra deney örnekleri üzerine 11.4'de açıklanan basınç mukavemeti deneyi uygulanmıştır. Tabii don tesiriyle kayacın basınç mukavemetinde meydana gelen azalma aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\Delta_f = \frac{f_b - f_{db}}{f_b} \cdot 100(\%)$$

$\Delta_f$  : Tabii don tesiriyle basınç mukavemetinde meydana gelen azalma (%)

$f_b$  : Tabii don deneyi uygulanmamış taşın basınç mukavemeti aritmetik ortalaması ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f_{db}$  : Taşın don sonu basınç mukavemeti aritmetik ortalaması ( $\text{kg/cm}^2$ )

Her örnek için 5'er adet deney yapıлып, sonuçların aritmetik ortalaması alınarak, örneklerin don kaybı ve don sonrası basınç mukavemetinde meydana gelen azalma bulunmuştur (Çizelge 11.5).

Çizelge 11.5. Örneklerin Don Sonrası Basınç Mukavemetindeki Azalma ve Don Kaybı

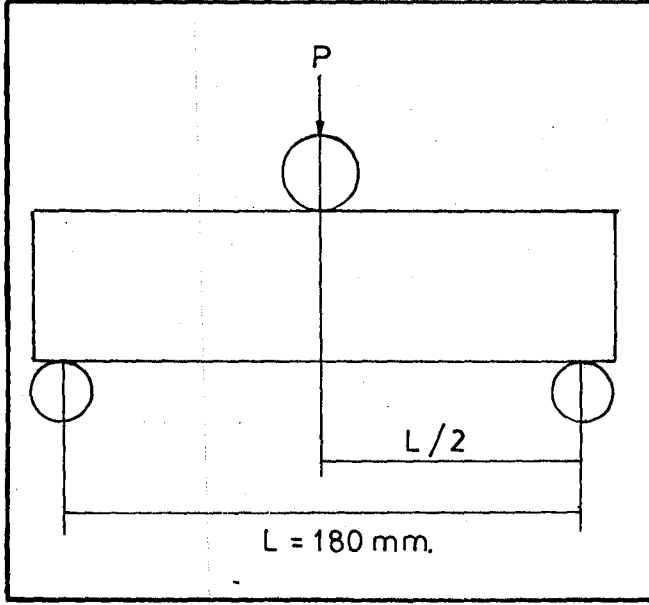
Örnekler	Don Kaybı (%)	Don Sonrası Basınç Mukavemetinde Meydana gelen azalma (%)
Yeşil mermer	0.348	14.84
Kırmızı mermer	0.302	5.19
Bordo mermer	0.238	7.75

#### 11.6. Eğilme Direnci Deneyi

Deneyde  $5 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3$  boyutlarında örnekler kullanılmıştır. Örnekler  $105^\circ \pm 5^\circ$  sıcaklıkta etüvde değişmez kütleye kadar kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.

Hazırlanan deney örneklerinin geniş yüzeylerinin ortasından dar kenarlarına paralel olacak şekilde bir çizgi çizilmiştir. Yükleme parçası bu çizgi boyunca yerleştirilmiştir. Bu çizgiden itibaren, yukarıdaki boyutlar kullanıldığından, iki yandan 90'ar mm uzaklıkta iki paralel çizgi çizilip alt yüze aksettirilmiştir. Deneyde alt dayanaklar bu çizgilere yerleştirilmiştir (Şekil 11.3).

Hazırlanan örnek basınç presinin tablaları arasına yerleştirilmiştir. Oluşacak eğilme gerilmesi artışı saniyede yaklaşık  $2 \text{ kg/cm}^2$  olacak bir



Şekil 11.3. Eğilme deney düzeni

yüklemeye hızı ile devamlı artan bir "P" kuvveti deney örneği kırılana kadar uygulanarak, kırılma anındaki " $P_{max}$ " değeri kaydedilmiştir. Örneklerin eğilme direnci değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = \frac{3 \cdot P_{max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$\sigma_e$  : Eğilme direnci ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P_{max}$  : Kırılma anındaki yük (kg)

L : Alt dayanaklar arasındaki açıklık (cm)

b : Örneğin genişliği (cm)

h : Örneğin kalınlığı (cm)

Her örnek için 5'er adet deney yapıldı, sonuçların aritmetik ortalaması alınarak, örneklerin eğilme direnç değerleri bulunmuştur (Çizelge 11.6).



Çizelge 11.6. Örneklerin Eğilme Direnç Değerleri

Örnekler	$\sigma_e$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Yeşil mermer	99.36
Kırmızı mermer	152.28
Bordo mermer	111.24

### 11.7. Sürtünme ile Aşınma Dayanımı Deneyi

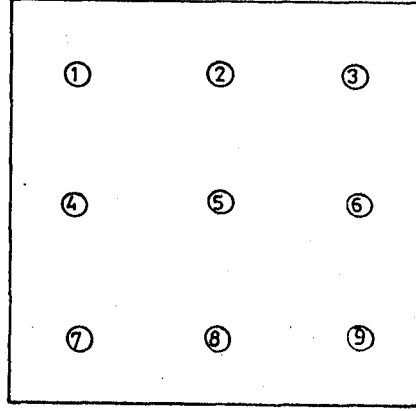
Deneyde kullanılan alet yaklaşık 750 mm çapında diskli ve çalıştırıldığında  $30 \pm 1$  dev/dk hız ile dönen, otomatik sayıcı ile her 22 devirde durdurulabilen bir alettir (Şekil 11.4).



Şekil 11.4. Sürtünme ile aşınma deneyi aleti

Örnekler  $7 \times 7 \times 7$  cm<sup>3</sup> boyutlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler Şekil 11.5'de gösterildiği gibi 9 yerinden 0.01 mm hassasiyetle kalınlıkları ölçülerek aritmetik ortalaması alınmıştır ( $d_0$ ). Aşındırma tozu olarak zımpara tozu kullanılmıştır. Zımpara tozu,

-80 +120 meşlik zımpara tozu ile -120 +140 meşlik zımpara tozu 1/1 oranında karıştırılarak hazırlanmıştır.



Şekil 11.5. Blok ölçüm noktaları

Sürtünme şeridine  $20 \text{ gr} \pm 0.5 \text{ gr}$  zımpara tozu serpilmiştir. Deney örneğine çelik manivela ile  $30 \text{ kgf} \pm 0.3 \text{ kgf}$ 'lik bir kuvvet uygulanarak, deney örneği sürtünme şeridine  $0.6 \text{ kgf/cm}^2$ 'lik bir basınç ile bastırılması sağlandıktan sonra, disk döndürülmüştür. 22 devir tamamlandıktan sonra disk durdurulup, disk üzerindeki zımpara tozu artıkları temizlenmiştir. Yeniden zımpara tozu konarak, örnek düşey ekseninde her sefer  $90^\circ$  çevrilerek 22'şer devirlik 20 aşındırma işlemi uygulanmıştır. İşlem sonunda Şekil 11.5'de görüldüğü gibi örneğin 9 yerinden kalınlıkları ölçülüp, bunların aritmetik ortalaması alınmıştır ( $d_1$ ).

Sürtünme ile aşınma dayanımı, kalınlık azalması cinsinden :

$$\Delta_d = d_0 - d_1 \text{ (cm/50 cm}^2\text{)}$$

formülü ile hesaplanmıştır.

$\Delta_d$  : örneğin sürtünme ile aşınma dayanımı değeri (cm/50 cm<sup>2</sup>)

$d_0$  : örneğin aşınma deneyinden önce ölçülen kalınlığı (cm)

$d_1$  : örneğin aşınma deneyinden sonra ölçülen kalınlığı (cm)

Her örnek için 5'er adet deney yapılarak, sonuçların aritmetik ortalaması alınarak sürtünme ile aşınma dayanımı değerleri bulunmuştur (Çizelge 11.7).

Çizelge 11.7. Örneklerin Sürtünme ile Aşınma Dayanım Değerleri

Örnekler	$\Delta_d$ (cm/50cm <sup>2</sup> )
Yeşil mermer	0.63
Kırmızı mermer	0.59
Bordo mermer	0.51

## SONUÇLAR

Sahada sağlam mermer bloklarını sınırlayan üç adet süreksizlik takımı bulunmaktadır. Birinci süreksizlik takımının doğrultusu kuzeyle 130-139° arasında, ikinci süreksizlik takımının doğrultusu kuzeyle 150-159° arasında, üçüncü süreksizlik takımının doğrultusu kuzeyle 170-179° arasındadır.

1, 2, 3, 4, 5 nolu gözlem noktalarında süreksizlik düzlemleri genellikle 130-139°, 150-159°, 170-179° doğrultularda bulunmaktadır. 6, 7 nolu gözlem noktalarında süreksizlik düzlemlerinin çoğu 275-310° ve bir kısmı 170-179° arası doğrultularda bulunmaktadır. 8, 12, 13 nolu gözlem noktalarında süreksizlik düzlemlerinin çoğu 130-139°, 150-159°, 170-179° ve bir kısmı 270-300° arası doğrultularda bulunmaktadır. 9, 10, 11 nolu gözlem noktalarında süreksizlik düzlemleri 20-40° ile 130-150° arası doğrultularda bulunmaktadır. Süreksizlik düzlemlerinin eğim açılarının % 59'u 70-79°, % 28'i 80-90° arasında olduğu eğim derecelerine ait gül diyagramlarından saptanmıştır.

Topoğrafyanın düz olması ve süreksizlik düzlemlerinin eğim derecelerinin dike yakın olmasından dolayı arazide üçüncü boyut ölçülememiştir. Bu yüzden süreksizlik düzlemlerinin sınırladığı mermer bloklarının yüzeysel alanı "m<sup>2</sup>" olarak ifade edilmiş ve blok büyüklüklerinin bu yolla belirlenmesine çalışılmıştır. 2,3 ve 13 nolu gözlem noktalarında 10-30 m<sup>2</sup> arasında yüzeysel alan gösteren blok mermerler vardır. 9 nolu gözlem noktasında mermer blokların yüzeysel alanı 10 m<sup>2</sup>'nin altındadır. Diğer gözlem noktalarındaki mermer bloklarının yüzeysel alanı genellikle 10-50 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu ebatlar, mermerlerin ekonomik olarak üretilmesi için yeterlidir.

Mermerlerin fiziksel ve fiziko-mekanik özellikleri TS 699'da belirtilen şartlara uygun olduğu laboratuvar deneylerinde saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, mermerlerde aranan fiziksel ve fiziko-mekanik özellikleri taşımaktadır. Polarizan araştırma mikroskobu ile mermerlerden alınan ince kesitler üzerinde yapılan araştırma sonucu mermerlerin başkalaşım sonucu oluştuğu, oluşum esnasında basınç etkisinde kaldığı, orta ve kaba kalsit kristallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Mermerler kökenlerine göre yapılan sınıflamada "Gerçek Mermerler" sınıfına girmektedir.

## ÖNERİLER

Etüt sahasındaki mermer ocağında, üretimde verimliliğin ve devamlılığın düşmesine etki eden en önemli faktörlerin başında renk dağılımının homojen olmaması gelir.

Ocakta "Üçlü Kama" yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Bu yöntemle üretim hızının yavaş olması, mermer bloklarının düzgün yüzeyler halinde çıkartılamaması ve üretim kaybının çok fazla olması, bu üretim yönteminin en büyük dezavantajını oluşturmaktadır. Bu dezavantajları ortadan kaldıracak üretim yöntemi ise "Elmas Tel Kesme" yöntemidir. Yataktaki süreksizlik sistemlerinin büyük ebatlarda mermer bloklarının üretilmesine elverişli olması, basamakların düzenli gelişimini sağlayacak topoğrafik yükselimin varlığı, bu üretim yönteminin uygulanmasını kaçınılmaz hale getirmektedir.

Ocakta kırmızı ve yeşil renkli mermerlerin üretimi yapılmaktadır. Kırmızı renkli mermer piyasada tutulduğu için, amaç kırmızı renkli mermerin üretilmesidir. Bir bloğun yarısı kırmızı, yarısı yeşil olabilmektedir. Bunun yanında kırmızı renkli mermerin üretimine geçmek için, önce yeşil renkli mermerin üretilmesi gibi durumlar ortaya çıkmaktadır. Yeşil renkli mermere de piyasada pazar bulunursa, bu olumsuzlar ortadan kalkacaktır. Böylece üretimde verimlilik ve devamlılık artacaktır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Bozkurt, R., 1989, Mermer ve elmas tel kesme ile ocak işletmeciliği, A.Ü. Müh.Mim.Fak. Yayınları, 98, 83 s.
- D.S.İ., 1976, Altıntaş ovası hidrojeolojik etüt raporu, H.İlbal (Der.), D.S.İ. Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Daire Başkanlığı, 9-24.
- Erguvanlı, K., 1973, Mühendislik Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 966, 108-125.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987, Mermer ocağı işletmelerini etkileyen mühendislik jeolojisi parametreleri, II. Uluslararası mermer sempozyumu, 1-3 ekim 1985, İstanbul Maden İhracatçılar Birliği, 1-8.
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1977, Kaya şev stabilitesi (Çev. A.G. Paşamehmetoğlu ve diğerleri), Maden Müh. Odası Yayınları, 42-59.
- İnceoğlu, İ., 1987, Türkiye'nin bazı mermer alanlarından ve ocaklarından izlenimler, II. Uluslararası mermer sempozyumu, 1-3 ekim 1985, İstanbul Maden İhracatçılar Birliği, 18-19.
- İşgüden, Ö., 1987, Mermer ocaklarında görülen mesoscopik ölçekli çatlakların doku eksenleri ile münasebetleri ve "dokusal yapısal kat" sentezi, II. Uluslararası mermer sempozyumu, 1-3 ekim 1985, İstanbul Maden İhracatçılar Birliği, 9-10.
- İ.G.E.M.E., 1989, Mermer ihracat imkanları ve dış pazar araştırması, İ.G.E.M.E. Matbaası, 52 s.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972, Yapısal jeoloji, İstanbul teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 869, 124-169.
- M.T.A. 1966, Türkiye mermer envanteri, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü yayınları, 134, 8-22.
- T.S.E., 1987, Tabii yapıtaşları-muayene ve deney metodları, TS 699, Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, 82.s.

KÜTAHYA İLİ, ASLANAPA İLÇESİ, GÖKDERE MEVKİİNDE  
BULUNAN MERMER SAHASININ SÜREKSİZLİK ANALİZİ VE  
FİZİKO-MEKANİK ETÜDÜ

SÜLEYMAN AYDOĞAN

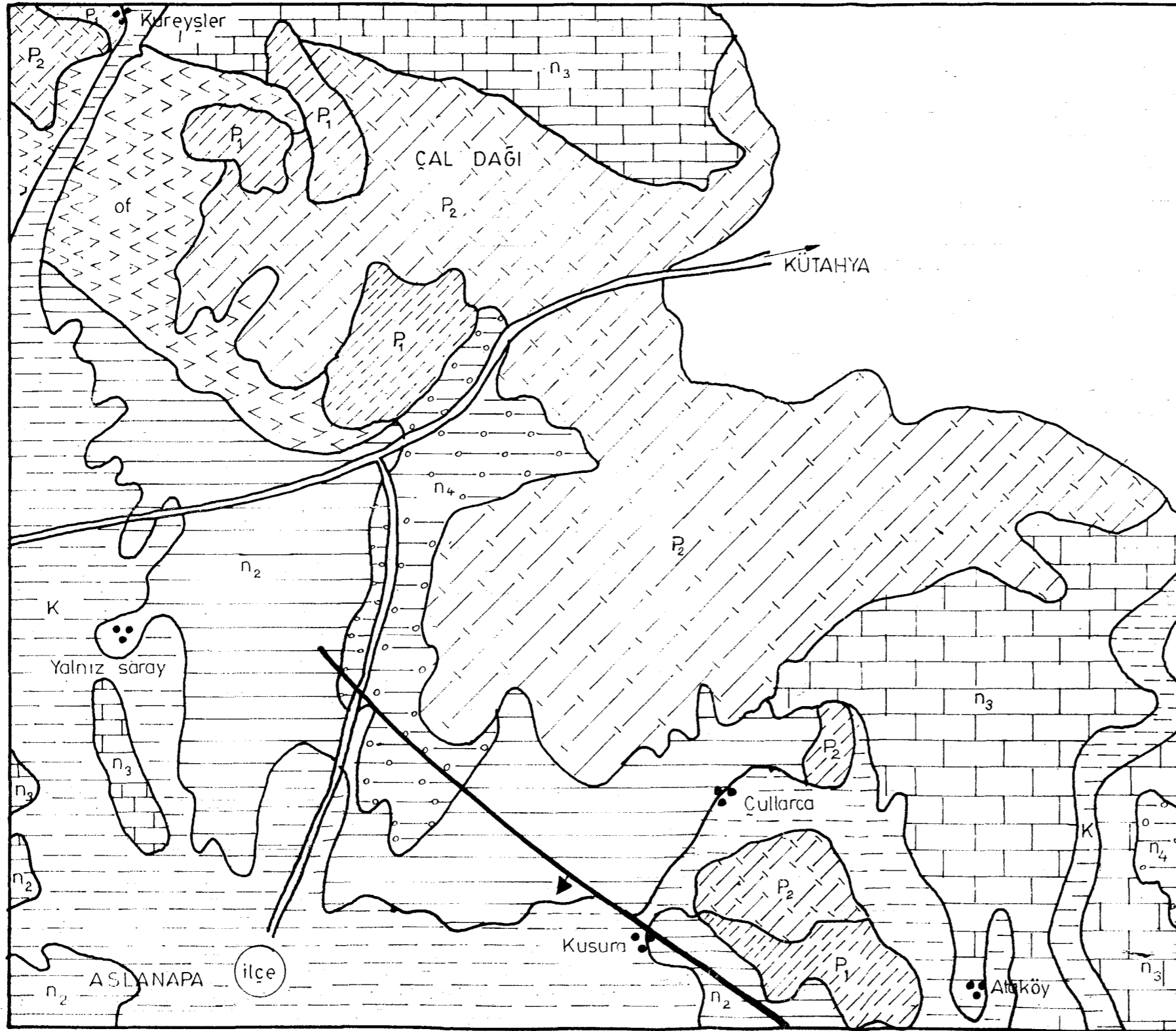
EKLER

Ek 1. Etüt Bölgesinin Jeolojik Haritası

Danışman : Y.Doç.Dr.Can AYDAY

AĞUSTOS - 1991

# KÜTAHYA İLİ ASLANAPA İLÇESİ JEOLJİ HARİTASI.



( DSI' den alınmıştır. )

## AÇIKLAMALAR

PALEOZOİK	DEVONİYEN	MESOZOİK	KRETASE	SENOZOİK	TERSİYER	NEOJEN	PLIOSEN	KUATERNER

- K
- n<sub>4</sub>
- n<sub>3</sub>
- n<sub>2</sub>
- n<sub>1</sub>

- P<sub>2</sub>
- P<sub>1</sub>

- of.S

- F

### GENEL İŞARETLER

- İlçe
- Köy
- Şose

ÖLÇEK : 1/50.000