

46240

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NIKSAR YÖRESİNDEKİ BAZALTLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE
AYRIŞMANIN ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

Atiye (UĞURLU) TUĞRUL

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Uygulamalı Jeoloji Programı

Danışman : Prof. Dr. Okay GÜRPINAR

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ANTASYON MERKEZİ

HAZİRAN - 1995

ÖNSÖZ

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programında doktora tezi olarak hazırlanan bu araştırmada ; Niksar (Tokat) yöresinde yer alan Eosen yaşlı bazaltlardaki ayrışmanın, mühendislik özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir.

Gerek arazi, gerekse büro çalışmalarım süresince, değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen, danışman hocam Prof. Dr. Okay GÜRPINAR' a, araştırmalarım süresince yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Okay EROSKAY, Prof. Dr. Akın ÖNALP, Prof. Dr. Namık YALÇIN, Doç. Dr. Reşat ULUSAY, Doç. Dr. Şener ÜŞÜMEZSOY ve Dr. A. Malik GÖZÜBOL' a ayrı ayrı teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her safhasında yardımlarını esirgemeyen, TPAO Genel Müdürlüğü' nden Jeoloji Yüksek Mühendisi Hüseyin S. SERDAR'a ve Dr. Nuri TERZİOĞLU' na, MTA Genel Müdürlüğü' nden Dr. Fuat ŞAROĞLU' na, Karayolları VII. Bölge Müdürlüğü'nden İnşaat Mühendisi Fahri ÇETİN'e, DSİ VII. Bölge Müdürlüğü' den Jeoloji Yüksek Mühendisi Bilal KARAALIOĞLU' na ve Fırat Üniversitesi' nden Yrd. Doç. Dr. Şahin HANELÇİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Arazi, büro ve laboratuvar çalışmalarının çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm Jeoloji Yüksek Mühendisi İ. Halil ZARIF, Jeoloji Mühendisi Hakan HOŞGÖRMEZ, Jeoloji Mühendisi Nurullah HANILÇI, Cazibe HOŞGÖREN ve Ferhan AKSÖZ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmaları sırasında, Karayolları ve DSİ VII. Bölge Müdürlüklerinin olanaklarından yararlanılmıştır. Laboratuvar çalışmaları, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve TPAO Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yürütülmüştür. Burada adı geçen tüm kurum ve kuruluşlar ile çeşitli konularda yardımlarını gördüğüm ancak burada adlarını saymadığım bu kurum ve kuruluşlardan tüm meslektaşlarıma şükranlarımı sunarım.

Araştırmalarımın her safhasında yardımlarını gördüğüm Jeoloji Yüksek Mühendisi Ersin AREL ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Eymen AREL ile UĞURLU ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca , tüm çalışmalarım sırasında beni sabırla destekleyen eşim Makina Yüksek Mühendisi Mustafa TUĞRUL' a içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZ	V
ABSTRACT	VI
SİMGELER	VII
METİN İÇİ ŞEKİLLER	VII
METİN İÇİ ÇİZELGELER	X
I. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın amacı	1
1.2. Önceki çalışmalar	1
II. MATERYAL VE METOD	5
2.1. Arazi çalışmaları	6
2.2. Laboratuvar çalışmaları	6
2.3. Büro çalışmaları	6
2.4. Coğrafya	7
2.4.1. Yerleşim ve ulaşım	7
2.4.2. Morfoloji	8
2.4.2.1. Doruk ağı	8
2.4.2.2. Akarsu ağı	8
2.4.3. İklim	8
2.4.4. Bitki örtüsü	15
III. BULGULAR	16
3.1. Stratigrafi	16
3.1.1. Mudurnu formasyonu	16
3.1.2. Bilecik kireçtaşı	18
3.1.3. Vezirhan formasyonu	20
3.1.4. Kusuri formasyonu	21
3.1.5. Hasanşeyh formasyonu	22
3.1.6. Yolüstü formasyonu	26
3.1.7. Alüvyon	26
3.2. Yapısal Jeoloji	27
3.2.1. Uyumsuzluklar	27
3.2.2. Katmanlanmalar	27
3.2.3. Kıvrımlar	27
3.2.4. Faylar	28
3.2.5. Çatlaklar	30
3.3. Jeolojik Evrim	31
3.4. Mühendislik Jeolojisi	32
3.4.1. Ayrışmanın tanımı	33
3.4.2. Ayrışma tipleri	34

3.4.3. Bazaltlardaki ayrışmayı denetleyen ana faktörler	36
3.4.3.1. Litolojik özellikler	36
3.4.3.1.1. Petrografi	37
3.4.3.2.1. Jeokimya	40
3.4.3.2. Süreksizlikler	43
3.4.3.2.1. Faylar	43
3.4.3.2.2. Çatlaklar	44
3.4.3.3. Yerüstü ve yeraltı suları	53
3.4.3.4. İklim	54
3.4.3.5. Topoğrafya	56
3.4.3.6. Zaman	56
3.4.4. Ayrışma tiplerinin bazaltlardaki etkisi	56
3.4.4.1. Fiziksel parçalanma	57
3.4.4.2. Kimyasal ayrışma	59
3.4.4.3. Biyolojik ayrışma	66
3.4.4.4. Hidrotermal alterasyon	66
3.5.4.4. Bazaltların ayrışma ürünleri	67
3.4.6. Bazaltlardaki ayrışmanın arazi çalışmaları ile belirlenmesi	68
3.4.6.1. Ayrışma profili	68
3.4.6.2. Ayrışma profilinin mühendislik sınıflaması	69
3.4.6.3. Geliştirilen ayrışma sınıflamasının diğer sınıflamalar ile karşılaştırılması	72
3.4.6.4. Ayrışmanın düşey ve yanal dağılımı	76
3.4.7. Ayrışmanın laboratuvar çalışmaları ile belirlenmesi	81
3.4.7.1. Mikroskopik araştırmalar	82
3.4.7.1.1. Mineralojik bileşim ile ayrışma derecelerinin ilişkisi	82
3.4.7.1.2. Mikroçatlak yoğunluğu ile ayrışma derecelerinin ilişkisi	84
3.4.7.2. Kimyasal araştırmalar	96
3.4.7.2.1. Kimyasal indeksler ile ayrışma derecelerinin ilişkisi	96
3.4.7.3. Deneysel çalışmalar	101
3.4.7.3.1. Fiziksel özelliklerin ayrışma ile ilişkisi	101
3.4.7.3.1.1. Kuru birim hacim ağırlığın ayrışma ile ilişkisi	101
3.4.7.3.1.2. Porozitenin ayrışma ile ilişkisi	106
3.4.7.3.1.3. Geçirimsizlik katsayısının ayrışma ile ilişkisi	114
3.4.7.3.2. Mekanik özelliklerin ayrışma ile ilişkisi	117
3.4.7.3.2.1. Tek eksenli basma dayanımının ayrışma ile ilişkisi	117
3.4.7.3.2.2. Çekme dayanımının ayrışma ile ilişkisi	124
3.4.7.3.2.3. Teğet elastisite modülünün ayrışma ile ilişkisi	127
3.4.7.3.3. Ayrışma ürünü olarak gelişen rezidüel zeminlerin özellikleri	129
3.4.7.3.3.1. Rezidüel zeminlerin indeks özellikleri	129
3.4.7.3.3.2. Rezidüel zeminlerin mekanik özellikleri	133
3.4.7.3.3.3. Boşluk suyu basınçlarının ayrışma ile değişimi	135
3.4.8. Bazaltlardaki ayrışmanın mühendislikteki önemi	139
3.4.8.1. Malzeme araştırmaları yönünden ayrışmanın önemi	139
3.4.8.2. Kütleli davranış yönünden ayrışmanın önemi	140
3.4.8.2.1. Ayrışma - erozyon ilişkisi	141
3.4.8.2.2. Ayrışmanın şev duraylılığına etkisi	143
3.4.8.2.3. Yeraltı kazılarında ayrışmanın etkisi	145
3.4.8.2.4. Kazı yönteminin belirlenmesinde ayrışmanın önemi	145
IV. TARTIŞMA VE SONUÇ	146

V.ÖZET	152
SUMMARY	156
VI. KAYNAKLAR	160
VII. EKLER	168
VIII. ÖZGEÇMİŞ	171



ÖZ

NIKSAR YÖRESİNDEKİ BAZALTLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE AYRIŞMANIN ETKİLERİ

Ayrışmanın volkanik kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi önemlidir. Bu amaçla, Niksar yöresindeki Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltlar seçilerek, bu kayalardaki ayrışmanın neden olduğu özellik değişimleri ile bu özellikler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Ayrıntılı çalışmalar için Niksar çevreyolu ile Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahlarındaki yarmalardan yararlanılmıştır.

İnceleme alanında, Hasanşeyh formasyonunun; Mudurnu, Bilecik ve Vezirhan formasyonları ile ilişkisi faylı, Kusuri formasyonu ile uyumlu, Yolüstü formasyonu ile de yer yer uyumsuz ve faylıdır. Kuzey Anadolu Fay Zonu ve kısmen de bu zonun kuzeyinde yer alan inceleme alanında bölgenin tektonik evrimi ile ilgili olarak karmaşık bir kırık sistemi bulunmaktadır. Kırıkların etkisiyle ayrışma daha da artmıştır. Ortam şartlarının kısa mesafelerde değişmesinden dolayı ayrışmayı geliştiren faktörlerin önem dereceleri farklılıklar sunmaktadır. Ayrışmadan oldukça etkilenen bazaltlar için yeni sınıflama geliştirilmiş ve her sınıf petrografik ayrışma indeksi ile sayısal olarak ifade edilmiştir. Bu indeksin doğruluğu mikroçatlak yoğunluğu ve kimyasal indekslerle kontrol edilmiştir. Ayrıca, fiziksel ve mekanik özellikler ile bu indeks değerleri karşılaştırılarak belirli bir ayrışma sınıfından sonra bazaltların kayaç özelliklerini yitirmeleri ile ilgili olarak mühendislik özelliklerinde büyük oranda değişimlerin olduğu saptanmıştır.

ABSTRACT**THE EFFECTS OF WEATHERING ON THE ENGINEERING PROPERTIES OF
BASALTS IN THE NIKSAR REGION**

The effect of the weathering processes on the mechanical and physical properties of the volcanic rocks is important. The weathering processes altered the properties of the basalt rocks pertaining to the Eocene aged Hasanşeyh Formation. To understand these altered properties and their relations each other, a study was programmed in the Niksar Region. A detailed investigation was carried out on the rocks cropped-out in the cut areas of the Niksar surrounding roads and Ünye-Akkuş-Niksar highway alignment.

There is a conformity between Hasanşeyh and Kusuri Formations in the study area. Similarly, the Hasanşeyh Formation has a faulted relation with the Mudurnu, Bilecik, Vezirhan Formations and partly disconformed and partly faulted relation with the Yolüstü Formation. The majority of the research area is located on the North Anatolian Fault Zone but partially at the Northern side of the same zone. Hence, there is a complex fracture system that relates with the tectonic evolution of the region. The rate of the weathering process increases with the effects of the fracture system. Owing to the variations with the environmental conditions in short distances, the importance of the factors that augment the weathering of the rocks shows a big diversity. A new classification system for the basaltic rocks, which are substantially influenced by weathering, whereby each category has been identified numerically by a petrographical weathering index. The accuracy of this index was verified with the microfracture density and the chemical indexes. In addition, the physical and mechanical properties of the basalt were compared with the indices to discover that a substantial degradation in the engineering properties of the rock beyond a specific degree of weathering.

SİMGELER

- I_{pa} : Petrografik ayrışma indeksi
- $\rho_{m\phi}$: Mikroçatlak yoğunluğu
- ρ_k : Kuru birim hacim ağırlık
- n : Porozite
- k : Geçirimsizlik katsayısı
- σ_c : Tek eksenli basma dayanımı
- σ_t : Çekme dayanımı
- E_t : Teğet elastisite modülü
- c : Kohezyon
- ϕ : İçsel sürtünme açısı
- A_f : Boşluk suyu basıncı parametresi

METİN İÇİ ŞEKİLLER

- Şekil 1** : Araştırma boyunca yürütülen çalışmaların şematik gösterimi
- Şekil 2** : İnceleme alanının bulduru haritası
- Şekil 3** : İnceleme alanının doruk ve akarsu ağı haritası
- Şekil 4** : a) Niksar b) Akkuş meteoroloji istasyonlarının yıllık yağış ve sıcaklık ortalamalarının aylara göre dağılımı
- Şekil 5** : Niksar istasyonu için aylık yağış ve buharlaşma terleme grafiği
- Şekil 6** : Akkuş istasyonu için aylık yağış ve buharlaşma terleme grafiği
- Şekil 7** : Niksar dolayının klimogramı
- Şekil 8** : Akkuş dolayının klimogramı
- Şekil 9** : Niksar ve Akkuş alanları için yıllık ortalama eş yağış eğrileri haritası
- Şekil 10** : İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafi sütun kesiti
- Şekil 11** : Farklı ayrışma tiplerinin gelişmesi için gerekli koşullar
- Şekil 12** : Farklı ayrışma tiplerinin kayadaki etkileri

- Şekil 13** : Farklı fasiyeslerdeki bazaltların PECCERILLO ve TAYLOR (1976) diyagramındaki konumları
- Şekil 14** : Farklı fasiyeslerdeki örneklerin COX vd. (1979) diyagramındaki yeri
- Şekil 15** : a) % K_2O / SiO_2 b) % Na_2O / SiO_2 içeriklerine göre alkali ve sub - alkali bazalt sınıflamasında örneklerin konumu
- Şekil 16** : Farklı fasiyeslerdeki örneklerin $Na_2O + K_2O / SiO_2$ (TAS) diyagramındaki yerleri
- Şekil 17** : Nemli ve kurak iklimlerde gelişen küresel ayrışma modelleri
- Şekil 18** : a) Ünye - Akkuş - Niksar karayolu b) Niksar çevreyolu güzergahlarındaki ana çatlak takımlarının stereonet üzerindeki konumları
- Şekil 19** : Çatlaklar ile sınırlanmış bir blok içindeki ayrışma aşamaları
- Şekil 20** : Bazaltların ayrışmasında yeraltı ve yerüstü sularının etkileri
- Şekil 21** : a) Niksar b) Akkuş dolayının PELTIER (1950) diyagramlarındaki yerleri
- Şekil 22** : Farklı ayrışma derecelerindeki a) iri plajiyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli c) iri piroksen fenokristalli bazaltların X - ışınları kırınım analizi sonuçlarına göre mineral içerikleri
- Şekil 23** : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların üçgen diyagram üzerinde gösterimi
- Şekil 24** : Bazaltlardaki bileşenlerin Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve TiO_2 ile karşılaştırılması
- Şekil 25** : İnceleme alanındaki bazaltlar için geliştirilen ayrışma profili
- Şekil 26** : İri plajiyoklas fenokristalli bazaltlarda yüzeye doğru ayrışma derecelerinin değişimi
- Şekil 27** : Küçük fenokristalli bazaltlara ait bir yarmada görülen farklı ayrışma sınıflarının sınırları
- Şekil 28** : a) Ünye - Akkuş - Niksar karayolu b) Niksar çevreyolu güzergahlarına ait ayrışma haritaları
- Şekil 29** : a) ve b) Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlarda ayrışma derecesinin artması ile birlikte mikroçatlakların kaotik bir hal alması
- Şekil 30** : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlarda mikroçatlak yoğunluğunun petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi
- Şekil 31** : Kimyasal indekslerin kendi aralarındaki ilişkiler
- Şekil 32** : Parker indeksi ve ateş kayıplarının petrografik indekslerle ilişkileri
- Şekil 33** : Kuru birim hacim ağırlık ile petrografik ayrışma indeksinin ilişkisi
- Şekil 34** : Kuru birim hacim ağırlığın, mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi
- Şekil 35** : Kuru birim hacim ağırlığın a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile ilişkisi
- Şekil 36** : a) İri plajiyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli c) iri piroksen fenokristalli bazaltlara ait boşluk çapı ve boşluk hacmi ilişkisi

- Şekil 37** : a) İri plajiyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli c) iri piroksen fenokristalli bazaltlarda, boşluk çapı ile boşluk hacmi yüzdesi ilişkisi
- Şekil 38** : Porozite ile petrografik ayrışma indeksinin ilişkisi
- Şekil 39** : Porozitenin mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi
- Şekil 40** : Porozitenin a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile ilişkisi
- Şekil 41** : Geçirimsizlik katsayısının petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi
- Şekil 42** : Geçirimsizlik katsayısının mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi
- Şekil 43** : Geçirimsizlik katsayısının porozite ile ilişkisi
- Şekil 44** : Farklı ayrışma derecelerindeki a) iri plajiyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli c) iri piroksen fenokristalli bazaltların, gerilme - birim deformasyon grafikleri
- Şekil 45** : Tek eksenli basma dayanımı ile petrografik ayrışma indeksi ilişkisi
- Şekil 46** : Tek eksenli basma dayanımı ile mikroçatlak yoğunluğu ilişkisi
- Şekil 47** : Tek eksenli basma dayanımının a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile ilişkisi
- Şekil 48** : Tek eksenli basma dayanımının kuru birim hacim ağırlıkla ilişkisi
- Şekil 49** : Tek eksenli basma dayanımının porozite ile ilişkisi
- Şekil 50** : Çekme dayanımının petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi
- Şekil 51** : Çekme dayanımının mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi
- Şekil 52** : Çekme dayanımının kuru birim hacim ağırlıkla ilişkisi
- Şekil 53** : Çekme dayanımının tek eksenli basma dayanımı ile ilişkisi
- Şekil 54** : Teget elastisite modülünün petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi
- Şekil 55** : Rezidüel zeminlere ait dane boyu dağılımı
- Şekil 56** : Ayrışma sonucu gelişen ince daneli zeminlerin plastisite kartındaki yeri
- Şekil 57** : Bazaltların ayrışması ile gelişen rezidüel zeminlerin aktivite abağındaki dağılımları
- Şekil 58** : Ayrışma ile gelişen rezidüel zeminlerin VAN DER MERWE (1964) sınıflandırma abağındaki dağılımı
- Şekil 59** : a) İri plajiyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli bazalt fasiyeslerinde, çok fazla ve tamamen ayrılmış malzemeler ile kalıntı toprak malzemesine ait yenilme zarfları
- Şekil 60** : Her bir fasiyese ait tamamen ayrılmış malzemelerin yenilme zarfları
- Şekil 61** : a) iri plajiyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli bazaltlara ait, çok fazla ve tamamen ayrılmış malzemeler ile kalıntı toprak malzemelerinin gerilme - birim deformasyon grafikleri
- Şekil 62** : İnceleme alanındaki tüm bazalt fasiyeslerine ait tamamen ayrılmış malzemelerin a) gerilme - birim deformasyon, b) boşluk suyu basıncı - birim deformasyon eğrileri
- Şekil 63** : Aş parametresinin a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile değişimi
- Şekil 64** : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların JOHN (1962) sınıflamasına göre değerlendirilmesi

Şekil 65 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların BIENIAWSKI (1989) kaya kütlesi sınıflamasına göre değerlendirilmesi

Şekil 66 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların, çatlak aralıkları ve tek eksenli basma dayanım değerleri ile DEARMAN vd. (1978)' e göre kazılabilirliklerinin tahmini

METİN İÇİ ÇİZELGELER

- Çizelge 1** : Niksar istasyonu için deneştirmeli nem bilançosu
- Çizelge 2** : Akkuş istasyonu için deneştirmeli nem bilançosu
- Çizelge 3** : Fiziksel ayrışma süreçlerinin kayalara uyguladıkları gerilmeler
- Çizelge 4** : Bazaltlar ile diğer magmatik kayaç gurupları arasındaki ilişki
- Çizelge 5** : Farklı fasiyesteki bazalt örneklerine ait ana element kimyasal analiz sonuçları
- Çizelge 6** : Ünye - Akkuş - Niksar karayolu ile Niksar çevreyolu güzergahlarındaki çatlakların doğrultu ve eğimleri ile yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçları
- Çizelge 7** : Farklı fasiyeslere ait taze ve ayrılmış bazalt örnekleri üzerinde yapılan X - ışınlar kırınım analiz sonuçları
- Çizelge 8** : İri plajyoklas fenokristalli bazaltlara ait ana element kimyasal analiz sonuçları
- Çizelge 9** : Küçük fenokristalli bazaltlara ait ana element kimyasal analiz sonuçları
- Çizelge 10** : İri piroksen fenokristalli bazaltlara ait ana element kimyasal analiz sonuçları
- Çizelge 11** : İri plajyoklas fenokristalli bazaltlarda ayrışma ile oluşan element azalma ve çoğalma değerleri
- Çizelge 12** : Küçük fenokristalli bazaltlarda ayrışma ile oluşan element azalma ve çoğalma değerleri
- Çizelge 13** : İri piroksen fenokristalli bazaltlarda ayrışma ile oluşan element azalma ve çoğalma değerleri
- Çizelge 14** : Arazi gözlemlerine göre inceleme alanındaki bazaltlar için geliştirilen ayrışma sınıflaması
- Çizelge 15** : İnceleme alanındaki farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların BEJERMAN (1994) kaya kütlesi kırık sınıflamasındaki yerleri
- Çizelge 16** : Bazaltlar için geliştirilen ayrışma sınıflamasının diğer sınıflamalar ile karşılaştırılması
- Çizelge 17** : Çeşitli araştırmacıların önerdikleri petrografik indeksler
- Çizelge 18** : Ayrışma sınıflarının petrografik tanımlaması
- Çizelge 19** : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait kimyasal indeks değerleri
- Çizelge 20** : Kimyasal indeksler arasındaki ilişkiler
- Çizelge 21** : Kimyasal indekslerle petrografik indekslerin ilişkisi
- Çizelge 22** : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait kuru birim hacim ağırlık değerleri

Çizelge 23 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait fiziksel ve mekanik parametrelerin değişim aralıkları

Çizelge 24 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait porozite ve geçirimsizlik katsayısı değerleri

Çizelge 25 :Değişik ayrışma derecelerindeki bazaltları tek eksenli basma ve çekme dayanımı değerleri ile teğet elastisite modülü değerleri



I. GİRİŞ

1.1. Araştırmanın amacı

Mühendislik yapılarının çoğunun yüzeyde veya yüzeye yakın derinliklerde farklı derecede ayrışmış kayalar üzerinde inşaa edilmelerinden dolayı ayrışmanın mühendislik jeolojisindeki önemi büyüktür.

Araştırmanın amacı, arazi gözlemleri ile ayrışma derecelerine göre sınıflanan farklı ayrışma derecelerindeki Nıksar yöresindeki Eosen yaşlı bazaltların mühendislik parametrelerindeki değişimlerin bu kayaların hangi özelliklerinden kaynaklandığını nedenleriyle birlikte ortaya koymaktır.

1.2. Önceki Çalışmalar

Kelkit vadisi kuzeyinde ve Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisinde bulunan inceleme alanı ve dolay karmaşık tektonik yapısı ve stratigrafisi nedeniyle, bir çok araştırmacıya konu olmuştur. Önceki çalışmalar, genelde jeolojik etüd, petrografi ve plaka tektoniğine ilişkin olup mühendislik jeolojisi konusunda, sadece Ünye - Akkuş - Nıksar karayolu ve Nıksar çevreyolu güzergahları için Karayolları VII. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan güzergah etüdları ile Devlet Su İşleri VII. Bölge Müdürlüğü'nün Kelkit vadisinde yapmış olduğu genelde hidrojeolojik amaçlı araştırmaları vardır. Farklı amaçlara yönelik bu araştırmalar aşağıda kronolojik sıralanım da sunulmuştur.

TCHIHATCHEFF (1869), Bölgede yaptığı ilk jeolojik araştırmada, Nıksar ile Almus arasını incelemiştir. Yeşilirmak vadisi boyunca yatay katmanlı Miyosen yaşlı çökelleri ile Almus güneyinde düşey katmanlı metamorfiklerin yüzeyletiğinden sözeder. Araştırmacı daha sonra, Nıksar ile Koyulhisar arasında yaptığı gezisinde, Nıksar-Koyulhisar arasındaki çökellerin doleritler ile kesildiğini, Nıksar-Taşlıca köyü arasında kalan kireçtaşlarının doleritler tarafından örtüldüğünü, Nıksar'ın kuzeybatısında yeralan Üst Kretase yaşlı birimlerin kireçtaşı ve mamlardan oluştuğunu, Reşadiye dolaylarında Alt Tersiyer oluşuklarının bulunduğunu ve Nıksar ile Koyulhisar arasındaki Kretase şeridinin tektonik bir zon olduğunu belirtmiştir.

BLUMENTHAL (1950), Bölgenin , ilk kez inceleme alanını da içine alan jeoloji haritasını yapmıştır. Araştırmacı, bölgede stratigrafik yönden iki ayrı zonun (Kuzey Anadolu zonu, Pontik zon) varlığını saptamış ve Kuzey Anadolu Zonunun; Neojen (Gespi kireçtaşı üyesi, Almus Miyoseni), Eosen (Güney andezit örtüsü, Dünekdag volkanik breşi, Dünekdag flişi), Paleozoyik (Metamorfik şist ve kireçtaşları (Tokat Masifi)' ndan , Pontik zonun ise; Eosen (Volkanitler, Fliş sedimanları) ve Kretase (Senoniyen mamları ve flişi, Üst Kretase kireçtaşları, Üst Jura? Alt ve Orta Kretase kireçtaşları)' den oluştuğunu belirtmiştir.

ERENTÖZ (1950), Reşadiye'nin doğusunda yaptığı jeoloji haritasında; BLUMENTHAL (1950)' inkiye benzer stratigrafik birimler ayırtlamıştır. Araştırmacı, kuzey ve güney blokları ayırt etmeksizin birimleri haritalamıştır. Bu birimler ; Genç bazik kayalar (bazalt), Eosen kireçtaşları, Eosen andezitik kayalar, Eosen volkanik fasiyesi, Eosen flişi, Üst Kretase volkanik fasiyesi, Üst Kretase flişi, Üst Kretase kireçtaşları, Mesozoyik kireçtaşları, Paleozoyik metamorfik şist ve mermerleri (Tokat masifi) ve Serpantinlerdir.

GÖKSU (1960), Araştırmacı, 1 / 500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Samsun paftasını içeren derlemesinde; daha çok ERENTÖZ (1950)' ün stratigrafik birimlerine sadık kalmıştır.

KETİN ve GÜMÜŞ (1962), Sinop-Ayancık güneyinde; üçüncü bölgeye dahil sahalarn jeoloji haritasını yapmışlardır. Yazarlar, bölgede yer alan birimlerin adlamalarını yaparak, stratigrafik konumlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada yazarların bölgedeki kaya birimleri için kullandığı adlamaların bir kısmı kullanılmıştır.

SEYMEN (1975), “Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği” adlı doktora tezinde; Kelkit vadisi fay zonu'nun kuzeyinde kalan kesimi “kuzey blok”, güneyinde kalan kesimi de, “güney blok” olarak tanımlamıştır. Araştırmacı; önceki çalışmalarda yapılan stratigrafik ayırtlamanın yetersiz olduğunu savunarak bölgenin stratigrafisini, lito-stratigrafik birim esasına göre yeniden düzenlemiştir. Kuzey blokta, oluşukların birbirleri ile olan ilişkileri ve bu bloğun genel tektonik gelişmesine göre iki grup ve 15 formasyon ayırtlarken, güney blok'ta yine benzer şekilde, ancak birimlerin otokton ve allokton olma durumlarına göre, dört ayrı grup ve 11 formasyon ayırtlamıştır.

ÖZTÜRK (1979), “ Ladik-Destek Dolayının Stratigrafisi” adlı çalışmasında, bu yörede yer alan birimleri, kaya türleri ve stratigrafik özelliklerine göre sınıflamıştır. Bu çalışmada, yazarın Bolu kuzeyindeki kaya birimleri için kullandığı adlandırmaların bir kısmı kullanılmıştır.

TERLEMEZ ve YILMAZ (1980), Ünye - Ordu - Koyulhisar - Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar bölgede, Jurasik-Alt Kretase ve Paleosen yaşta olan yeni kayaçların varlığını kanıtlamışlar, Gölköy - Aybastı hattı ile Kelkit çayı arasında kalan ve önceleri Üst Kretase olarak yaşlandırılan kayaçların çoğunluğunun Eosen ve Miyosen (?) - Pliyosen yaşta olduğunu ortaya koymuşlar ve bunun yanında Jurasik-Alt Kretase kireçtaşlarının üstündeki birimlerle, Üst Kretase ile Eosen arasında ve Eosen ile daha genç birimler arasında uyumsuzluğun varlığını saptamışlardır. Yazarlar ayrıca, bölgede çeşitli zamanlarda olmak üzere 5 volkanizma devresi belirlemişler ve bunlardan üçünün denizaltı, diğer ikisinin de plato bazaltları olduğunu vurgulamışlardır.

AYDIN, SERDAR, ŞAHİNTÜRK (1982), "Orta Karadeniz Bölgesi Jeolojisi ve Petrol Olanakları" adlı çalışmalarında, bölgenin detay jeolojisini ortaya koyarak, jeolojik evrimine ışık tutmuşlardır. Araştırmacılar ayrıca, Orta Karadeniz bölgesinde petrol aramacılığı açısından iki bölgenin varlığından söz etmişlerdir.

TUTKUN ve İNAN (1982), "Niksar - Erbaa (Tokat) Yöresinin Jeolojisi" adlı çalışmalarında, bu yörede yüzeyleyen kaya türlerini, litofasiyes özelliklerini ve fosil içeriklerine göre ayırtlayıp; Doğdu, Çevirme, Ladik, Narıtlarla ve Ohtap formasyonları olarak adlandırmışlardır. Araştırmacılar ayrıca; çalışma alanlarında, Kuzey Anadolu Fay Zonu'na koşut birincil ve zonu enine kesen ikincil fayları tanımlamışlar, bunun yanında sahada Lütesiyen'de başlayıp ve biten bir yayardı volkanizması saptamışlardır.

GEDİK, ERCAN ve KORKMAZ (1983), "Orta Karadeniz (Samsun - Sinop) Havzasının Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi" adlı çalışmalarında tüm Pontid'lerdeki Üst Kretase - Eosen yaşlı volkanitlerin ada yayı grubundan olduklarını, yörede en genç volkanizma olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı, bazaltların ise diğer volkanitlerin aksine ada yayı grubundan değil, Pontid kıtası ile Torid -Anatolid kıtasının çarpışmalarından sonra kabuk kalınlaşmasıyla veya tamamen ilksel mantodan türemiş alkalin bir volkanizmanın ürünü olduğunu ileri sürmüşlerdir.

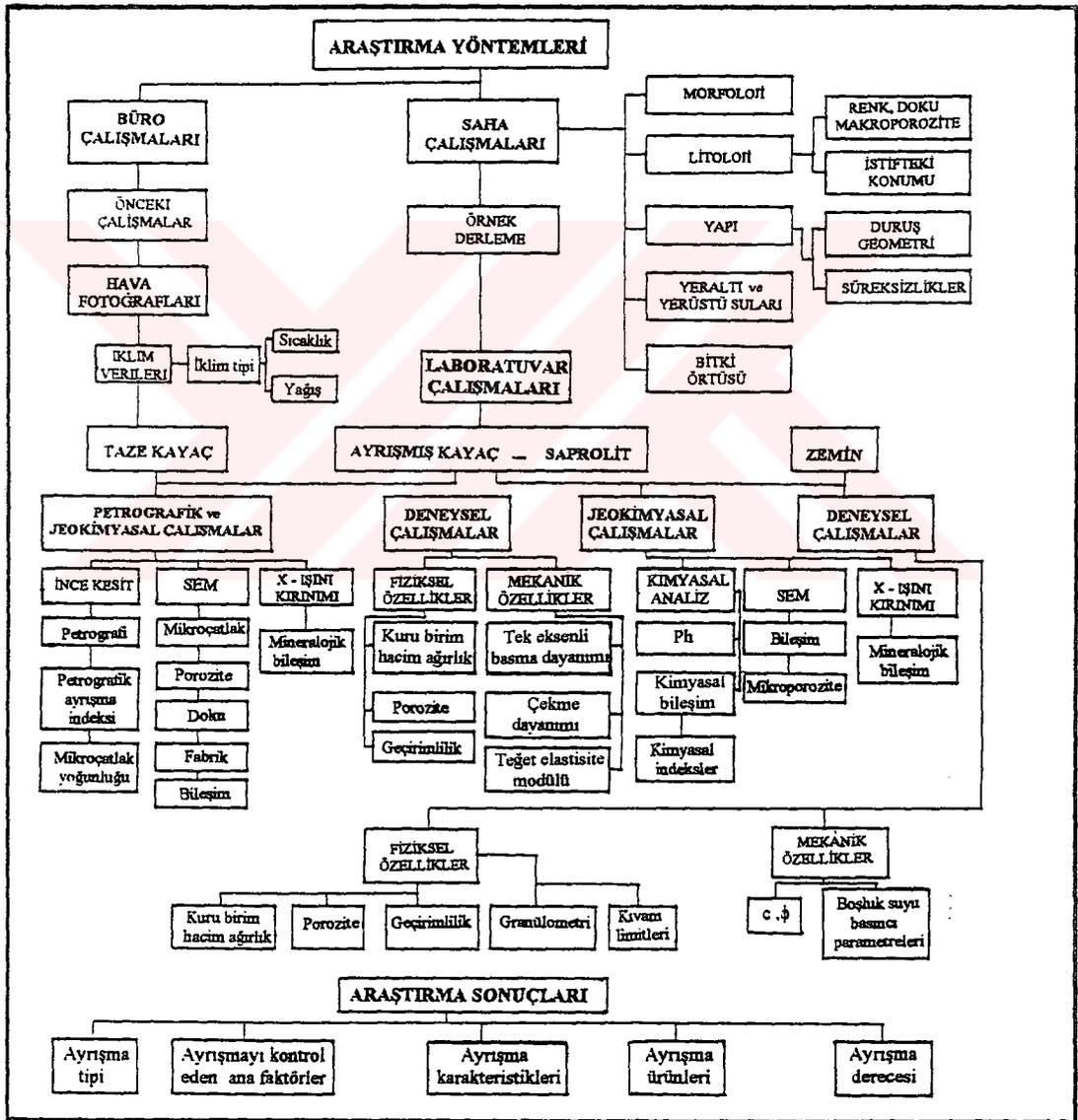
TERZİOĞLU (1983), "Reşadiye - Aybastı - Gölköy - Mesudiye - Koyulhisar İlçeleri Arasındaki Sahada Yer Alan Eosen Volkanitlerinin Petrolojik - Petrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi" adlı araştırma raporunda bölgede yer alan farklı yaşta volkanik kayaların mineralojik - petrografik ve jeokimyasal incelemelerini yaparak, bunların kökenleri hakkında yorumlar da bulunmuşlardır.

YOLDAŞ vd. (1985), hazırladıkları “Samsun ve Dolayının (Kızılırmak - Yeşilirmak Arasındaki Bölgenin) Jeolojisi ve Petrol Olanakları” adlı M.T.A. raporunda; bölgede yer alan birimleri kaya türüne göre sınıflamışlar ve Orta-Üst Eosen yaşlı bazalt, andezit tuf, tüfit, kumtaşı, silttaşı ve aglomera ardalanmasından oluşan birimi tanımlayarak, “Tekkeköy formasyonu” olarak adlandırmışlardır.



II. MATERYAL VE METOD

Niksar yöresinde yer alan Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltlardaki ayrışmanın etkilerini belirlemek amacıyla, 1991 - 1994 yılları arasında arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları yapılmıştır (Şekil 1). Aşağıda bu çalışmaların ana hatları sırayla özetlenmiştir.



Şekil 1 : Araştırma boyunca yürütülen çalışmaların şematik gösterimi

2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında, yüzeyde taze bazaltlara rastlanılmasının oldukça güç olmasından dolayı, araştırmalar, kazı veya patlatmalar ile açılan Niksar çevreyolu ile Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahlarındaki yol yarmalarından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Niksar'ın güneyinde yer alan yaklaşık 8900 metre uzunluğundaki Niksar çevreyolu, Derebağ deresini keserek Hıdırlık tepesi eteklerinden, Ayras ve Mödüklü mahallelerinin doğusundan geçer. Niksar'ın kuzeydoğusunda bulunan Ünye - Akkuş - Niksar karayolu ise yaklaşık 13000 metre uzunluğunda olup, Tifi deresini katederek Gülabi köyü yakınlarında son bulur (*Ek 1*).

Arazi çalışmalarında 1 / 25 000 ölçekli jeoloji harita ve kesit yapımlarının yanısıra her iki yol güzergahı boyunca 1 / 2 000 ölçekli ayrışma haritaları hazırlanmıştır. Ayrıca, laboratuvar araştırmalarında kullanılmak üzere taze ve ayrışmış bazaltlardan blok örnekler, bunların üzerinde gelişen rezidüel (artık) zeminlerden ise tüp ve örselenmiş (torba) numuneler derlenmiştir.

2.2. Laboratuvar çalışmaları

Ayrışma ile değişen petrografik özellikleri belirlemek amacıyla polarizan mikroskobu ile yapılan incelemelerin yanında X - ışınları kırınım (XRD) analizleri ve elektron mikroskobu çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca bazaltlardaki kimyasal ayrışmanın etkilerini ortaya koymak amacıyla jeokimyasal araştırmalar da yürütülmüştür.

Bazaltların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, inceleme alanındaki yarmalardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş rezidüel zemin ve kaya örnekleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Taze ve henüz kayaç özelliğini koruyan ayrışmış bazalt örnekleri üzerinde; kuru birim ağırlık, porozite, geçirimsizlik, tek eksenli basma ve dolaylı yöntemle çekme deneyleri, rezidüel zemin örnekleri üzerinde ise granülometri ve kıvam limitleri deneyleri ile konsolidasyonlu - drenajsız üç eksenli basma deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen veriler kullanılarak diğer mühendislik özellikleri de hesaplanmıştır.

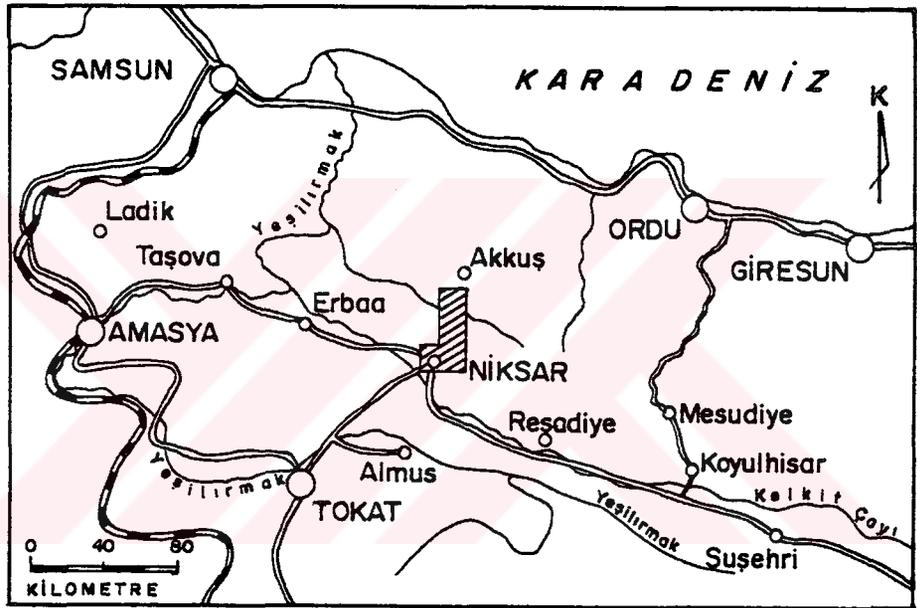
2.3. Büro çalışmaları

Yörede daha önce yapılan araştırmaların derlenmesi ile başlayan büro çalışmaları, araştırmanın çeşitli aşamalarında sağlanan verilerin değerlendirilmesi ile sürdürülmüştür. Çalışmalar sırasında, bölgedeki tektonik unsurların daha anlamlı bir şekilde ortaya konulması amacıyla fotojeolojik

araştırmalar da yapılmıştır. Sonuçta, elde edilen tüm veriler bir araya getirilmiş ve bazaltların ayrışmasındaki etkin parametreler ortaya konularak, bunların değiştirdiği jeomekanik özellikler belirlenmiştir.

2.4.Coğrafya

İnceleme alanı, Tokat sınırları içinde, Nıksar ve Akkuş ilçeleri arasında yer almakta, kuzeyinde Ünye, batısında Erbaa ile güneydoğusunda Reşadiye ve güneyinde Tokat bulunmakta olup kuzey - güney doğrultusunda yaklaşık 209 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2 : İnceleme alanının bulduru haritası

2.4.1.Yerleşim ve ulaşım

İnceleme alanındaki en önemli yerleşim merkezi Nıksar ilçesidir. Akkuş ilçesi çalışma alanı sınırları içinde bulunmamaktadır. Diğer yerleşme merkezleri, küçük köyler ve mahalleler halindedir. Bunlar; Ardıçlı, Çamiçi, Gülabi köyleri ile Tepedam, Durmuşlu, Töngelci, Tombaç ve Demircili mahalleleridir.

Nıksar, Ünye limanına 105 kilometre, Turhal' a ise 108 kilometre mesafededir. Kelkit çayı boyunca uzanan karayolu stabilize bir yol olup, Nıksar' ın Güneyinden geçmekte ve bölgeyi batıdan Tokat ve Amasya' ya, doğudan ise Erzincan' a bağlamaktadır. Nıksar' a bağlı köylere ulaşım Ünye -

Akkuş - Niksar karayolu üzerinden yapılmaktadır. Saha çalışmaları sırasında yapımı gerçekleştirilen Niksar Çevreyolu' da Kelkit çayı boyunca uzanan karayolunu direkt olarak Ünye yoluna bağlayacaktır. Bölgede bunlardan başka köyler arasında stabilize yollar bulunmaktadır.

2.4.2. Morfoloji

Canik dağlarının güney eteklerinde yer alan inceleme alanı kısmen tektonizmaya, kısmen de litolojiye bağımlı olarak engebeli bir morfolojiye sahiptir. Bölgede doruklar KB - GD ile KD - GB gidişli ve birbirine paralel olup morfoloji ile yapı uyumludur. İnceleme alanındaki önemli doruk ve akarsular *Şekil 3'* teki topoğrafya haritasında gösterilmiştir.

2.4.2.1. Doruk Ağı

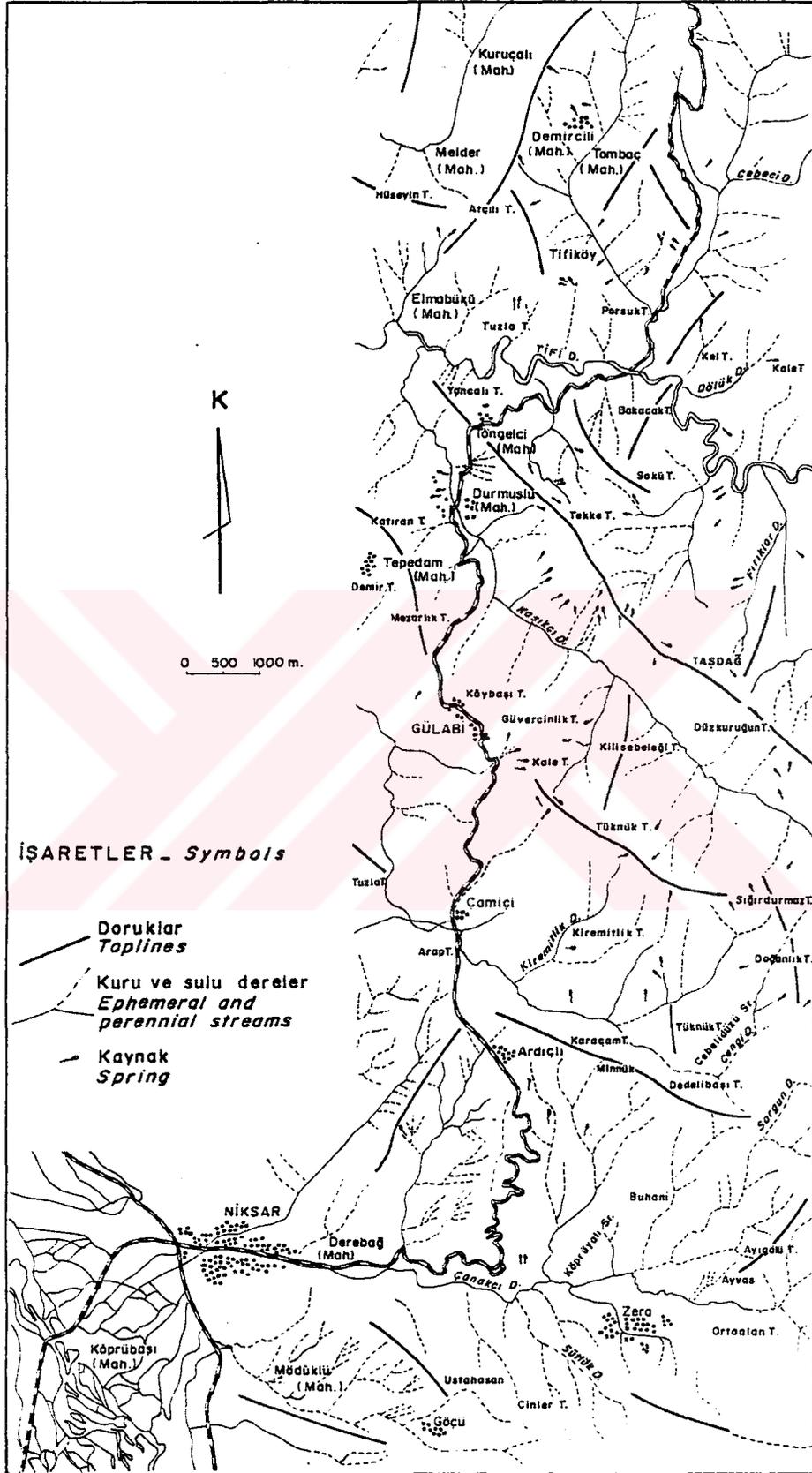
Kelkit vadisinin Kuzey yamacında yer alan inceleme alanında, bölgedeki ana doruklara paralel doğrultularda yükselteleri 1500 metreyi geçmeyen doruklar yer almaktadır. En yüksek tepeler inceleme alanının orta kesimlerinde yer almaktadır. Bunlar, Tüknük Tepe (1500 m.), Kale Tepe (1421 m.), Sığırduramaz Tepe (1484 m.) ve Güvercinlik Tepe (1391 m.)' dir.

2.4.2.2. Akarsu Ağı

Çalışma alanı büyük oranda tektonik yapıyı yansıtan gelişmiş bir akarsu ağına sahiptir. Akarsu ağının yanısıra çoğun kırıkların etkisi ile gelişen çok sayıda kaynak da dikkati çeker. Bölgenin en önemli akarsuyu KB - GD gidişli olan Kelkit çayıdır. Erzincan - Gümüşhane arasındaki Kelkit kasabasının 40 kilometre doğusundan çıkan bu çay Niksar ovasını katettikten sonra Erbaa ovasında Yeşilirmakla birleşir. Kelkit çayından sonra inceleme alanındaki diğer önemli akarsular Tifi ve Çanakçı dereleridir. Yaklaşık Doğu - Batı akışlı olan bu iki dere, fayların etkisi ile menderesli bir yapı kazanmıştır. Niksar ilçesi, inceleme alanının güneyinde yer alan ve Kelkit ırmağına karışan Çanakçı deresi ve yan kollarının aktığı vadilerin taban ve yamaçlarında kurulmuştur.

2.4.3. İklim

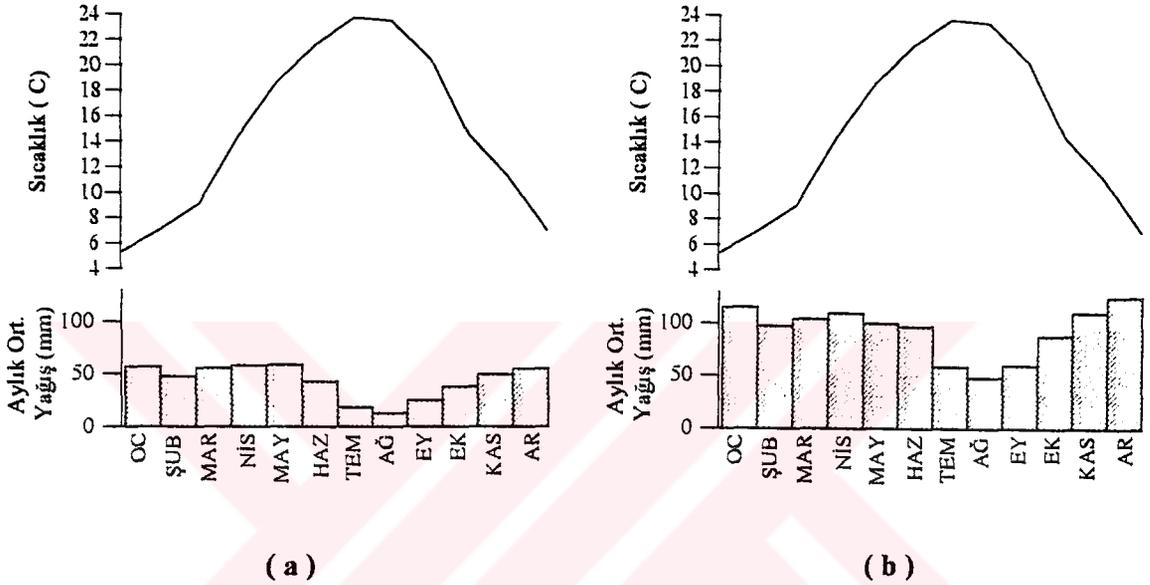
Niksar - Akkuş dolayında yarıtropikal (Akdeniz iklimi) ile nemli orta enlem iklimlerine geçiş iklimi etkindir (SUNGUR, 1994; sözlü görüşme). Niksar dolayında bozulmuş bir Akdeniz iklimi gözlenir (kışları yağışlı, yazları kurak). Akkuşta ise tipik Karadeniz iklimi olmayan, ancak Karadeniz



Şekil 3 : İnceleme alanının doruk ve akarsu ağı haritası

iklimine yakın yağışlı bir Akdeniz iklimi gözlenir. THORNWAITE (1948), iklim sınıflamasına göre çalışma alanındaki iklim; kurak - az nemli, dördüncü derecede mezotermal, su fazlası pek az, okyanus ve kıtasal şartlar arasında tali iklim tipindedir (C.B.O.b²).

Niksar meteoroloji istasyonunun 52 yıllık yağış ve 23 yıllık sıcaklık, Akkuş meteoroloji istasyonunun 26 yıllık yağış ortalamalarının aylara göre dağılımı Şekil 4 a ve b ' de gösterilmiştir.



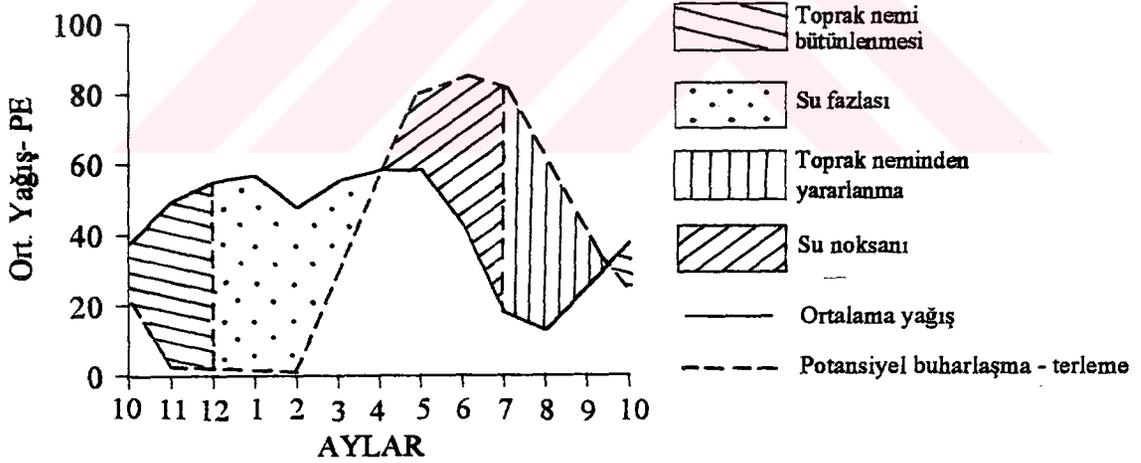
Şekil 4 : a) Niksar b) Akkuş meteoroloji istasyonlarının yıllık yağış ve sıcaklık ortalamalarının aylara göre dağılımı

Accuş istasyonuna ait sıcaklık verileri olmadığından bu istasyona en yakın olan Niksar istasyonunun sıcaklık verileri kullanılmıştır. Buna göre her iki alan için de ortalama sıcaklık 14.7 °C olup, en düşük sıcaklık Ocak ayında ve en yüksek sıcaklık ise Temmuz ayındadır. Yıllık yağış miktarı Niksar istasyonunda 517 milimetre, Accuş istasyonunda ise 110.9 milimetredir. Her iki istasyon verilerine göre PENMAN (1950) yöntemi ile potansiyel buharlaşma - terlemenin (PE) hesaplanmasının yanısıra THORNWAITE (1948) yöntemi ile de Deneştirmeli Nem Bilançosu hazırlanmıştır (Çizelge 1 - 2). Bu çizelgelerden yararlanılarak gerçek buharlaşma - terleme miktarı belirlenmiştir. Niksar ve Accuş istasyonları için yağış ve potansiyel buharlaşma - terleme (PE) ' nin değişimleri Şekil 5 ve 6 ' da gösterilmiştir. Buna göre bilanço dönemindeki yıllık gerçek buharlaşma - terleme miktarı Niksar için 377.7 milimetre, Accuş için 471.9 milimetredir. Bu değerler, Niksar' da yağışın % 72.9' una, Accuş' ta ise % 42.5' ine eşdeğerdir.

Çizelge 1 : Niksar istasyonu için Deneştirmeli Nem Bilançosu

	A Y L A R												YILLIK
METEOROLOJİK ELEMANLAR	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOPLAM
ORTALAMA YAĞIŞ (mm)	37.70	49.70	55.00	56.90	47.73	55.30	58.10	58.40	42.80	17.80	12.60	25.00	517.03
ORTALAMA SICAKLIK (C)	14.40	11.30	7.00	5.30	7.10	9.10	14.40	18.60	21.60	23.70	23.40	20.40	14.69
POTANSİYEL PE (mm)	23.15	3.06	2.62	1.90	1.68	30.58	59.45	81.58	85.29	82.01	61.00	39.58	471.90
DEPO DEĞİŞİMİ (mm)	14.55	46.60	38.80	0.00	0.00	0.00	-1.35	-23.20	-42.90	-33.00	0.00	0.00	
DEPOLANMA (mm)	14.55	61.22	100.0	100.0	100.0	100.0	98.65	75.47	33.02	0.00	0.00	0.00	
GERÇEK PE (mm)	23.15	3.06	2.62	1.90	1.68	30.58	59.45	81.58	85.29	50.82	14.60	25.02	377.71
SU NOKSANI (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.21	48.40	14.58	94.19
SU FAZLASI (mm)	0.00	0.00	13.58	55.00	46.05	24.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.35
SELLENME (mm)	0.00	0.00	6.79	34.30	50.50	35.36	12.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.31

* PENMAN (1950) yöntemine göre hesaplanmış ve THORNWAITE (1948) yöntemine göre hazırlanmıştır.



Şekil 5 : Niksar istasyonu için aylık yağış ve buharlaşma terleme grafiği

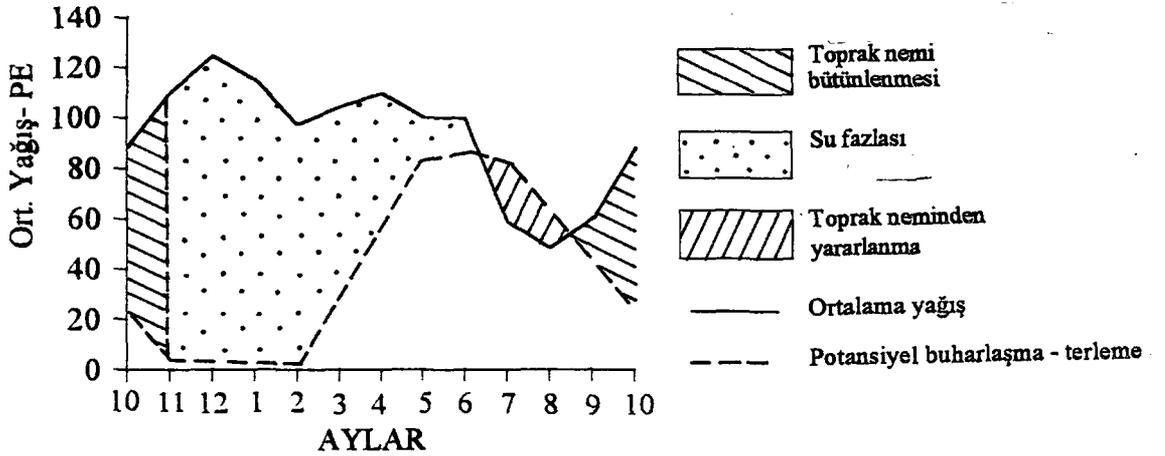
350 metre kotundaki Niksar' da Eylül ayının ortasından Mart ayının ortasına kadar olan dönemde, yağışın potansiyel buharlaşma - terlemeden fazla olmasından dolayı, gerçek buharlaşma - terlemenin tümü, yağıştan karşılanabilir. Aralık ve Mart ayları arasındaki dönemde yağış su fazlası olarak görülür ve sellenir. Temmuz ve Eylül ayları arasındaki dönemde ise su noksanı vardır. 900

metre kotundaki Akkuş' ta, yükseltinin ve bununla orantılı olarak yağış miktarının daha fazla olması sebebiyle durum daha farklıdır. Burada sadece Temmuz ve Ağustos aylarında potansiyel buharlaşma - terleme, yağıştan fazladır. Yine aynı bölgede gerçek buharlaşma - terlemenin tümü, yağıştan karşılanabilir. Kasım ve Haziran ayları arasındaki dönemde yağış su fazlası olarak görülür ve sellenir. Su noksanı yoktur.

Çizelge 2 : Akkuş istasyonu için Deneştirmeli Nem Bilançosu

METEOROLOJİK ELEMENLER	A Y L A R												YILLIK
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOPLAM
ORTALAMA YAĞIŞ (mm)	88.21	110.00	124.60	114.90	97.00	104.00	109.30	99.79	96.49	58.65	48.03	59.91	1110.86
ORTALAMA SICAKLIK (C)	14.40	11.30	7.00	5.30	7.10	9.10	14.40	18.60	21.60	23.70	23.40	20.40	14.69
POTANSİYEL PE (mm)	23.15	3.06	2.62	1.90	1.68	30.58	59.45	81.58	85.29	82.01	61.00	39.58	471.90
DEPO DEĞİŞİMİ (mm)	65.06	14.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-23.26	-12.97	-20.33	
DEPOLANMA (mm)	65.06	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	76.64	63.67	84.00	
GERÇEK PE (mm)	23.15	3.06	2.62	1.90	1.68	30.58	59.45	81.58	85.29	82.01	61.00	39.58	471.90
SU NOKSANI (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SU FAZLASI (mm)	0.00	72.00	122.00	113.00	95.32	73.42	49.83	18.21	11.20	0.00	0.00	0.00	554.96
SELLENME (mm)	0	36.00	96.99	117.50	104.20	84.37	61.63	34.02	14.71	5.60	0.00	0.00	554.97

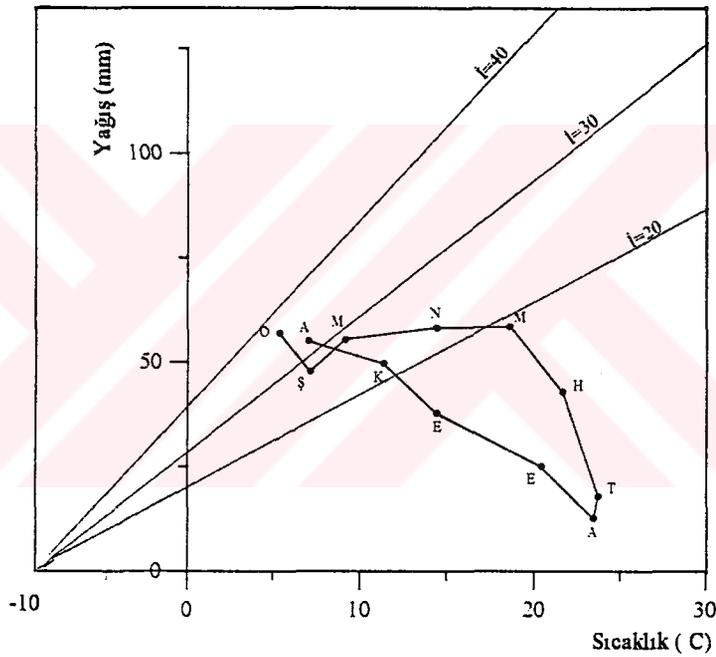
* PENMAN (1950) yöntemine göre hesaplanmış ve THORNWAITE (1948) yöntemine göre hazırlanmıştır.



Şekil 6: Akkuş istasyonu için aylık yağış ve buharlaşma terleme grafiği

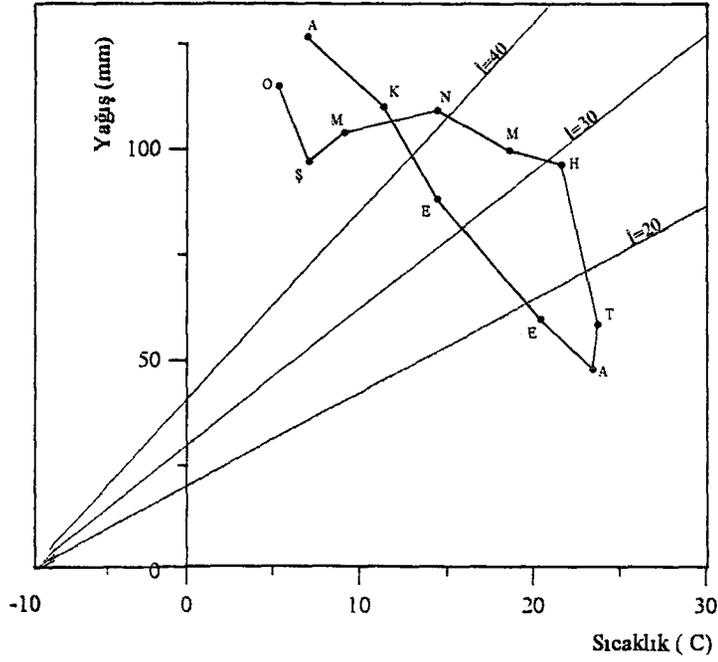
Niksar ve Akkuş alanları için kuraklık indisi de saptanmıştır. Buna göre, Niksar için kuraklık indisi; $I = 21.8$, Akkuş için ise; $I = 46.9$ ' dur. ERİNÇ (1965)' in kuraklık indisi sınıflamasına göre, Niksar yarı kurak, Akkuş ise nemli iklim sınıfındadır. Yine aynı sınıflamaya göre Niksar' daki bitki örtüsü step, Akkuşta' taki ise nemli ormandır.

Ayrıca, Niksar ve Akkuş istasyonlarının yağış ve sıcaklık değerlerine göre bu alanların 52 yıllık yağış ve 23 yıllık sıcaklık ortalama değerlerine göre klimogramları hazırlanmıştır (Şekil 7 ve 8). Buna göre Niksar için, Kasım - Nisan ayları arası geçiş dönemi olup Mayıs - Ekim ayları arası kurak aylardır. Akkuş için ise, Kasım - Nisan ayları arası yağışlı aylardır. Mayıs, Haziran ve Ekim ayları geçiş dönemi olup, Temmuz, Ağustos, Eylül ise kurak aylardır.



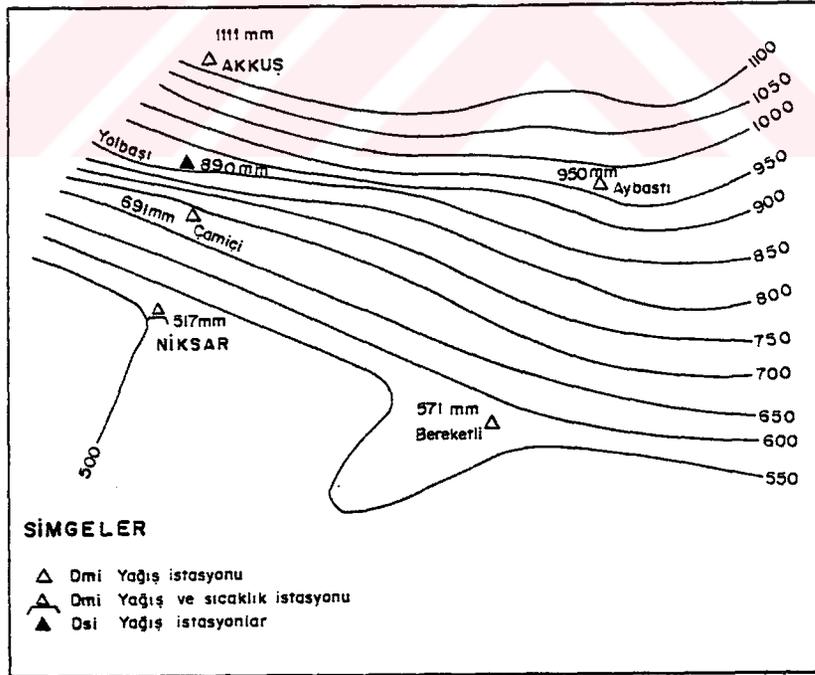
Şekil 7 : Niksar dolayının klimogramı

DMİ Genel Müdürlüğü (1985) verilerine göre; inceleme alanında yıllık en yüksek kar örtüsü ortalama 101 - 200 milimetre, karla örtülü günler sayısı ortalama 10 - 30 gün, don süresi de 20 - 60 gün arasında değişmektedir. Yıllık güneşlenme süresi de Niksar da 2000 - 2200 saat, Akkuş' ta ise 1800 - 2000 saat' tir. Aralarında yaklaşık 550 metre kot farkı olan Niksar ve Akkuş alanları için yıllık ortalama eş yağış eğrileri haritası hazırlanmıştır (Şekil 9). Burada da görüldüğü gibi Akkuş dolayı, Niksar dolayından ortalama 540 milimetre daha fazla yağış almaktadır.



Şekil 8 : Akkuş dolayının klimogramı

İnceleme alanının kuzey kesimlerinin daha çok yağış alması buralardaki kimyasal ayrışmanın önemini arttırmıştır. Buna karşın güneydeki bazaltların daha çok güneş ışınının etkisinde kalması bu kesimlerde de fiziksel ayrışmayı ön plana çıkarmıştır.



Şekil 9 : Niksar ve Akkuş alanları için yıllık ortalama eş yağış eğrileri haritası (DSİ 1990' den değiştirilerek)

2.4.4. Bitki örtüsü

Niksar ve dolayında iki farklı bitki örtüsü tipi bulunmaktadır. Ova seviyesine yakın yerlerde fundalıklar, Yüksek alanlarda ise 1000 metreye kadar kayın, gürgen, meşe v.b. gibi ağaçlar, bu yükseltiden sonra da göknar ormanları bulunur. Tepelerin kuzey yamaçlarında, güney yamaçlarına oranla daha fazla orman bulunmaktadır. Bunların yanında toprak yüzü kısmen çıplaktır. Kelkit vadisini oluşturan ova kesiminde tarım yapılmaktadır



III. BULGULAR

3.1. Stratigrafi

Araştırma alanında Senozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler yüzeilenmektedir. Alttan üste doğru Mudurnu formasyonu, Bilecik kireçtaşı, Vezirhan formasyonu, Kusuri formasyonu, Hasanşeyh formasyonu, Yolüstü formasyonu ile alüvyon ayırtlanmıştır. Kaya birimleri ile bunlara ait özellikler “Genelleştirilmiş stratigrafi sütun kesiti” nde sunulmuştur (*Şekil 10*). Birimlerin inceleme alanındaki dağılım ve ilişkileri de 1 / 25 000 ölçekli jeoloji harita ve enine kesitlerinde gösterilmiştir (*Ek 1*). Bu bölümde; sözü edilen birimler ayrıntılı olarak tanıtılmıştır.

3.1.1. Mudurnu Formasyonu

Çalışma alanında en yaşlı kaya grubunu oluşturan formasyonu, önceleri BLUMENTHAL (1950), “Eosen eski volkanik serisi” olarak tanımlamış, daha sonraları SEYMEN, (1975) bu formasyonun stratigrafik yerinin ve adlandırılmasının doğru bir temele oturtulmadığını belirtmiş ve “Karatepe formasyonu” olarak yeniden tanımlamıştır. ÖZTÜRK (1979), “Seyfe formasyonu” adlamasını kullanmıştır. Mudurnu - Dokurcun - Abant dolaylarında çalışan GÖZÜBOL (1980) ise birimi “Mudurnu formasyonu” olarak adlamıştır. Bu çalışmada, birimin Mudurnu formasyonuna benzer özellikler sunmasından dolayı aynı adlama kullanılmıştır.

Bölgede volkanik kaya elemanlı çakıtaşı ile başlayan birim, kumtaşı, çamurtaşı, tuf, aglomera ve mamlardan oluşan karışık bir istif görünümünde olan Mudurnu formasyonu İnceleme alanında, gri-nefti, gözenekli, küresel ayrışmalı bazaltlar ile gri - nefli, ince tabakalı litik tuf ve gri - nefli - kızıl, kalın katmanlı aglomeralar ile temsil edilir.

Kuzey Anadolu Fay Zonunun, kuzey ve güneyindeki birçok yerde yüzeilen birim çalışma bölgesinin sadece güneydoğusundaki Ortaalan Tepesinin güneyinde dar bir alanda yüzeilenmiştir (*Ek 1*). Formasyon, inceleme alanının dışında en iyi görüldüğü yerlerden biri olan Kara Tepe ve Kalender Tepe arasında; altta volkanik çakıtaşı ve volkanojen kumtaşları ile fazla kalınlık göstermeyen lav ve litik tuf arakatıkları içeren nefli çamurtaşları ve mamlardan oluşur.

M E S O Z O Y İ K M e s o z o i c		S E N O Z O Y İ K C e n o z o i c		ÜST SİSTEM Upper system	
J U R A Jurassic		K R E T A S E Cretaceous		Kuvaterner Quaternary	
ALT JURA Lower Juras.	ÜST JURA Upper Juras.	ALT KRETASE Lower Cretace.	ÜST KRETASE Upper Cretaceous	PLİYOSEN Pliocene	
ORTA JURA Middle Juras.	SENOMANİYEN - KAMPANİYEN Cenomanian-Campanian	ORTA EOSEN Middle Eocene	ÜST EOSEN Upper Eocene		
		LÜTESİYEN Lutetian	PRİABONİYEN Priabonian		
Mudurnu	Bilecik Kçt.	Vezirhan	Hasanseyh	Yolüstü	
200 <	400-1000	500 <	600 <	10-80	110 <
Jm	Jb	Kv	Th	TQy	Qal
				LİTOLOJİ Lithology	
				AÇIKLAMALAR Explanations	
				ALÜVYON - Alluvium	
				BAZALT - Basalt	
				UYUMSUZLUK - Unconformity	
				BAZALT - AGLOMERA - OTOKLASTİK BREŞ - TUF - TÜFFİT - KUMTAŞI - MARN Basalt - Agglomerate - oolastic breccia - tuff - tuffite - sandstone-marl	
				KUMTAŞI - KURLU KİLLİ KİREÇTAŞI - KİLTAŞI - MARN Sandstone - sandy clayey limestone claystone - marl	
				UYUMSUZLUK - Unconformity	
				KİREÇTAŞI - KİLLİ KİREÇTAŞI - MARN - TUF Limestone - clayey limestone marl - tuff	
				UYUMSUZLUK - Unconformity	
				KİREÇTAŞI - Limestone	
				UYUMLULUK - Conformity	
				BAZALT - LİTİK TUF - TUF - AGLOMERA : Basalt - lithic tuff - tuff Agglomerate	
				ÖLÇEKSİZ	

Şekil 10 : İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafi sütun kesiti.

(SEYMEN, 1975). Ladik - Destek dolaylarında ise; metavolkanit, yeşil şist, fillit, kireçtaşı, çakıllı, karbonat çimentolu çakıllı ile başlayan birim boz, ince taneli, sert, orta tabakalı, küresel ayrışmalı kumtaşı; ince tabakalı, yeşil çamurtaşı; açık kül renkli, ince tabakalı tüf; açık koyu renkli, blokumsu ayrışmalı, kalın tabakalı aglomera; gri - mavi - kırmızı mam ardalanmasından oluşmaktadır (ÖZTÜRK, 1979).

Bazaltlar, albit ikizlenmeleri gösteren idiomorf plajyoklas mikrolitleri ile tamamen devitrifiye olmuş ve çoğun hematitleşmiş matriksten oluşmuştur. Amigdaloidal dokuya sahip olan bu bazaltların gözenekleri çoğun zeolitler ile dolmuştur. Matriksleri volkanik camdan oluşan tüfler, formasyona ait diğer birimlerin parçalarını içerirler. Matriks içindeki demiroksit ve kloritler, taşa nefli rengini kazandırmıştır.

İnceleme alanında Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonu ile benzer özellikler gösteren birimin, kuzeyinde yer alan Hasanşeyh formasyonu ile ilişkisinin faylı olduğu, güneyindeki Orta Jura - Kretase yaşlı Bilecik Kireçtaşı ile de uyumlu olduğu belirlenmiştir. Birimin, SEYMEN (1975) tarafından Bilecik kireçtaşı ile uyumlu olduğu, ÖZTÜRK (1979) tarafından ise, dereceli olarak Bilecik kireçtaşına geçtiği belirtilmiştir.

Kalınlığı 200 metreden fazla olan (SEYMEN, 1975) ve *Lenticulina* sp., *Robulus* sp., *Vidalina* sp., *Involutina liassica* (Jones), *Trocholina* sp., *Ophthalmidium* spp. *Lagenidae*, *Phylloceras anatolicum* Meis, *Phylloceras frondosum* Belt, *Pentacrimus laevigatus* Pomp, fosillerini içeren birim Liyas-Dogger yaşlı olup, denizaltı volkanizmasının bol olduğu neritik ortam koşullarında çökelmiştir (ÖZCAN vd., 1980).

3.1.2. Bilecik Kireçtaşı

Bölgede, birçok alanda yüzeylenen birimi; BLUMENTHAL (1950) “Pontid Zonu Alt ve Orta Kretase kireçtaşları”, ERENTÖZ, (1950) ve GÖKSU (1960) “Üst Kretase kireçtaşları”, ÖZTÜRK (1979) “Doğdu formasyonu”, SEYMEN (1975) Hankırıtepesi kireçtaşı, en son TERLEMEZ ve YILMAZ (1980) “Zinav kireçtaşı” olarak adlandırmışlardır. Bilecik dolaylarında da oldukça sürekli mostrası bulunan bu kireçtaşı istifine GRANİT ve TINTANT (1960) ta “Bilecik kireçtaşı” adını vermiştir. Bu araştırmada da benzer özellikleri dolayısıyla “Bilecik Kireçtaşı” adlanması kullanılmıştır.

Birim; sarımsı gri - beyaz, pembe ve kırmızımsı renkli, sert, sıkı, keskin - düzensiz - konkoidal

kırıklı, az gözenekli, orta-kalın katmanlı, çört yumrulu kireçtaşları ile temsil edilmekte ve bol çatlaklı olup, çatlakları kalsit dolguludur (Foto 1).

İnceleme alanında Zera mahallesinin güneyinde görülen birim (Ek 1), bölgede, Reşadiye'nin kuzeybatısındaki Zınav boğazı yamaçlarında, Reşadiye-Niksar arasındaki Kelkit vadisi boyunca ve Niksar çevresinde yüzeylenmektedir. Bilecik kireçtaşının alt düzeyleri Kapaklı yaylası ve doğusuna rastlamakta, batıya ve Zınav deresi dolayına gidildikçe daha üst düzeylere geçilmektedir (TERLEMEZ ve YILMAZ, 1980). Formasyon, Başçiftlik köyü batısındaki Kalender Tepe dolaylarında, beyaz, konkoidal yenilme yüzeyli, biyomikrit ara katmanlı, dereceli katmanlanma gösteren intrasparit ve detritik kireçtaşları ile başlar, çört yumrulu biyomikritlerle devam eder. Zınav boğazında ise altta kalın katmanlı, kırılğan ve bol çatlaklı mikritler ile başlar ve beyaz, kalın katmanlı, Textulariidae, Miliolidae, Tintinidler, Bryozoonlar, Alg ve kavkı parçaları içeren mikrit, dismikrit, intrasparit ve detritik kireçtaşları ile devam eder (SEYMEN 1975), Bilecik yöresinde aynı istif üzerinde çalışan GRANİT ve TINTANT (1960), EROSKAY (1965), ALTINLI (1965), GÜRPINAR (1976), birimin tabanında Orta Jura yaşlı krem, pembe, kötü katmanlanmalı, oolitle yumrulu, bol Ammonitli Belemnit, Lamellibranchia vb. kesikli katman durumundaki demirli oolitlerin üzerinde Üst Jura yaşlı, mikritik kireçtaşlarının olduğunu belirtmişlerdir.

Mikroskopik verilere göre, formasyon; mikrit, biyomikrit, oosparit ve detritik kireçtaşları ile temsil edilir. Birim inceleme alanında altındaki Mudurnu formasyonu ile uyumsuzdur. TERLEMEZ ve YILMAZ (1980), inceleme alanının dışında Bilecik kireçtaşının üzerindeki Vezirhan formasyonu ile uyumsuz olduğunu belirtmişlerdir. Ancak inceleme alanının yakın dolayı ile Orta Sakarya bölgesinde Bilecik kireçtaşı, TUNA (1974)' nın Bolu yöresinde tanımladığı Alt Kretase yaşlı Soğukçam kireçtaşı ve Üst Kretase yaşlı Vezirhan formasyonu ile devam etmektedir. Bilecik kireçtaşının ince orta katmanlı, bej, açık sarı gri mikritik ve çört yumrulu kireçtaşları ile temsil edilen üst düzeyleri Alt Kretase yaşına kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle harita alanında ayrı birim olarak ayırtılmamasına rağmen yaş ve litolojik özellikleri bakımından Soğukçam kireçtaşına eşdeğerdir. Birimin Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonu ile ilişkisi de yer yer uyumsuz yer yer de faylıdır.

Kalınlığı, 400 - 1000 metre arasında değişen birim (SEYMEN, 1975), *Pseudocyclammia lituus* (Yokoyama), *Pseudocyclammia* sp., *Trocholina* sp. *Trocholina elongata* Leup., *Spirillina* sp., *Neotrocholina* sp., Valvulinidae, Vernuelinidae, Lituolidae, Lagenidae (bol kırıklar halinde), Nodosariidae Globigerinidae (bol miktarda), Ophthalmidiidae, fosillerini içermesinden dolayı, Orta, Üst Jura - Alt Kretase yaşındadır (TERLEMEZ ve YILMAZ, 1980). İçermiş olduğu fosillere ve

kaya türü özelliklerine göre bu kireçtaşı, derin olmayan denizel bir ortamda çökelmiştir (TERLEMEZ ve YILMAZ, 1980).

3.1.3. Vezirhan Formasyonu

Formasyon, önceki araştırmacılar (BLUMENTHAL, 1945, 1950; ERENTÖZ, 1950 ve GÖKSU, 1960) tarafından “Üst Kretase flişi” olarak tanımlanmıştır. KETİN ve GÜMÜŞ (1962), Sinop - Ayancık dolaylarında yaptıkları çalışmalarda birime “Yemişliçay formasyonu” adını vermişlerdir. EROSKAY (1965), aynı istifin yer aldığı Bilecik dolaylarında, birimi “Vezirhan formasyonu” olarak tanımlamıştır. SEYMEN (1975), bu formasyonun ayrı birimler halinde olduğunu belirterek “GÖKÇEBEL, KIZILTEPE ve KAPAKLI formasyonu” adları altında incelemiştir. ÖZTÜRK (1979), formasyonu Ladik - Destek yöresinde “Çevirme formasyonu” olarak adlandırmıştır. TERLEMEZ ve YILMAZ (1980), “Mesudiye formasyonu (ayırtlanmamış)” adı altında incelemişler ve bazı yerlerde “Tolluk kumtaşı üyesi ve Nebişeyh kireçtaşı üyesi” olmak üzere iki üye ayırtlamışlardır. En son, AKTİMUR vd. (1989), “Yumaklı formasyonu” adını vererek bu formasyonun içerisinde, “Gökçebel üyesi, Harmankaya üyesi, Kapanboğazı üyesi” olmak üzere üç üye ayırtlamışlardır. Formasyon inceleme alanında ayrı ayrı haritalanamadığı için aynı formasyon adı altında tanımlanmış ve Vezirhan formasyonu adlaması kullanılmıştır.

Volkanojenik fliş fasiyesinde olan istif, bölgede başlıca; egemen kaya türü olan kırmızımsı gri, sert, belirgin katmanlı killi kireçtaşları ile ardalanmalı gri - boz - mavi, ince kalın katmanlı çamurtaşı, çakıtaşı, marn, kumtaşı ve kahverengi - gri tuf, andezit çimentolu, bazalt ve andezit çakıllı aglomera ile yer yer pembe - yeşil - gri, sert, çatlaklı, kristalen tuf ve litik tüfler ile temsil edilmektedir. Formasyon inceleme alanında ise pembemsi - gri, silis ve kalsit dolgulu gelişigüzel çatlaklı killi, mikritik kireçtaşları, gri - boz, ince tabakalı, orta - sert, yumuşak marnlar ile çoğun yeşil tüflerden oluşur.

Genelde Karadeniz kıyı şeridinde paralel olarak uzanan formasyon (AYDIN vd. 1982), inceleme alanında Niksar ilçesinin hemen kuzeyinde ve kuzeybatısında yüzeilenmektedir (*Ek 1*). Harita alanının dışında, batıda Doğanıyurt ilçesi dolaylarında Permian, Jura ve Kretase yaşlı kireçtaşı blokları içermektedir. Buradan başka, Ladik - Destek yöresinde (ÖZTÜRK vd. , 1979), Gököy - Aybastı çizgisinden Karadeniz’ e kadar olan bölgede, Mesudiye ve dolaylarında, Reşadiye - Koyulhisar arasındaki Kelkit vadisinin kuzey yamacında, Reşadiye’ nin kuzeyinde, Zinav gölü dolayında (TERLEMEZ ve YILMAZ, 1980) ve batıda birçok alanda yüzeilenmektedir. Birim aynı

zamanda Bilecik yöresinde de yüzeylenmekte olup, istif olarak aynı özelliklere sahiptir (EROSKAY, 1965).

Petrografik incelemelerde, killi - mikritik - biyomikritik özellikte olan bu kireçtaşlarının içinde bol miktarda foraminiferler ile çoğun limonitleşmiş demir oksitlere rastlanmıştır. Tüfler ise vitrofik dokuda olup, kuvars, sanidin, biyotit, manyetit, ikincil kalsit ve tali olarak da apatit içerirler.

Kalınlığı yaklaşık 500 metre olan (TUTKUN ve İNAN, 1982) formasyon; üzerine gelen Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonu ile yer yer uyumsuz ve faylıdır. İnceleme alanı dışında, altındaki Bilecik kireçtaşı ile uyumsuzdur (TERLEMEZ ve YILMAZ, 1980).

Türbiditik fliş özelliği gösteren birimin içerisinde *Globotruncana cf. helvetica* Bolli, *Globotruncana linneiana* d'Orbigny, *Globigerinelloides* sp., *Dicarinella concovata* Brotzen, *Ticinella* sp., *Hedbergella* sp., *Heterohelix* sp., *Radiolaria*, fosilleri saptanmış ve bu fosillere göre birimin Senomaniyen - Kampaniyen zaman aralığında çökelmiş olabileceği belirtilmiştir (AKTİMUR vd., 1989). Formasyon, içerdiği fosillere göre pelajik ve denizaltı volkanizmasının etkin olduğu bir ortamda çökelmiştir (TERLEMEZ ve YILMAZ, 1980).

3.1.4. Kusuri Formasyonu

BLUMENTHAL (1950) ve GÖKSU (1960) tarafından "Eosen flişi" olarak nitelendirilen formasyonu; daha sonraları KETİN ve GÜMÜŞ (1962), "Kusuri formasyonu", SEYMEN (1975), "Kabaklık formasyonu", ÖZTÜRK (1979), "Ladik formasyonu" ve en son TERLEMEZ ve YILMAZ (1980), "Yeşilce formasyonu" olarak adlandırmışlardır. Tüm Karadeniz bölgesinde çeşitli amaçlarla yapılan birçok çalışmada birim Kusuri formasyonu olarak tanımlandığından, bu araştırmada da aynı adlama kullanılmıştır.

Fliş fasiyesinde olan bu formasyon genelde gri - sarı kiltası, volkanojen kumtaşı, kumlu - killi kireçtaşı ve kireçtaşı arakatmanlı gri - boz - yeşilimsi marnlardan, inceleme alanında ise gri - sarı volkanojen kumtaşı, gri - sarı kumlu - killi, bol fosilli kireçtaşı arakatmanlı, gri - boz - yeşilimsi ve kırmızı kiltası ve marnlardan oluşur.

Formasyon inceleme alanında birçok yerde yüzeylemektedir. Ancak 1 / 25 000 ölçekli haritada gösterilemeyecek kadar dar alanlarda yüzeyletiğinden, sadece Nıksar' ın güneyinde ve güneydoğusunda haritalanabilmiştir (Ek 1). Harita alanının dışında Karadeniz Bölgesinin birçok yerinde yüzeylenen birim, inceleme alanına yakın kesimlerden, Nıksar' ın kuzeybatısındaki Doğanyurt ilçesinin kuzeyinde (HAKYEMEZ vd. 1989), Nıksar ile Erbaa arasında (TUTKUN ve İNAN, 1982), doğuda ise Reşadiye' nin kuzeyinde ve kuzeybatısındaki birçok alanda görülür.

Formasyona ait kumtaşları ve kireçtaşları üzerinde yapılan petrografik incelemelerde, kireçtaşların mikritik ve bol fosilli olduğu, kumtaşlarının ise çoğun kalsit çimento içinde, bol miktarda volkanik kaya parçaları ile feldispat, piroksen, hornblend, demir oksit ve fosillerden oluştuğu gözlenmiştir.

Altındaki tüm birimlerle uyumsuz olan birim, üstünde yer alan Hasanşeyh formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. SEYMEN (1975), birim içerisinde *Nummulites atucirus* Joly et Leymerie, *Nummulites laevigatus* (Brugiere), *Nummulites lamarcki* d'Archiac et heime, *Nummulites uronensis* de la Harpe (A ve B formları), *Nummulites* sp. (gurup aturicus), *Assilina exponens* Sowerby, *Assilina mamillata* (d'Archiac), *Assilina* sp., *Marssonella* sp., *Arenobulimina* sp., *Lenticulina* sp., *Rotalia* sp., *Nodosaria* sp., *Triloculina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Cibicides* sp., *Eponides* sp., Ostracod fosillerini belirlemiş ve buna göre birime kısmen Alt, ancak kesinlikle Orta ve Üst Lütésiyan yaşını vermiştir.

Birim, türbiditik akıntılarının egemen olduğu derin deniz ortamında, zaman zaman da Nummulitli kireçtaşlarının çökelebileceği sığ su ortam koşullarında çökelmiştir (AKTİMUR vd., 1989).

3.1.5. Hasanşeyh Formasyonu

Çoğun volkanik seriden oluşan bu formasyonu; BLUMENTHAL (1945, 1950), "Pontik Zonun Eosen Andezit Örtüsü", ERENTÖZ (1950) ve GÖKSU (1960) kısmen "Üst Kretase volkanik fasiyesi", kısmen de "Aktüel bazalt örtüsü" olarak incelemişlerdir. Birimi daha sonraları KETİN ve GÜMÜŞ (1962) Kusuri formasyonuna ait "Sürmeli üyesi", SEYMEN (1975) " Hasanşeyh formasyonu", TERLEMEZ ve YILMAZ (1980) "Yeşilce formasyonu" na ait "Hasanşeyh bazaltı, Asarcık ve Hatipli üyeleri", TERZİOĞLU (1985) "Yeşilce formasyonu" na ait "Hatipli volkanodetritikleri, Bayırköy volkanitleri, "Hasanşeyh bazalt" üyeleri, en son YOLDAŞ vd. (1985)

“Tekkeköy formasyonu” adı altında incelemişlerdir. Bu çalışmada, birimi ilk kez formasyon düzeyinde tanımlayan SEYMEN (1975)’ in “Hasanşeyh formasyonu” adlaması kullanılmıştır.

Genellikle siyah - gri - kırmızı iri kristalli kalın bazaltların yanısıra siyah - gri - kırmızı aglomeralar, otoklastik breşler (Foto 2) ile yeşil - gri - boz yumuşak - orta sert tuf ve tüffitlerden oluşan birim içerisinde yer yer volkanik kumtaşları, yanmış nummulitler içeren siyah - nefli çamurtaşları ve beyaz marm düzeylerine rastlanılmıştır (Foto 3). Tifi deresi kuzeyinde görülen ve genel eğimi kuzeye doğru olan bu formasyonun üst düzeylerinde ise koyu siyah, iri piroksen fenokristalli bazaltlar, volkanik kumtaşları, yeşil - boz - gri tüfler ile kırmızı çamurtaşları (lahar) yer almaktadır.

İnceleme alanının büyük bir bölümünü kapsayan bu formasyon (Ek 1), yörede; batıda Erbaa, doğuda Ünye - Ordu - Koyulhisar ve Reşadiye dolaylarında, inceleme alanının dışında ise Karadeniz Bölgesinin birçok yerinde yaygın olarak görülür.

Formasyonun egemen litolojisini oluşturan bazaltların petrografik özelliklerine, araştırmanın amaçları açısından önemli bir yeri olmasından dolayı, mühendislik jeolojisi bölümünde ayrıntılı olarak değinilecektir. Hasanşeyh formasyonuna ait diğer birimlerden birini oluşturan tüfler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde, bunların vitrofirik dokulu, camsı bir hamur içinde bol miktarda köşeli ve yarı köşeli volkanik kaya parçaları ile plajjoklas, piroksen, olivin ve demir oksit tanelerinden oluştuğu görülmüştür. Volkanik kaya parçaları çoğunlukla bazalt bileşimlidir. Aglomeralar ise tüflü bir hamur içinde birkaç santimetre çapına erişen, çoğun köşeli volkanik kaya parçalarından oluşmaktadır.

Formasyon, inceleme alanında Hasanşeyh formasyonu altında bulunan Kusuri formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Üstünde ise Yolüstü formasyonu ile yer yer uyumsuz ve faylıdır (Foto 4). Yaklaşık kalınlığı 600 metre olan (TERZİOĞLU, 1985) formasyonun yaşını; BLUMENTHAL (1950) Üst Eosen - Alt Oligosen, SEYMEN (1975), birimin altında yeralan formasyondan elde ettiği paleontolojik verilere göre Üst Lütésiyen, YOLDAŞ vd. (1985) Orta - Üst Eosen, TERZİOĞLU (1985) ise aynı tipten lavların altındaki birimin üst düzeyleri içinde arakatıklar halinde gözlenmesi ve ayrıca bu birimin üzerinde yer almasından ötürü Üst Lütésiyen - Priaboniyen (?) olarak saptamıştır. Bu çalışmada da, birimin Orta Eosen yaşındaki Kusuri formasyonunun üzerinde yer alması dikkate alınarak Üst Eosen - Priaboniyen (?) yaşı benimsenmiştir.



Foto 1 : İnceleme alanının güneydoğusunda yüzeylenen Bilecik kireçtaşında fayın etkisi ile gelişen kırıklı yapı

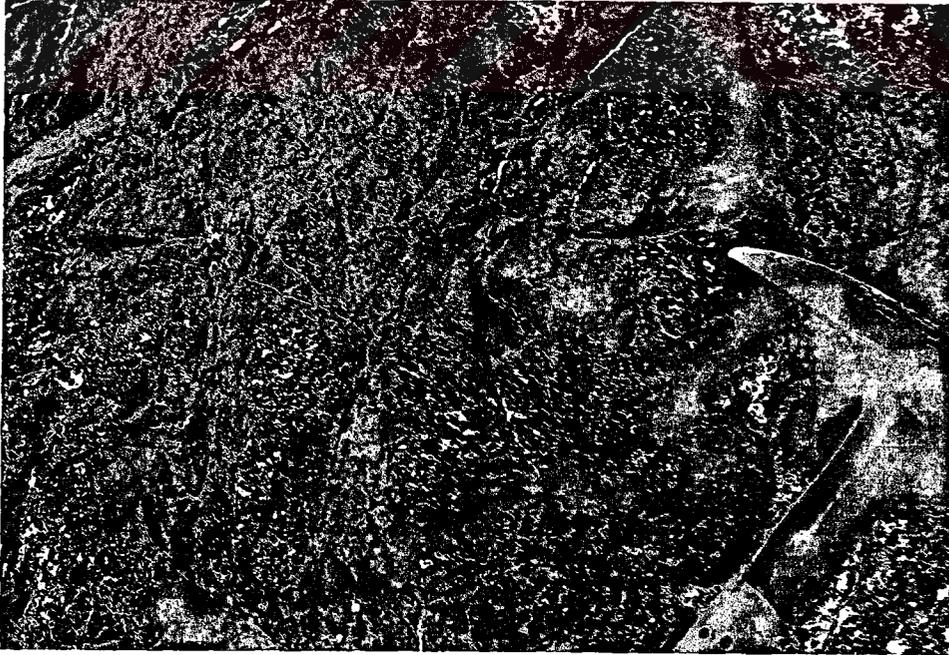


Foto 2 : Hasanşeyh formasyonu içerisinde sık rastlanılan otoklastik breşler



Foto 3 : Hasanşeyh formasyonu içinde görülen kuzeye eğimli volkanik kumtaşı, nefli çamurtaşları ve beyaz marn düzeyleri



Foto 4 : Niksar çevreyolu güzergahında, Hasanşeyh formasyonu ile Yolüstü formasyonunun uyumsuz ilişkisi

GEDİK ve ERCAN (1983) inceleme alanının içinde bulunduğu tüm Pontidlerdeki Üst - Kretase - Eosen yaşlı volkanitlerin ada yayı gurubundan olabileceklerini belirtmişlerdir.

3.1.6. Yolüstü formasyonu

Birim, TCHIHATCHEFF (1867), PAREJAS vd. (1942) ve ERENTÖZ (1950) tarafından ayrılanmış olmasına rağmen, ilk kez SEYMEN (1975) tarafından "Yolüstü formasyonu" olarak tanımlanmıştır.

Bölgede bazalt, andezit ve tüften meydana gelen birim, inceleme alanında koyu gri - siyah, ayrışma rengi açık kahverengi - gri, sert, gözenekli yer yer cürufumsu bazaltlardan oluşmuştur.

Kelkit vadisi fay zonu ile Ladik - Niksar - Bereketli fay zonu arasında kalan kesimde küçük - büyüklü birbirinden bağımsız, çok sayıda krater ve / veya lav kaynağının bulunduğu birim (SEYMEN, 1975), inceleme alanında Niksar' ın doğusunda ayrıca Ladik - Niksar - Bereketli fay zonu boyunca yüzeylenmektedir.

Araziden alınan örnekler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde bazaltların vitrofirik, porfirik ve pilotaksitik dokularda oldukları ve plajioloklas, hornblend, ojit, manyetitten oluştuğu gözlenmiştir. Plajioloklaslar yarı özşekilli ve özşekilli mikro fenokristaller halindedir.

Ortalama 10 - 80 metre kalınlığa sahip olan formasyon (AKTİMUR vd., 1990), bölgenin tektoniği ile ilgili olup, altında bulunan Hasanşeyh formasyonu ile ilişkisi yer yer faylı, yer yer de uyumsuzdur. Bu formasyona ait lavların, bölgede Pliyo - Kuvaterner yaşlı Hatipli formasyonunu örtmesi ve yine bölgede yer yer genç vadi tabanlarına akmış olması volkanizmanın Pliyo - Kuvaterner ve Holosende de faaliyet göstermiş olabileceği kanısını uyandırır (SEYMEN, 1975).

3.1.7. Alüvyon

Kelkit vadisi boyunca geniş alanlarda görülen ve Niksar ovasını dolduran alüvyon, Kelkit ırmağı ve yan kollarının taşıdığı, tutturulmamış veya gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kilden oluşur. Çanakçı deresinin taşıdığı malzemenin çoğu, iri blok, çakıl ve kum boyutlarındadır. Niksar Ovasında alüvyonun kalınlığı 110 metreden azdır (CANİK, 1992).

3.2. YAPISAL JEOLJİ

İçinde bulunduğu bölgenin tektonik evrimi ile ilgili olarak, birçok yapısal hareket geçiren inceleme alanının yapısal jeolojisi; uyumsuzluklar, katmanlanmalar, kıvrımlar, faylar ve çatlaklar olmak üzere beş başlık altında incelenmiştir. Bu bölümde sözü edilen yapısal unsurların, ayrıntılı tanıtımı yapılarak, ilişkileri ortaya konulmuştur.

3.2.1. Uyumsuzluklar

Çalışma alanında üç ayrı uyumsuzluk gözlenmiştir. Bunlardan birincisi, inceleme alanının güneydoğusunda yer almaktadır. Bu uyumsuzluk ile Orta - Üst Jura ve Alt Kretase yaşlı Bilecik kireçtaşının üzerine Orta - Üst Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonu gelmektedir. İnceleme alanında görülen ikinci uyumsuzluk Üst Kretase yaşlı Vezirhan formasyonu ile Orta - Üst Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonu arasındadır. Üçüncü uyumsuzluk ise Orta - Üst Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonu ile Pliyo - Kuvaterner yaşlı Yolüstü formasyonu arasında bulunmaktadır (*Ek 2*).

3.2.2. Katmanlanmalar

Orta - kalın, katmanlanmaya sahip olan Bilecik kireçtaşının katmanlanma doğrultusu genellikle KD-GB, eğimi ise KB' yadır. Vezirhan formasyonuna ait killi kireçtaşları orta - kalın belirgin katmanlı, tuf ve marnlar ise ince katmanlı olup, katmanlar yer yer tektonizma etkisiyle belirginliklerini yitirmişlerdir. Katman doğrultuları çoğun K60-80D, eğimleri ise ortalama 25 - 30° KB' yadır. Kusuri formasyonunu oluşturan ince - orta katmanlı, volkanojen kumtaşı ve kumlu - killi kireçtaşı arakatmanlı kilitaşı ve marnlardan alınan ölçümlerden genel doğrultuların K70-80B, eğimlerin ise 40 - 45 KD' ya olduğu saptanmıştır. Hasanşeyh formasyonunun volkanik kumtaşı çamurtaşı ve mam düzeyleri ince - orta katmanlıdır. Bu düzeylerin katmanlanma doğrultuları yaklaşık K60-90B, eğimleri ise ortalama 5- 40 KD' dur.

3.2.3. Kıvrımlar

İnceleme alanındaki birimler Alpin dağ oluşumu etkisiyle kıvrımlanma geçirmişlerdir. Dayanımlı ve sert kireçtaşlarından oluşan Bilecik kireçtaşı hafif kıvrımlıdır. Farklı deformasyon özelliğine sahip kaya topluluğundan oluşan Vezirhan formasyonu ise küçük ölçekli disharmonik kıvrımlıdır. Kusuri ve Hasanşeyh formasyonuna ait birimler 5° - 45° lik açılar ile kuzeye eğimli

monoklinal yapılar gösterir ve Karadenize uzanır. Bu kesim kıvrımlanmamış, fakat hafifçe kuzeye doğru eğim kazanmıştır (BLUMENTHAL, 1950; MAUCHER vd., 1962; SEYMEN, 1975).

3.2.4. Faylar

Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisinde yer alan inceleme alanı, bölgenin genel tektonik yapısına uygun olarak ileri derecede kırıklı ve faylıdır. Harita alanında yer alan, çoğu hava fotoğrafları ile saptanan ve arazi çalışmaları ile denetlenen faylar ayrıntılı olarak değerlendirilmeden önce, Kuzey Anadolu Fay Zonuna kısaca değinilmiştir.

3.2.4.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu

Üzerinde pek çok araştırmacının çalıştığı, çok sayıda faydan oluşan ve zonal yapı gösteren bu kuşağı ilk kez KETİN (1948) “Kuzey Anadolu Fay Zonu” olarak adlayarak bu zonun doğrultu atımlı sağ yönlü bir fay zonu olduğunu belirtmiştir.

Yaklaşık 15 kilometre genişliğinde olan (SEYMEN, 1975; BARKA, 1985; ŞAROĞLU vd., 1987) bu zonun uzunluğu için düşünülen konum ve lokasyonların farklı olmasından dolayı; 1000 kilometre (AMBRASEYS, 1970), 1600 kilometre (KETİN, 1976), 1150 kilometre (ALLEN, 1980), 1500 kilometre (BARKA vd., 1988) gibi birçok değer verilmiştir. ŞENGÖR (1981) Kuzey Anadolu Fay Zonunu, transform fay olarak kabul ederek, Anadolu plakasının Burdigaliyen’ de Arap plakası ile Avrasya plakası arasında sıkışarak kalınlaşması ve bu sıkışmanın etkisini daha fazla karşılamayacağı bir kalınlığa erişmesi sonucunda, önünde doğal bir engel olmaması nedeniyle büyük kısmının batı’ ya doğru kaçtığını ve bu hareketin etkisiyle plaka sınırı boyunca gelişen Kuzey Anadolu Fay Zonunun oluştuğunu belirtmiştir. En son BARKA (1993), K70B doğrultusundaki bu fay zonunun, Miyosen’ den Pliyosen’ e kadar olan zamanda geniş bir kayma zonu olarak oluştuğunu ve Pliyosen başında tek kırık olarak dar bir zon halini aldığını vurgulamıştır.

Kuzey Anadolu Fay Zonunun atımı SEYMEN (1975) tarafından 0.5 - 0.6 cm / yıl, BARKA vd. (1988) ile JACKSON ve McKENZIE (1988) tarafından ise 1 - 1.1 cm / yıl olarak belirlenmiştir. Bu zon boyunca doğrultu atımının miktarını ise PAVONİ (1961) 350 - 400 kilometre, TOKAY (1973) 60 - 80 kilometre ve SEYMEN (1975) 85 ± 5 kilometre olarak düşünmüşlerdir.

SEYMEN (1975), Kelkit vadisi kesiminde yaptığı çalışmada fayları iki grupta toplamıştır. Birinci gurup; K70B doğrultulu ve aktif faylara koşut olan, Ladik - Niksar - Bereketli fay zonu, Hanyeri - Gökçebel fay zonu ve Kelkit vadisi fay zonudur. Bu üç zonda da sağ yönlü doğrultu atımların oluştuğunu öne sürmüştür. Araştırmacı ikinci gurubun ise, K0-50D doğrultulu ikincil karşıt faylar olduğunu belirtmiştir. Ladik - Niksar - Bereketli fay zonu inceleme alanının güney kesiminde yer almaktadır. Bu fay zonunun güneyindeki faylar ise, bu zon ile Kelkit vadisi fay zonu arasında kalan faylardır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu ve kuzeyinde yer alan, inceleme alanındaki faylar SEYMEN (1975)' nin ayırımına uygun olarak iki grupta değerlendirilmiştir.

3.2.4.2. Kuzey Anadolu Fay Zonuna koşut faylar

İnceleme alanında bu fayların en önemlileri Derebağ - Çanakçı, Harmançık - Zera, Kizreli - Niksar, Mödüklü - Taşlıca, Çamiçi - Cebelidüzü, Köybaşı - Küçükellyeçe, Kayımlı - Koyanlı, Höben - Bakacak ve Tifi - Taşdağ faylarıdır. Doğrultu atımlı sağ yönlü olan bu faylar morfolojide oluşturdukları düzensizlikler yanında çizgisellikleri ve ezik zonları ile belirginlik kazanmışlardır. Birçoğu boyunca su kaynaklarına rastlanılan ve yer yer bazı küçük yırtılma fayları ile kesilen bu fayların bir kısmı da inceleme alanında formasyon sınırlarını oluşturmaları nedeniyle kolaylıkla tanınabilmışlerdir.

3.2.4.3. Kuzey Anadolu Fay Zonunu enine kesen faylar

İnceleme alanında Kuzey Anadolu fay zonunu yaklaşık K45D doğrultusuyla enine kesen sayısız fay mevcuttur. Bu fayların bir kısmı haritalanabilmiştir (*Ek 1*). Çoğu doğrultu atımlı sağ yönlü olmakla birlikte, bir kısmı doğrultu atımlı sol yönlü olan bu fayların uzanımları diğer faylara oranla azdır. Bunlardan en belirgin olanı Buhani - Doğanlık fayıdır.

3.2.4.4. Diğer faylar

İnceleme alanında Kuzey Anadolu Fayı ile ilgili olmayan büyük olasılıkla daha önceki dönemlerde gelişen faylar da mevcuttur. Bu fayların en önemlileri Niksar - Cercöy fayı ile Cinler - Kıyıyol fayıdır. Yaklaşık D - B doğrultulu olan Niksar - Cercöy fayı düşey fay niteliğinde olup, inceleme alanındaki diğer faylar tarafından kesilmiştir. Çalışma alanındaki uzanımı 3 - 4 kilometre

olan bu fayın Kuzey bloku yükselmiş, güney bloku ise düşmüştür. Eğim atımlı ters fay niteliğinde olan Cinler - Kıyıyol fayının doğrultusu ise K70D olup, eğimi düşeye yakındır. Fayın kuzey bloku alçalmış, güney bloku ise yükselmiştir. İnceleme alanının güneyinde bu faya paralel, aynı karaktere sahip bir fay daha bulunmaktadır.

3.2.5. Çatlaklar

Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzeyinde yer alan inceleme alanında karmaşık bir kırık sistemi mevcuttur. Özellikle ana fay zonları arasında kalan kesimlerde yoğun çatlak düzlemleri gelişerek kaya kütlesi yer yer tamamen parçalı - kırıklı bir nitelik kazanmıştır.

İnceleme alanının en yaşlı birimini oluşturan Mudurnu formasyonuna ait bazalt, tuf ve aglomeralarda yoğun tektonizma nedeniyle kolayca farkedilemeyen çatlak takımları gelişmiştir. Bunlar çeşitli doğrultularda gelişmiş olup, çoğu değişik eğimlere sahiptir. Bu birimden alınan çatlak ölçümlerinden egemen doğrultu, KB - GD ve KD - GB, eğim yönü ise KD ve KB olarak belirlenmiştir. Eğimleri düşeye yakındır.

Çalışma bölgesinin yüksek dayanımlı birimlerinden birini oluşturan Bilecik kireçtaşında üç veya dört çatlak takımı gelişmiştir. Bu kireçtaşında çatlakların egemen doğrultuları KB - GD, eğimleri ise KD' yadır.

Kireçtaşı, killi kireçtaşı, mam, tuf ardalanması ile temsil edilen Vezirhan formasyonunda çatlak takımları diğer birimlere oranla daha az gelişmiştir. Bu da birimin daha çok yumuşak ve sünümlü litolojilerden oluşmasından kaynaklanmaktadır. Bu birime ait çatlakların doğrultuları KD - GB ile KB - GD olup, eğim yönleri genellikle KB ve KD' yadır.

Kusuri formasyonunun kumtaşı, kumlu - killi kireçtaşı, kıltaşı ve mamlarında ise birimlerin sünümlü olmaları sebebiyle çatlaklar iyi gelişmemiştir. Bu birimlerin sağlam kesimlerinden alınan ölçümlerden, çatlak doğrultularının KB - GD, eğim yönlerinin ise KD olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıntılı araştırmaların üzerinde gerçekleştirildiği Hasansayh formasyonuna ait litolojiler aralıkları 5 santimetreden 2 metreye kadar değişen, özellikle yol yarmalarında kolaylıkla farkedilebilen iki veya üç çatlak takımı ve gelişigüzel çatlaklar ile kesilmiştir. Bu birime ait çatlakların egemen

doğrultuları KB - GD ile KD - GB, eğimleri ise çoğun düşey veya düşeye yakın olmakla birlikte KD ve KB' yadır.

Yolüstü formasyonuna ait bazaltlarda da belirgin çatlak takımları gelişmiştir. Bu çatlak takımları boyunca kaya ayrılmıştır. Formasyonda, iki çatlak takımı ile gelişigüzel çatlaklar mevcuttur. Birimde gözlenen çatlakların doğrultuları; KD - GB ve KB - GD, eğimleri ise KB ve KD' yadır.

Araştırmaların amaçları açısından önem teşkil eden, Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltlarda gelişen tüm yapısal unsurlara, "Mühendislik Jeolojisi" bölümünde ayrıntılı olarak değinilecektir.

3.3. JEOLJİK EVRİM

İnceleme alanının jeolojik evrim modeli, birçok araştırmacının bölgede, geniş alanlarda yaptıkları saha çalışmaları sırasında derledikleri bilgilerin ve bulgularının değerlendirilmesi ile ortaya konulmuştur. Bunların yanısıra bölgenin paleocoğrafik evriminde etkin olan jeotektonik evrim de bu başlık altında sunulmuştur.

BLUMENTHAL (1945, 1950), inceleme alanının, en yaşlı kaya gurubunu temsil eden Alt ve Orta Jura yaşlı Mudurnu formasyonuna ait oluşukların, Paleozoyik yaşlı olarak nitelediği metamorfik kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak yer aldıklarını belirtmiştir. Nitekim ÖZCAN vd. (1980), birimin Permo - Triyas yaşlı Turhal gurubu üzerinde uyumsuz olarak bulunduğunu vurgulamışlardır. DEWEY - BIRD (1970) ve SEYMEN (1975)' e göre; Mudurnu formasyonunun volkanik ara katlı klastik bir istif şeklinde gelişmiş olması, Jura başlarında metamorfik eski temelin blok - faylanma veya riftleşme sonucu çökerek bölgenin sığ bir deniz durumuna geldiğini ve bu sırada volkanizmanın faaliyete geçtiğini kanıtlar.

Bilecik kireçtaşının detritik kireçtaşları ile altındaki Mudurnu formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmesi ve mikritik, sparitik ve detritik kireçtaşları ile gelişmiş olması çökeltme bölgesinin Üst Jura' da da türbidit akıntılı pelajik bir ortam (açık deniz) olduğunu, detritik malzemenin havzaya daha sığ durumdaki çökeltme bölgelerinden türbidit akıntıları ile taşındığını belirtir (SEYMEN, 1975).

Senomaniyen - Kampaniyen zaman aralığında türbiditik fliş karakterli Vezirhan formasyonu çökelmiştir. Yörede bir taraftan fliş çökelirken formasyon içerisinde volkanik ara katlarının

bulunması, bölgede bu formasyonun çökmesiyle birlikte volkanik faaliyetin de başladığını göstermektedir (SEYMEN, 1975).

Bölge, Üst Paleosen sonu ile Orta Eosen başlangıcı arasında kara durumuna gelmiş ve kısa süreli bir aşınma evresi geçirmiştir (SEYMEN, 1975). Alt Lütésiyen başlannda bölgede bir ön çukur (AUBOUIN, 1965) havzası oluşmuş ve çökme başlamıştır. Daha sonra volkanik faaliyet başlamış ve Kusuri formasyonunun piroklastik kayaları oluşmuştur. Alt Lütésiyen' den sonra volkanizma büyük bir etkinlik kazanmış ve Hasanşeyh formasyonu oluşmuştur (SEYMEN, 1975). ŞENGÖR ve YILMAZ, 1981'e göre bölgede Malm' den itibaren Tetis okyanusu açılmaya başlamış ve bu okyanusun kuzey kolunun kabuk malzemesinin kuzeyde yer alan Pontid kıtası altına dalmaya başlamasıyla yitim zonu oluşmuştur. İnceleme alanındaki Üst Kretase yaşlı Vezirhan formasyonuna ait volkanitler ile Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonu volkanitleri bu yitim zonundan türeyen ada yayı volkanitleridir (ERCAN ve GEDİK, 1983)

Orta Miyosen ve Pliyosen' de Kuzey Anadolu Fay Zonunun gelişmesine neden olan, genç kabuk hareketleri meydana gelmiştir. Kırıklar boyunca yüzeye ulaşan lavlar, çok sayıda büyük - küçük püskürme merkezlerini, volkan ve lav akıntılarını oluşturmuştur (SEYMEN, 1975). İnceleme alanında ise yüzeye çıkan bu lavlar, Yolüstü formasyonuna ait bazaltları oluşturmuştur.

3.4. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Birçok mühendislik yapısının yüzeyde veya yüzeye yakın derinlikte, belirli bir derecede ayrılmış kaya üzerinde gerçekleştirilmesinden dolayı ayrılmamış ana kayadan çok farklı mühendislik parametrelerine sahip olan ayrılmış kayaç ve rezidüel zeminlerin, mühendislik jeolojisindeki önemi büyüktür.

Ana kayadan zemine olan dereceli geçiş, ayrışma sebebiyle olur (REICHE, 1950; OLLIER, 1969; CARROLL, 1970; HUNT, 1972 ve BIRKELAND, 1974, 1984). Kaya ve zemin arasındaki sınırın anlaşılabilmesi için ayrışma ve zemin oluşumu süreçlerinin araştırılması gereklidir. Bu bölümde, Niksar yöresindeki Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltların ayrışmasında etkin olan ortamsal faktörlere ve bu faktörlerin etkisi ile gelişen yapısal, petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellik değişimleri ile bunların mühendislik açısından önem arzeden sonuçları üzerinde durulacaktır.

3.4.1. Ayrışmanın tanımı

Geçmiş jeolojik dönemlerde, yüzey ve yeraltında farklı sıcaklık ve basınç koşullarına maruz kalan kayalar, yüzeyde veya yüzeye yakın yerlerde farklı ortam koşullarının etkisi ile, bu yeni koşullara uyum sağlamak için değişim gösterirler (FOOKES vd. 1971). Bu değişim sırasında, kayacı oluşturan birincil minerallerin bir kısmı; yeni ortam koşullarına uyum sağlayabilmeleri, yeterli sürenin geçmemesi veya zayıf etkili kimyasal maddeler dolayısıyla duraylı kalabilir. Bunun yanısıra diğer minerallerin bazı elementleri suda çözelti haline geçerken, bazıları da yeni ortam koşullarına uygun ikincil mineralleri geliştirirler.

Ayrışma için birçok tanımlama yapılmıştır. Bu tanımlamalar arasındaki fark, çoğun toprak bilimcilerin, jeomorfologların ve jeologların bakış açılarından kaynaklanmaktadır. WEINERT (1965) ve FOOKES (1970), yüzey kayalarının mühendislik özelliklerini belirleyen en önemli etkenin kayacın oluşumundan sonraki ayrışma sürecinin olduğunu belirtmişler ve ayrışmayı, kayaların hidrosfer ve atmosferin doğrudan etkisi altındaki değişme olayı olarak tanımlamışlardır. Ayrışma süreçleri; çok ağır gelişen, tamamlanmamış ve çoğunlukla da tersinir olmayan tepkimelerdir (KRAUSKOPH, 1967). Genel anlamıyla ayrışma, kaya bünyesinde, ortam şartlarının etkisi ile çoğun yavaş gelişen, ilerleyici, mühendislik açısından önemli sonuçlar doğuran fiziksel mekanik olaylar serisidir. Ayrışmanın etkisiyle kayalar taze durumlarındaki bileşim ve özelliklerini yitirirler.

Alterasyon ve ayrışma sözcükleri çoğu kez eş anlamlı tutulmaktadır (GARY vd. 1972). CAROLL (1970) ve VALETON (1970), bu değişimi alterasyon olarak tanımlamışlar ve alterasyon ile bir kayacın mineralojik bileşiminde fiziksel veya kimyasal etkenlerle oluşan her tür değişimi ifade etmişlerdir. Yine aynı yazarlar, alterasyonun geniş anlamda hidrotermal alterasyonla birlikte ayrışma (günlenme) ve diyajenezi de kapsadığını belirtmişlerdir. İRFAN (1981) ise, yeraltında kabuk içindeki kayalarda meydana gelen değişimi "hidrotermal alterasyon", yüzeyden derine doğru etki eden ve etkisi giderek azalan değişimi ise "ayrışma" olarak tanımlamıştır. Bu araştırmada da bu tanımlama esas alınmıştır.

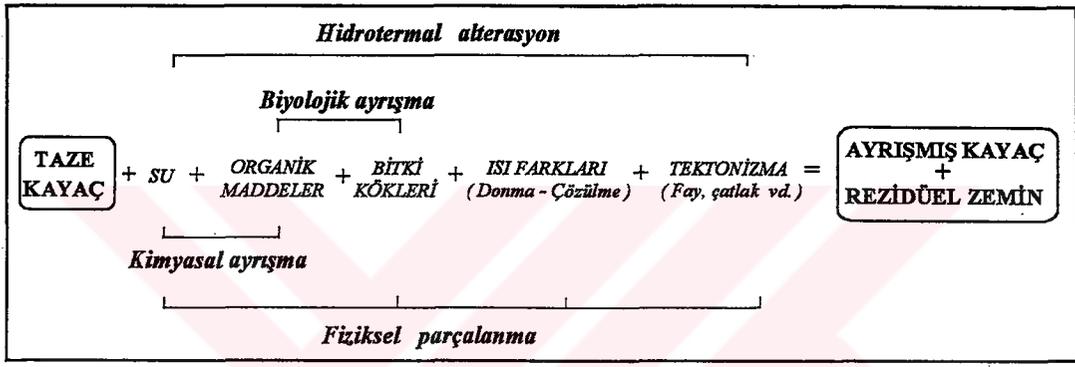
Ayrışmanın hızı ve derecesi; kayacın litolojisinin yanısıra, içerdiği süreksizlikler, yeraltı ve yerüstü suları, iklim, bitki örtüsü, topoğrafya ve zamana bağlı olarak değişim gösterir. Böylece ayrışma (A), sözü edilen faktörlerin fonksiyonu olarak;

$$A = f(L, S, Y, İ, B, T, Z)$$

şeklinde belirtilebilir. Burada; L: litoloji, S: süreksizlikler, Y: yeraltı ve yerüstü suları, İ: iklim, B: bitki örtüsü, T: topoğrafya ve Z: zamanı ifade etmektedir. Bu faktörlerin önem dereceleri, kısa mesafelerde değişen ortam şartlarına göre farklılıklar sunmaktadır.

3.4.2. Ayrışma tipleri

Ayrışma, zaman ve ortam şartlarının bir fonksiyonudur. Bu şartların etkisinde kayaçlar fiziksel parçalanmaya uğramalarının yanısıra kimyasal ve biyolojik ayrışma ile hidrotermal alterasyona uğrarlar. Farklı ayrışma tiplerinin hangi koşulların etkisinde geliştiği Şekil 11 'de özetlenmiştir.



Şekil 11 : Farklı ayrışma tiplerinin gelişmesi için gerekli koşullar

Fiziksel parçalanmada, kayaç mekanik olarak parçalara ayrıldığından birçok araştırmada mekanik parçalanma tanımlaması da kullanılmıştır. Mekanik olarak kayaç, çatlakların açılması, yeni süreksizliklerin oluşması ve bunlara ilave olarak tane dokanakları ve taneler boyunca çatlaklarla parçalanır. OLLIER (1984) ile TUCKER ve POOR (1978) farklı fiziksel ayrışma süreçlerinin kayaya uyguladıkları gerilmeleri sayısal olarak ifade etmişlerdir (Çizelge 3).

Çizelge 3 : Fiziksel ayrışma süreçlerinin kayalara uyguladıkları gerilmeler. (OLLIER,1984; TUCKER ve POOR, 1978' den)

Fiziksel ayrışma süreçleri	Uygulanan gerilme (Mpa)
Donma (Max. -20 °C' de)	200
Tuzların kristallenmesi	2-20
Tuzların hidratasyonu	100
Killerin hacim artışı	2

Kimyasal ayrışma ile yüzeydeki kayalar, ortam koşullarının etkisi altında kimyasal tepkimelere uğrayarak daha büyük hacimli, buna karşılık daha az yoğun bileşikler oluştururlar. Kimyasal ayrışma süreçleri başlangıçta basit görünmekle birlikte, sayısız birçok faktörün etkisiyle karmaşık bir hal alır. Bu tür ayrışma sıcaklığın yükselmesiyle artmakla birlikte, nemli ortamda ve alçak yükseltilerde daha hızlı gelişir.

Biyolojik ayrışma yüzeyden belirli bir derinliğe kadar etkisini gösterir. Biyolojik ayrışma işlemleri, başlıca bakterilerin etkisi ile çürüten organik maddelerden türeyen hümik asitle gelişir. Bitkilerin kimyasal etkilerinin yanısıra, fiziksel etkileri de vardır. Bitki kökleri, kayacın süreksizliklerinin daha da açılmasına sebep olmalarının dışında yeni süreksizlikleri de geliştirirler.

Hidrotermal alterasyon, “kabuk” içinde gelişen bir iç olaydır. Bu değişimde su önemli rol oynar. Hidrotermal alterasyonun etkileri; silisleşme, killeşme ve diğer şekillerde ortaya çıkar.

Yukarıda sözü edilen farklı ayrışma tiplerinin kayalardaki etkileri ve bunların sonuçları Şekil 12’ de özetlenmiştir. Ayrışma türlerinin, inceleme alanında görülen bazaltlar üzerindeki etkileri tartışılmadan önce , bu kayalarda ayrışmayı denetleyen ana faktörlere aşağıda kısaca değinilmiştir.

Fiziksel ayrışmayı oluşturan etkenler	Fiziksel ayrışma	Sonuçlar	Etkiler
Yük kalkması (Erozyon v.s.)) Tektonizma Islanma - kuruma Donma - çözülme Yabancı kristallerin oluşumu Bitki kökleri Güneş radyasyonu Kaya yüzeyindeki kolloidal malzemelerin kuruması	Kütlesel gevşeme Eklemlerin açılması Süreksizlik artışı Fiziksel parçalanma Ufalanma	Hacim artışı Yüzey alanı artışı Dane boyu küçülmesi	
Kimyasal ayrışmayı oluşturan etkenler	Kimyasal ayrışma	Sonuçlar	
İklim Su (Yeraltı ve yerüstü suları) Organik aktivite	Hidratasyon Hidroлиз Çözünme Oksidasyon	Ayrışmamış mineraller Yeni minerallerin gelişimi Kimyasal çözeltiler	
Biyolojik ayrışmayı oluşturan etkenler	Biyolojik ayrışma	Sonuçlar	
Bitki kökleri Topraktaki canlılar	Köklerin kama etkisi Topraktaki canlıların oyma işlemleri Organik asitlerin gelişimi	Kimyasal ve fiziksel etkilerin birleşimi	

Şekil 12 : Farklı ayrışma tiplerinin kayadaki etkileri

3.4.3. Bazaltlardaki ayrışmayı denetleyen ana faktörler

Bu araştırma için ayrışma olayında sistemde etkin olan faktörleri belirgin bir şekilde ortaya koymak amacıyla aynı kayaç türü seçilmiştir. Ancak, diğer faktörlerin yerel olarak farklılıklar sunması, bunların önem sıralarını yer yer değiştirmiştir. Aşağıda bu faktörlere sırasıyla değinilecektir.

3.4.3.1. Litolojik özellikler

Çalışmaların üzerinde gerçekleştirildiği bazaltlar, ana mineraller olarak; plajiyoklas ve piroksenin yanısıra opak mineraller ile çok az miktarda olivin ve apatit içerirler. Bazaltları oluşturan minerallerin kimyasal bileşimleri aşağıda sunulmuştur.

Plajiyoklas : Si, Al, Na, Ca

Piroksen : Si, Ca, Mg, Fe, Al

Olivin : Si, Fe, Mg

Bazaltlar ile diğer ana magmatik kayaç grupları arasındaki ilişkiler DEARMAN (1974) tarafından Çizelge 4 de özetlenmiştir.

Çizelge 4 : Bazaltlar ile diğer magmatik kayaç grupları arasındaki ilişki (DEARMAN 1974' dan)

MAGMATİK			KÖKEN		
Masif			Yapı		
Kristalli ve kriptokristalli			Doku		
Açık renkli mineraller; kuvars, feldspatlar, mika ve feldsparımsı minerallerdir.			Bileşim		
PEGMATİT			Çok iri		
GRANİT	DİYORİT	GABRO	İri	60	Tane Boyu (mm)
MİKRO G.	MİKRO D.	MİKRO G.	Orta	2	
RİYOLİT	ANDEZİT	BAZALT	İnce	0.06	
obsidiyen ve katrantası		Takilit	Çok ince	0.002	
			CAMSI		
0	20	40	100	Renk indeksi	
Açık renkli minerallerin %5-10'u kuvars		Açık renkli minerallerin %0 -10'u kuvars			

Çizelgede görüldüğü gibi bazaltların renk indeksleri diğer magmatik kayaç guruplarına oranla daha yüksektir. Bunun yanısıra içerdiği fenokristaller matriks içinde dağılmış durumdadır. Ayrıca aynı kaya türü içindeki çeşitli minerallerin kimyasal ayrışmaya olan tepkileri de değişik olup, kayacın dokusu, fabriği, boşlukları, kristal boyutları, vd. ayrışmaya farklı derecede etkir. Bu amaçla Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltlar kendi içlerinde makroskopik olarak doku ve mineral içeriklerine göre üç farklı fasiyese ayrılarak incelenmiştir. Bu fasiyesler,

- (1) İri plajjoklas fenokristalli bazaltlar
- (2) Küçük fenokristalli bazaltlar
- (3) İri piroksen fenokristalli bazaltlardır.

Aşağıdaki bölümlerde, kolaylık sağlaması amacıyla bu fasiyesler “A, B, C” fasiyesleri olarak anılacaktır.

(1) **İri plajjoklas fenokristalli bazaltlar (A Fasiyesi)** : Yer yer 1 santimetre’ yi geçen boyutlarda plajjoklas fenokristalleri içerirler. Genel renkleri, gri, yeşilimsi gri ve siyahımsı yeşil, ayrılmış kesimleri ise açık gri ve kahverenkli. Hasanşeyh formasyonunun alt düzeylerinde yer alırlar.

(2) **Küçük fenokristalli bazaltlar (B Fasiyesi)** : İnceleme alanındaki diğer bazalt türlerine oranla en yaygın olanıdır. Gözle ayırd edilebilen küçük plajjoklas ve daha az oranda piroksen fenokristallerini içerir. Taze kesimleri, siyahımsı ve koyu gri, ayrılmış kesimleri ise açık gri, bordo ve kahverengimsidir.

(3) **İri piroksen fenokristalli bazaltlar (C Fasiyesi)** : Gözle görülebilir büyüklükte iri piroksen fenokristallerinin yanısıra çok nadir olarak küçük olivin fenokristallerini içerir. İnceleme alanında Tifi deresinin kuzeyinde gözlenen bu tür bazaltlar, Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltların üst düzeylerinde yer alırlar.

3.4.3.1.1. Petrografi

Polarizan mikroskobu ile yapılan petrografik çalışmalar sonucu mineral türleri; genel şekil ve görünümüleri (kristal şekli, dilinim, çatlaklar, tane biçimi, kapanım, parajenez ve ikizlenme) ile sönme açıları, uzanım işaretleri, optik şekil ve özelliklerine dayanılarak saptanmıştır. Petrografik araştırmalar,

X - ışınları kırınımı ve jeokimya analizlerinin yanısıra elektron mikroskobu çalışmaları ile desteklenmiştir.

Birinci ve ikinci gurubu oluşturan, iri plajioklas fenokristalli bazaltlar ile küçük fenokristalli bazaltlar; intergranüler porfirik, hyaloporfirik ve intersertal dokulu olup bol miktarda ufak plajioklas mikrokristalleri ile daha az oranda olivin, piroksen, opak mineral mikrokristalleri ve volkanik camdan oluşan hamur içindeki plajioklas fenokristalleri ile daha az oranda piroksen kristallerinin yanısıra nadir olarak da olivin kristallerinden oluşurlar. Üçüncü gurubu oluşturan iri piroksen fenokristalli bazaltlar ise; intergranüler porfirik, intersertal ve ofitik dokulu olup plajioklas, piroksen, olivin ve opak mineral mikrokristalleri ile az oranda volkanik camdan oluşan hamur içindeki iri ojit, nadir olarak da olivin ve plajioklas fenokristallerinden oluşur.

İnceleme alanında, Niksar' ın güneyinden Tifi deresinin kuzeyine kadar olan alanda yüzeylenen birinci ve ikinci gurup bazaltlarda; iri fenokristaller, mikrofenokristaller ve mikrokristaller halinde iki ya da üç fazlı mineral oluşumları gözlenmektedir. Bunlar, bol miktarda içleri kuvars, kalsit, klorit ve demirli opak mineraller ile doldurulmuş, boşluklar içerirler. Bu tür bazaltlara ait minerallerin ayırtman özellikleri aşağıda belirtilmiştir :

Plajioklas : 0.1 - 10 milimetre veya daha büyük olan öz şekilli - yarı öz şekilli fenokristallerin yanısıra mikrofenokristal ve mikrokristaller halindedirler. Andezin ve yer yer labrador türünde olan plajioklaslarda feno ve mikrofenokristaller tek tek ya da glomeroporfiritik yığılımlar halinde gözlenirler. Fenokristallerin bir kısmı hamur içerisinde magmatik korozyona uğramışlardır. Bir kısmı dalgalı sönme gösteren plajioklasların çoğu zonlu yapıda ve albit - periklin ile albit - karlsbad ikizlenmelidir.

Piroksen : Bu tür bazaltlarda piroksenler nadir olarak bulunmakta ve çoğun mikrofenokristal halindedirler. Ojit türünde olan piroksenlerin ayrılmış örneklerinde mineral dilinimlerine paralel ve bunları değişik açılarla kesen yoğun mikrokırıklanma gözlenmiş ve çoğun bu mikrokırıklar boyunca kalsit ve demirli opak mineraller gelişmiştir.

Olivin : Bazı örneklerde nadir olarak rastlanan olivinler mikrofenokristal halindedirler. Olivinlerin çoğu fayalit türündedir.

Opak Mineraller : Çoğunlukla manyetit halinde, ince kesitlerin hemen hepsinde saptanmıştır.

Üçüncü gurup bazaltları oluşturan iri piroksen fenokristalli bazaltlarda; kristaller iri fenokristaller, küçük fenokristaller ve mikrokristaller halinde olmak üzere iki ya da üç fazlı mineral oluşumu şeklinde gözlenirler. Piroksen ve nadir görülen olivin ve plajiyoklas fenokristalleri hamur içinde dağılmış ya da glomerofirik yapı gösterecek şekilde düzenlenmişlerdir. Bu bazaltlara ait minerallerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir .

Plajiyoklas : Kayada nadir olarak rastlanılan plajiyoklas fenokristalleri 0.1 - 3 milimetre boyutunda olup, öz şekilli veya yarı öz şekillidirler. Bazı plajiyoklas fenokristallerinde zonlu yapı ile birlikte, albit - karlsbad ve albit - periklin ikizlenmesi de gözlenir. Plajiyoklas mikrokristallerinin çoğu labrador ve andezin bileşimindedir. Fenokristaller ile mikrofenokristaller aynı aynı gözlenebildikleri gibi, glomerofirik yığılımlar halinde de gözlenebilmektedirler. Bu kırıklar boyunca demirli opak mineral zenginleşmeleri ve sosüritleşme yaygındır.

Piroksen : Fenokristaller ve mikrolitler halinde gözlenen piroksenler çoğun 0.2 - 10 milimetre büyüklüğünde olup, klinopiroksen, diyopsit ve ojit türündedirler. Olivince fakir olup fenokristal, küçük fenokristal ve mikrokristaller halinde üç aşamalı fazlar şeklinde gözlenirler (TERZİOĞLU, 1985). Piroksenler öz şekilli veya yarı öz şekillidirler.

Olivin : 0.1 - 4 milimetre büyüklüğünde fenokristaller ile mikrofenokristaller halindedirler.

Opak Mineraller : Diğer bazalt fasiyeslerinde olduğu gibi, bunlarda da genellikle manyetit halinde opak minerallere rastlanılmıştır.

Tüm bazalt türlerinin ince kesitlerinde, bir kısım fenokristallerin sınırları boyunca, magmatik korozyona uğradıkları ve parçalandıkları gözlenmiştir. Bunun sonucunda kristalleri boydan boya kesen fakat çoğun hamur maddesine ulaşmayan çatlaklar gelişmiştir. Bu durum plajiyoklas fenokristallerinde daha iyi gözlenmektedir. Petrografik çalışmalarda ayrıca, minerallerin ayrışmaya karşı duraylılıklarının farklı olması nedeniyle aynı ayrışma sürecinde değişik derecelerde ayrışmaya uğradıkları saptanmıştır. Bunların yanında aynı mineral türleri de zonlanma özellikleri, içerdikleri mikrokırıklar vd. nedeniyle farklı derecede ayrışmıştır. Örneğin sık rastlanılan zonlu plajiyoklaslarda bileşim merkezden çepere doğru değiştiğinden her zonun ayrışmaya karşı gösterdiği tepkimenin de değişik olduğu gözlenmiştir.

3.4.3.1.2. Jeokimya

Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltların volkanik dizi tipini saptamak ve bunlara ait kimyasal özellikleri belirlemek amacıyla farklı düzeylerden taze örnekler derlenmiş ve bunlar üzerinde kimyasal analizler yapılmak suretiyle ana element içerikleri saptanmıştır. Örneklerin majör element kimyasal analiz sonuçları *Çizelge 5* 'de sunulmuştur.

Çizelge 5 : Farklı fasiyesteki taze bazalt örneklerine ait ana element kimyasal analiz sonuçları. (A : iri plajyoklas fenokristalli, B : küçük fenokristalli C : iri piroksen fenokristalli bazaltlar

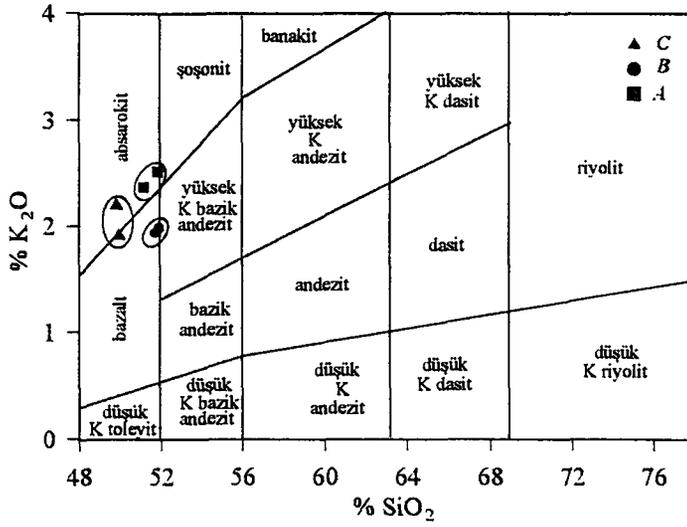
	A	A	B	B	C	C
SiO ₂	51.76	51.09	51.85	51.65	49.76	49.89
Al ₂ O ₃	17.72	17.09	17.58	17.59	15.56	14.96
Σ Fe ₂ O ₃	7.53	8.16	8.15	9.12	8.74	9.56
TiO ₂	0.71	0.69	0.94	0.86	0.58	0.47
MnO	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14
CaO	8.98	9.18	9.50	9.65	8.07	7.65
MgO	3.38	3.49	2.98	2.89	6.56	6.62
Na ₂ O	3.67	3.18	3.71	3.49	2.76	2.61
K ₂ O	2.82	2.66	2.23	2.18	2.47	2.15
A.K. (1000 °C)	3.62	3.73	2.64	2.11	5.09	5.57
Toplam	100.32	99.42	99.72	99.68	99.74	99.62

Taze örnekler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre, bazaltlar; % 49.8 - 51.9 arasında değişen miktarda SiO₂ içerirler. Al₂O₃ miktarı % 14.9 - 17.7 arasında değişiklik gösterir. Toplam Fe₂O₃ miktarı % 7.5 - 9.6 arasındadır. MgO % 2.9 - 6.6, CaO %7.7 - 9.7 arasında değişir. Na₂O % 2.6 - 3.7 ve K₂O % 2.2 - 2.8 arasında değişik değerler gösterirler. TiO₂ ise % 0.5 - 0.9 arasındadır. MnO değerleri ise düşük olup % 0.13 - 0.15 arasında bulunmaktadır. 1000 °C' deki ateş kayıpları da 2.1 - 5.6 arasında değişmektedir.

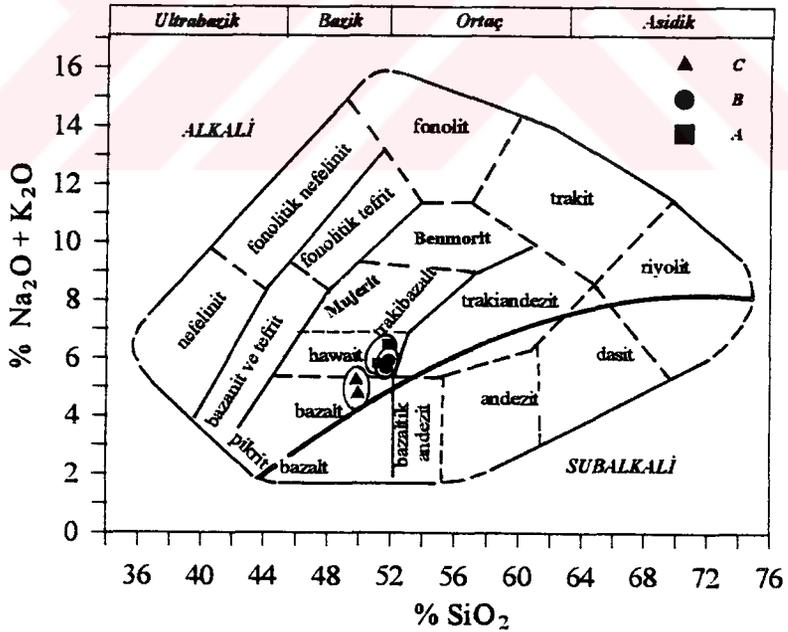
Örneklerin, K₂O / SiO₂ içeriklerine göre düzenlenen PECCERILLO ve TAYLOR (1976) diyagramında (*Şekil 13*) yüksek potasyumlu seri alanında yer aldıkları ve bazalt, absarokit türünde lavlar oldukları gözlenmiştir

Örnekler, COX v.d. (1979)' nin Na₂O + K₂O / SiO₂ diyagramına göre, iri piroksen fenokristalli bazaltlar, "bazalt", iri plajyoklas fenokristalli bazaltlar ile küçük fenokristalli bazaltlar, "hawaii" olarak adlandırılmışlardır (*Şekil 14*). Yine aynı diyagram üzerinde MIYASHIRO (1978)' in ayırdığı sınıra

göre bazaltlar alkali karakterindedir.

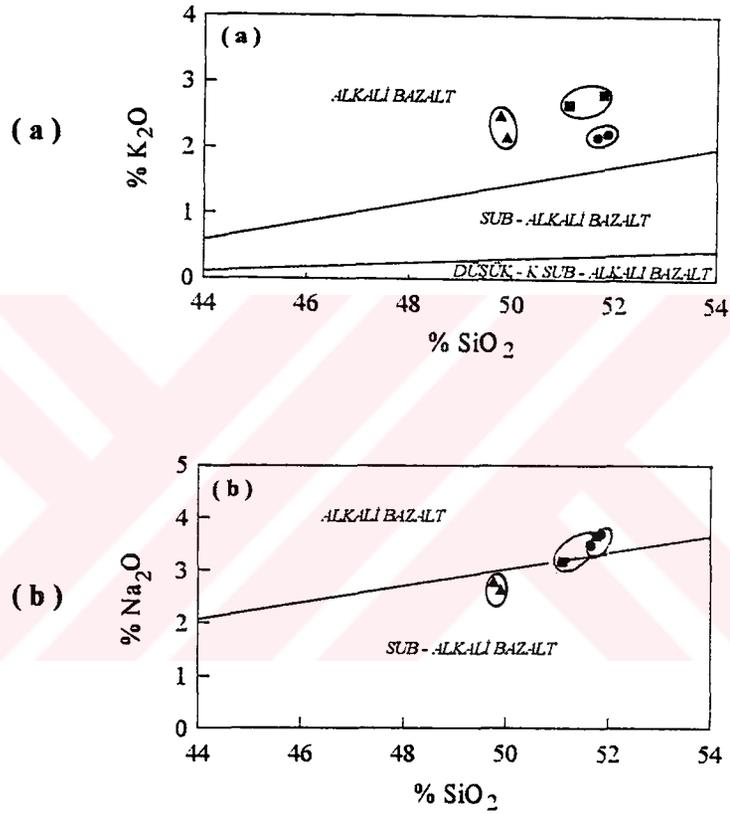


Şekil 13 : Farklı fasiyelerdeki bazaltların PECCERILLO ve TAYLOR (1976) diyagramındaki konumları



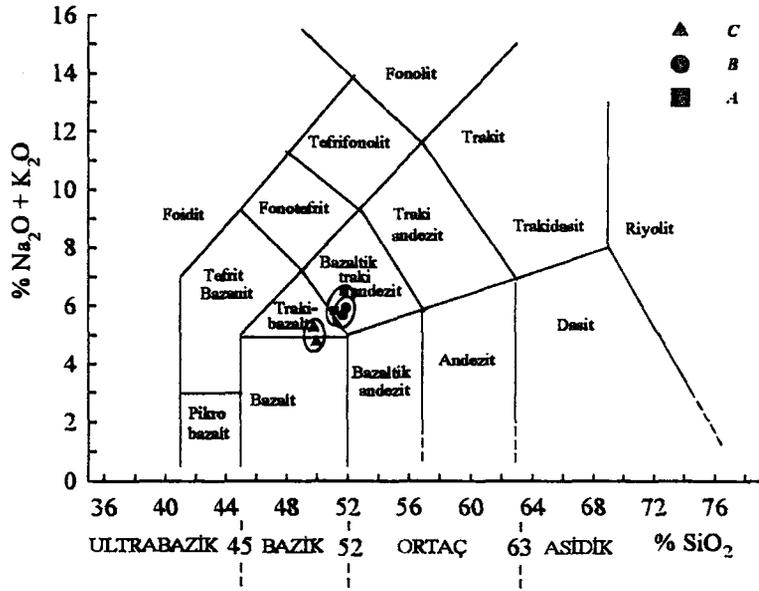
Şekil 14 : Farklı fasiyelerdeki örneklerin COX v.d. (1979) diyagramındaki yeri. (Alkali ve sub - alkali magma serilerini ayıran sınır MIYASHIRO (1978) tarafından verilmiştir.)

Kimyasal analiz sonuçları MIDDLEMOST (1975)' in önerdiği K_2O / SiO_2 diyagramında; tümünün alkali bazalt karakterinde (*Şekil 15a*), Na_2O / SiO_2 diyagramında ise (*Şekil 15b*); sadece iri piroksen fenokristalli bazaltların sub - alkali bazalt karakterinde olduğunu göstermiştir. İri piroksen fenokristalli bazaltlar diyagramlarda farklı alanlarda yer almalarından dolayı, geçiş bazaltları olarak isimlendirilebilir (WILSON, 1989).



Şekil 15 : a) % K_2O / SiO_2 b) % Na_2O / SiO_2 içeriklerine göre alkali ve sub - alkali bazalt sınıflandırmasında örneklerin konumu

LE MAITRE (1984) ve ZANETTIN (1984)' ün toplam alkali - silis (TAS) diyagramı örneklere uygulandığında iri plajyoklas fenokristalli bazaltlar ile küçük fenokristalli bazaltların, bazaltik trakiandezit karakterinde, iri piroksen fenokristalli bazaltların ise bazalt ve trakibazalt karakterinde oldukları saptanmıştır (*Şekil 16*).



Şekil 16 : Farklı fasiyelerdeki örneklerin $Na_2O + K_2O / SiO_2$ (TAS) diyagramındaki yerleri (LE MAITRE ; ZANETTIN, 1984' e göre)

3.4.3.2. Süreksizlikler

Daha önceki bölümlerde değinildiği gibi, inceleme alanının, tektonik açıdan aktif bir bölge içinde yer alması, bu alandaki ayrışmada jeolojik yapının önemini arttırmıştır. Araştırmaların gerçekleştirildiği Niksar Çevreyolu güzergahının Ladik - Niksar - Bereketli fay zonu içerisinde yer alan kayalar Ünye - Akkuş - Niksar karayolunda yer alanlara oranla daha kırıklı ve yer yer parçalanmış durumdadır. Bu nedenle Niksar çevreyolunda ayrışma daha etkindir.

Sahadan derlenen muhtelif verilerin ışığı altında inceleme alanındaki bazaltların ayrışmasında etkin yapısal parametreleri oluşturan faylar, çatlaklar ve kırıklar öncelikle ayrı ayrı, daha sonra ilişkileri bakımından birlikte değerlendirilmiştir.

3.4.3.2.1. Faylar

Sıkışma rejiminin etkin olduğu inceleme alanında, ana faylar ile birlikte yer yer kademeli olarak sıralanan birçok fay gelişmiştir. Bunların dışında değişik evrelerde farklı mekanizmalar ile gelişmiş,

küçük boyutlu faylar da mevcuttur. Bu faylar kayacın özelliğine bağlı olarak farklı etkilere sebep olmuştur. Ana fayların oluşumlarına ve özelliklerine, yapısal jeoloji bahsinde değinilmiştir. Sıkıştırıcı kuvvetlerin etkileri ile gelişmiş küçük boyutta faylara paralel çok sık çatlaklar yer yer gözlenmiş olup bu tür faylarda genel olarak kalınlığı çok az olan ezik zonlar gelişmiştir.

Sıkışma rejimi ile gelişen fayların dışında, daha dar bir alanda çekme kuvvetlerinin etkisi ile oluşan faylar boyunca genelde bir açıklık gelişmiş ve bu açıklık çoğun kil, kalsit vb. ile doldurulmuştur. Bu fayların her iki tarafında da yer yer çok sık aralıklı çatlaklar mevcuttur. Sahada çatlaklar ile fayların çoğun paralel oluşları bu yapıların gelişmelerinin benzerlikler sunduğunun kanıtıdır.

Araştırmaların gerçekleştirildiği her iki güzergahta da fayların etkisi ile kayaç kütleleri, BIENIAWSKI (1973) sınıflaması esas alınarak değerlendirildiğinde yer yer parçalı, kırıklı, yer yer de ufalanmış, milonitik özelliindedir. Bunların yanısıra, güzergahlar boyunca yer yer gözlenen çok kalın toprak zonları da bu fayların etkisi ile gelişmiştir.

Faylar, ezik ve breşik zonları oluşturmaları nedeniyle yüzey alanını arttırmışlar ve dolayısıyla kimyasal ayrışmaya neden olmalarının yanısıra, suyu oldukça derine iletmeleri nedeniyle de derinlerde yüzeye benzer ayrışmalara neden olmuşlardır. İnceleme alanındaki faylar ayrıca, derinden yüzeye doğru gelişen hidrotermal alterasyona da önemli ölçüde olanak sağlamışlardır. Petrografik araştırmalar ile ayrışmış örneklerde saptanan epidot, zeolit, kalsit vb. minerallerin çoğu hidrotermal alterasyon ürünüdür.

3.4.3.2.2. Çatlaklar

Araştırmaların üzerinde gerçekleştirildiği bazaltlarda, oluşumları ile birlikte gelişen çatlakların yanısıra, bölgenin tektonik aktivitenin olduğu bir alanda yer alması, yoğun çatlak takımlarının gelişmesine neden olmuştur. Bu çatlaklar oluşumları açısından beş guruba ayrılmıştır. Bunlar;

- (1) Birincil (Orijinal) çatlaklar
- (2) Tektonik kökenli çatlaklar
- (3) Küresel ayrışma (eksfoliasyon)
- (4) Ayrışma çatlakları
- (5) Yapay (patlatma vd.) çatlaklardır.

Birincil çatlaklar; bloksu, levhamsı çatlak tipleri ile temsil edilirler. Bloklı çatlaklanma, kalın lav akıntılarının üst ve ön parçalarındaki ince akıntılarla tipiktir. Yüzeyleri tipik çekme kırıkları gibi pürüzlü ve kavisli olup ayırdıkları bloklar genelde bir kayaç bağıyla bağlanmamıştır. Bu tür çatlaklar tektonik deformasyonlar ve ayrışma ile gelişen kırıklar tarafından kesilmiş ve çoğun birincil durumlarını yitirmişlerdir.

Sahada basınç ve çekme kuvvetlerinin etkisi ile gelişen tektonik kökenli çatlaklar, çoğunlukla takım halinde gelişmelerinden dolayı diğer çatlaklardan farklılıklar sunarlar. Makaslama kuvvetleri ile gelişen çatlaklar çoğun makaslama fayı gibi düşünülmüştür. Ancak bu süreksizlikler boyunca gözlenen hareket miktarları önemsiz düzeydedir.

Makaslama kuvvetlerinin etkileri kayacın bileşimine göre yer yer farklılıklar sunmaktadır. Özellikle iri piroksenli bazaltlarda makaslama kuvvetlerinin etkisi ile gelişen çatlak yüzeylerinin çoğunda sürtünme izleri belirgindir (Foto 5). Buna karşın, diğer fasiyelerde makaslama etkisi ile çoğun ufak çapta paralanmalar meydana gelmiştir (Foto 6). Yüzeyleri kil sıvanmalı olan bu tür makaslamalar, ufalanmanın belirli bir yönelim göstermesi dolayısıyla kolayca ayırtlanabilmişlerdir. Basınç kuvvetlerinin etkisi ile gelişen diğer çatlak yüzeylerinde de ufak paralanma ve ufalanmalar meydana gelmiştir. Bu paralanmalar yer yer gözle farkedilemeyecek boyutlarda olup, bazı kesimlerde su etkisi ile yumuşama göstermişlerdir.

İnceleme alanında etkin sıkışma kuvvetlerinden bağımsız olarak yer yer farklı evrelerde birbirine dik ve zıt yöndeki çekme kuvvetlerinin etkisi ile gelişmiş çatlaklar da bulunmaktadır. Bu çatlak yüzeylerinin çoğu pürüzlü ve düzensizdir.

Birincil ve tektonik kökenli çatlakların yanısıra sahada, açıkta bulunan kayaçların en dış yüzeylerinin çoğun parçalara ayrıldığı görülmüştür. Küresel ayrışma (Eksfoliasyon) olarak tanımlanan bu kırıklanma büyük çapta basma kuvvetlerinin etkisi altında bulunan kayaçların üzerindeki örtü basıncının yüzeysel gerilmeler ve bunlara ilave olarak erozyon nedeniyle oluşan gerilme boşalması sonucu meydana gelmektedir. Bunlardan başka, kayaçtaki farklı mineral bileşiminin farklı gerilmelere karşı tepkisi bu olayı hızlandırabilir. Küresel ayrışma ayrıca BOWLES (1984)' un da belirttiği gibi bazaltların özellikle oluşumları esnasındaki ani sıcaklık değişimlerinde de meydana gelebilmektedir. Küresel ayrışma ile kayaçların en dışındaki kabuk ana kayaçtan



Foto 5 : Makaslama çatlaklarının yüzeylerinde görülen sürtünme izleri

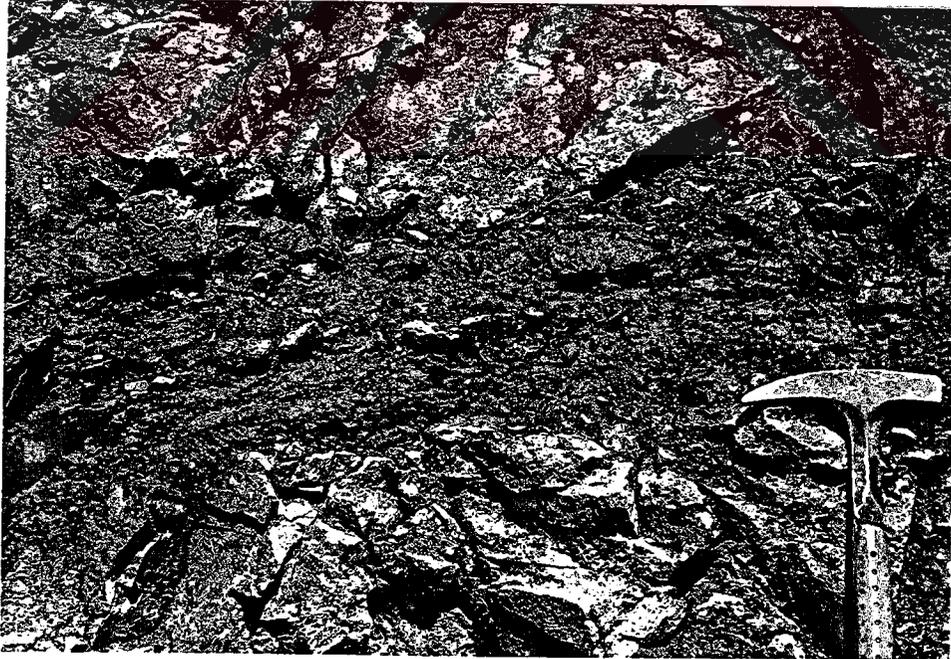
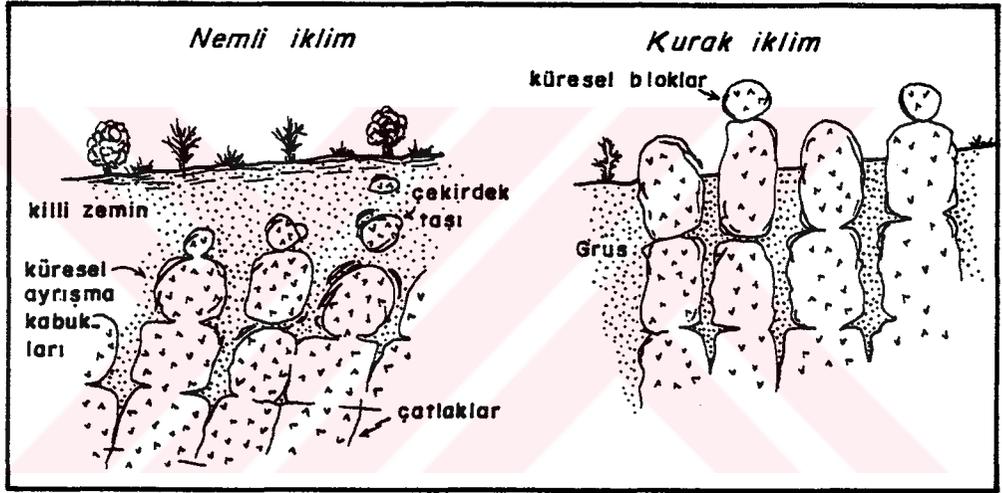


Foto 6 : İri plajiolas fenokristalli bazaltlarda küçük ölçekteki makaslama fayı etkisi ile gelişen ufak çapta paralanmalar

ayrılmaktadır (Foto 7). Bu tür ayrışmanın ileri aşamalarındaki küresel ayrışma blokları, ayrılmış malzeme içinde çekirdek taşı konumundadır (Foto 8).

İnceleme alanındaki küresel ayrışma blokları çoğun süreksizlikler ile sınırlandırılmıştır. Küresel form birbiriyle kesişen çatlaklar veya kırıklar ile sınırlanmış köşeli blok kenarlarının yuvarlaklaşması sonucu oluşmuştur. Köşelerin yuvarlaklaşması ayrışmayı oluşturan etkenlerin iki veya daha çok kenardan etkin olmaları ile ilgilidir. Bu bloklar, nemli iklimin etkin olduğu Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahında çekirdek taşları şeklinde, nispeten daha kurak olan Niksar çevreyolu güzergahında ise yüzeyde küresel bloklar şeklindedir. RAHN (1986), bu olayı Şekil 17' de gösterilen modellerle açıklamıştır.



Şekil 17: Nemli ve kurak iklimlerde gelişen küresel ayrışma modelleri (RAHN, 1986' dan)

Yüzeysel çatlaklardan birini oluşturan ayrışma çatlakları; bazaltların atmosferik etkilerden etkilenmelerinin yanında kayaç kütlelerinde var olan kırıkların ayrışma ile gelişmesi sonucu oluşur. Bu tür çatlaklar, yüzeye yakınlıkları, yüzeylerinin ayrılmış olmaları, dolgu malzemesinin varlığı, kısa mesafelerdeki uzunlukları ve farklı doğrultularda olmaları nedeniyle kolaylıkla tanınabilmişlerdir.

Yukarıda sözü edilen çatlakların dışında, yüzeyde yol açım çalışmaları sırasında yapılan patlatma vb. olayların etkisi ile gelişen yapay çatlaklar da mevcuttur. Bu tür çatlaklar da ayrışma kırıkları gibi kayaç kütlelerinde önceden var olan kırıklar boyunca gelişmiştir. Patlatma sonrası



Foto 7 : Küçük fenokristalli bazalılarda görülen küresel ayrışma

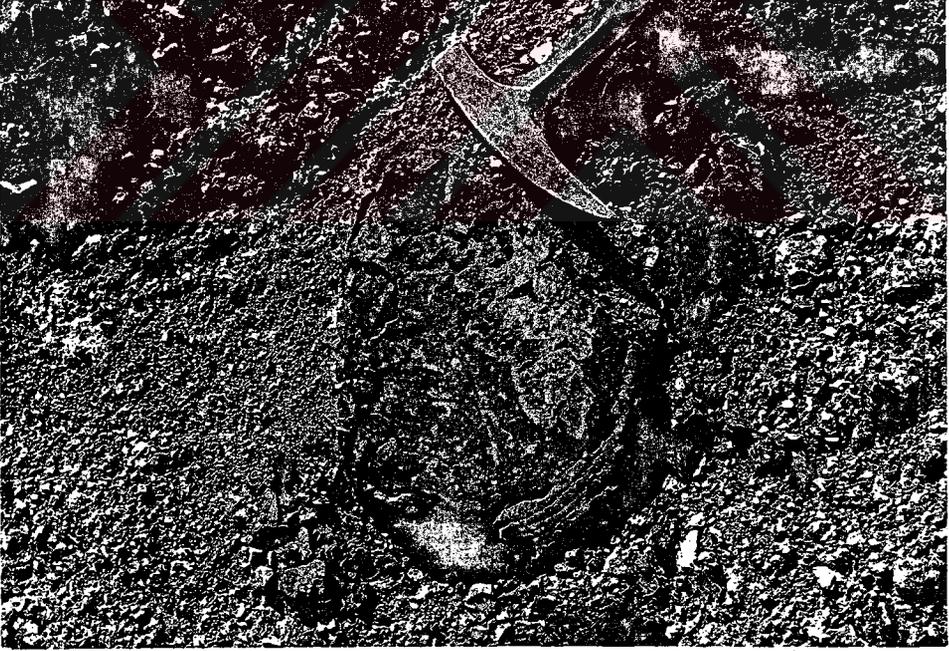


Foto 8 : Küresel ayrışmanın ileri safhasını gösteren, ayrılmış malzeme içinde çekirdek taşı durumundaki küresel ayrışma bloğu

genellikle kayaç kırıkları genişlemekte ve daha sık aralıklı çatlakları oluşturmaktadır. Kayaç, sadece patlayıcı maddenin yerleştirildiği zona yakın alanlarda yenilmektedir. Bu çatlaklar da takım oluşturmamaları, genelde radyal şekilde gelişmeleri ve yüzeylerinin herhangi bir ayrışmaya uğramamaları nedeniyle kolaylıkla ayırtılabilmişlerdir.

Çatlaklar özellikle yarma kenarlarına doğru sayılamaz niteliktedirler. 1m²' deki çatlak sayısı yaklaşık 12' dir. Bunların birçoğu kapalı dolgulu olup, açık olanların ise açıklıkları 1mm ile 3cm arasında değişmektedir. Çekme kuvvetlerinin etkisi ile gelişmiş çatlak yüzeyleri boyunca genelde atmosferik etkiler ile ayrışmanın gelişmesinin yanısıra, bunların çoğunun yüzeyi oksitlenme etkisi ile kahverengi ve kırmızı bir renk almıştır. Bu tür çatlak yüzeylerinin büyük bölümünde suların etkisi ile kil ve karbonat ile silis dolgusu gelişmiştir (Foto 9). Bazı kesimlerde çatlaklar; kayaç kütesinin tamamen ayrışması ile birlikte, sadece dolgularının (özellikle silis ve karbonat dolguları) sağlam kalması ile tanınabilmişlerdir (Foto 10). Çatlak yüzeylerinin bir kısmında sürtünme izleri mevcuttur, bir kısmının yüzeyi ise pürüzlüdür. Bunların yanında makaslama nedeniyle yumuşamış yer yer yaklaşık 10 - 20 cm' lik kesimler de bulunmaktadır.

Bazaltlardaki çatlakların ilksel konumları, daha geç evrelerdeki hareketlerin etkisi ile değişmiştir. Bu nedenle, özellikle birincil ve tektonik kuvvetlerin etkisi ile gelişen ikincil çatlaklar üzerinde ölçümler yapılmış ve bunlar her iki yol güzergahı için istatistiksel olarak stereo - projeksiyon tekniğiyle değerlendirilmiştir (Şekil 18 a, b). Bu değerlendirmeler, bilgisayarda DARTON SOFTWARE (1987) tarafından hazırlanan "SPLOT" programı kullanılarak yapılmıştır. Çatlak takımlarının yönelimlerine ilişkin olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 6' da sunulmuştur. Tektonizmanın önem kazandığı çalışma alanında ayrışma, özellikle çatlakların yönelimlerine paralel olarak artış gösterdiğinden bu yönelimler dikkate alınmalıdır.

Çizelge 6 : Ünye - Akkuş - Niksar karayolu ile Niksar çevreyolu güzergahlarındaki çatlakların doğrultu ve eğimleri ile yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçları

Güzergah	Eklm doğrultu ve eğimi
Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahı	(1) K8B - 86GB
	(2) K67B - 88GB
	(3) K2B - 87KD
	(4) K57D - 64KB
	(5) K89B - 20KD
Niksar çevreyolu güzergahı	(1) K38B - 16GB
	(2) K50D - 66GD
	(3) K4B - 78GB
	(4) K77D - 70 KB

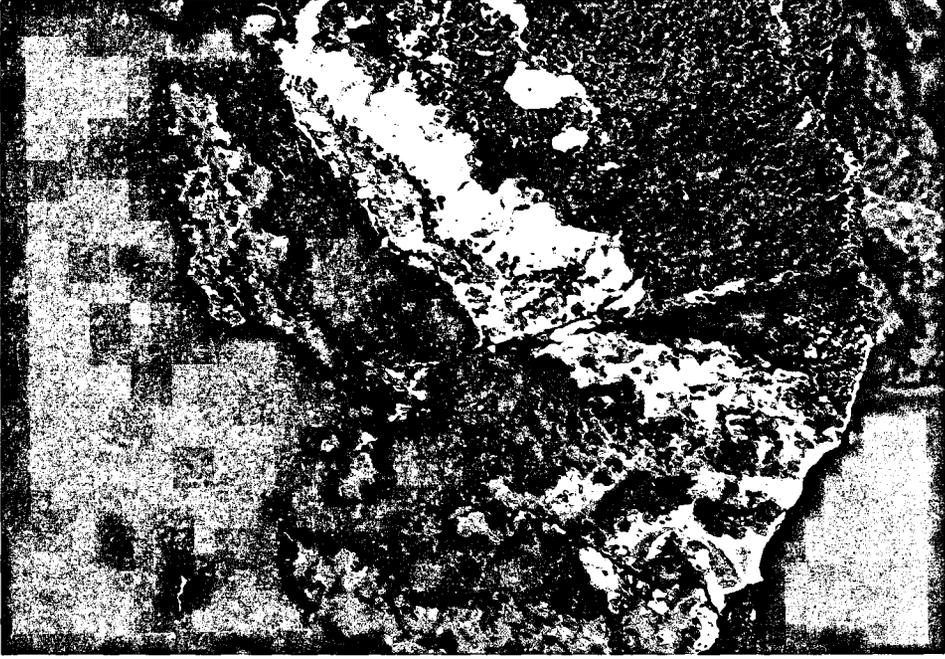
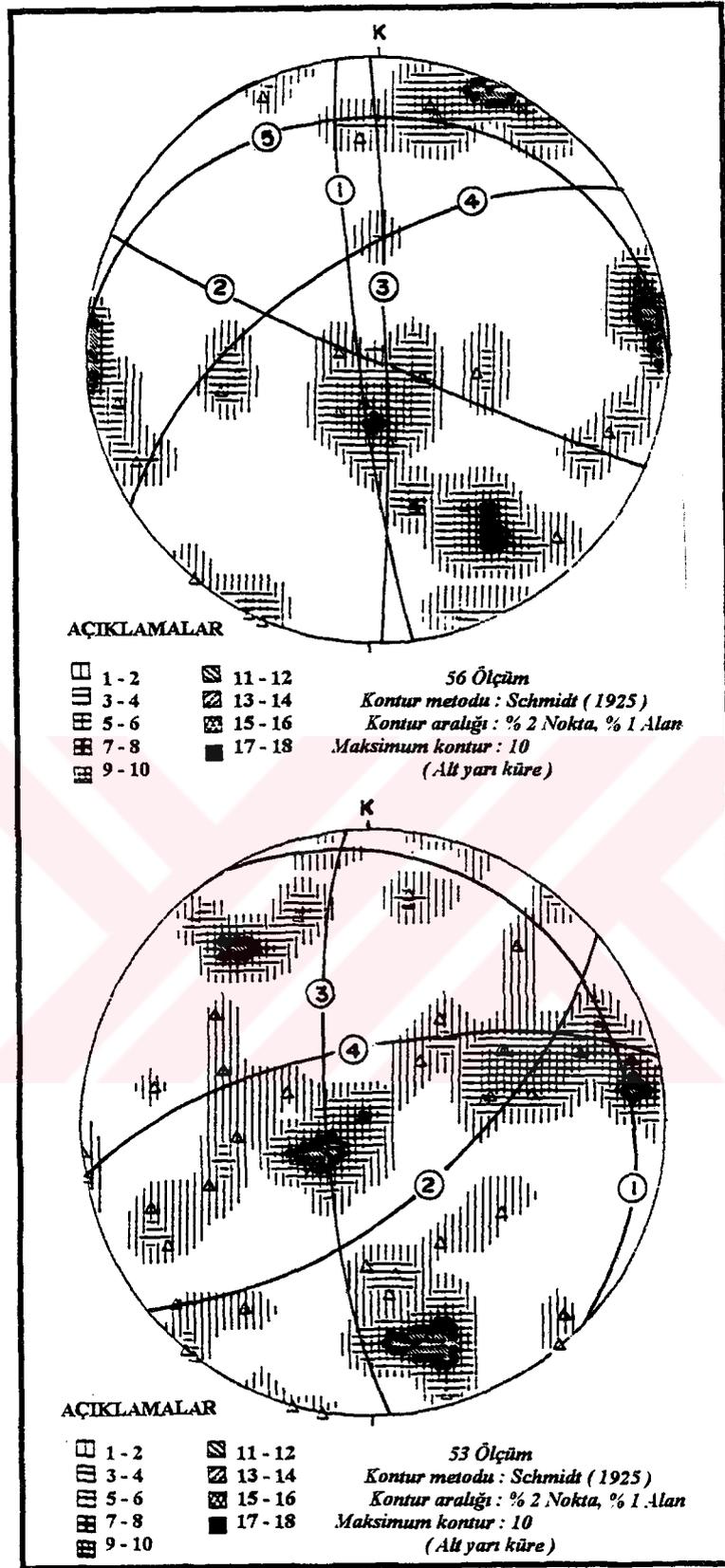


Foto 9 : İri piroksen fenokristalli bazaltlarda çekme kuvvetlerinin etkisi ile gelişen pürüzlü çatlak yüzeyi ve silis gelişimi



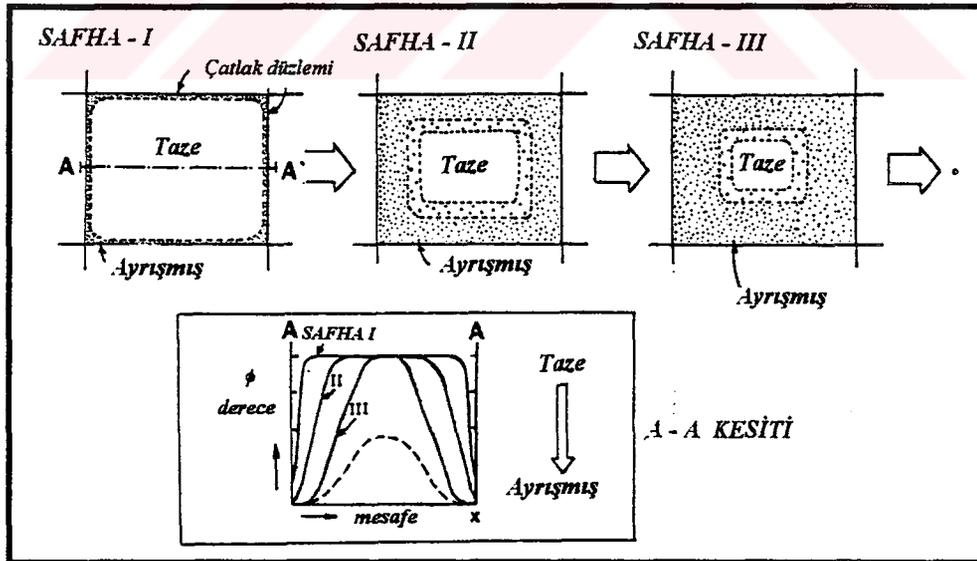
Foto 10 : Çok fazla ayrılmış kayaç kütesindeki kalıntı çatlak dolguları



Şekil 18 : a) Ünye - Akkuş - Niksar karayolu b) Niksar çevreyolu güzergahlarındaki ana çatlak takımlarının stereonet üzerindeki konumları

Çatlaklar arasındaki uzaklık, ayrışmada en etkin faktörlerden birini oluşturmaktadır. Bazaltların ayrışması; çatlaklar boyunca başlayarak, çatlakların ayırdığı bloklar kimyasal olarak zemine dönüşüncüye kadar devam eder. Araştırmaların üzerinde gerçekleştirildiği bazaltlardan C fasiyesine ait olanlar, ayrışmaya en yatkın olanlardır. Bu durum, bu tür bazaltlardaki iri piroksenler ile diğerlerine oranla daha fazla volkanik cam içeriği ile açıklanabilir. Bunun yanı sıra A ve B fasiyeslerindeki bazaltlarda, erozyon nedeniyle örtü yükünün kalkması ile gelişen küresel ayrışma, C fasiyesindeki bazaltlarda nadir olarak gelişmiş olup, bu tür bazaltlarda diğer fasiyeslerde daha az rastlanılan topoğrafyaya paralel çatlaklar gelişmiştir. Bunun nedeni, bu fasiyese ait bazaltların bileşimleri nedeniyle bünye özelliklerini çabuk yitirmeleri şeklinde açıklanabilir.

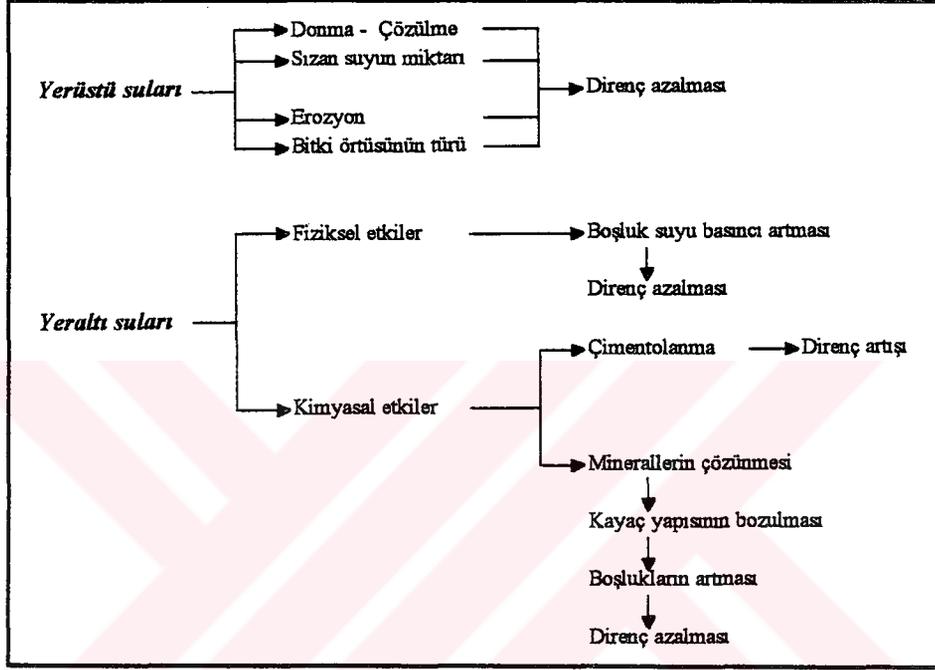
Ayrışma derecesinin küçük ölçekteki değişimleri çatlak düzlemlerinin özellikleri ve bunların dağılımlarından oldukça etkilenmektedir. Büyük ölçekteki değişimler ise bölgesel ölçekteki olayların etkisi ile gelişmektedir. Çatlak düzlemlerinden uzaklaştıkça ayrışmanın etkisi dereceli olarak azalmaktadır. YOKOTA (1992), kayaç kütesinin bir elemanını oluşturan ve çatlaklar tarafından sınırlandırılmış bir blok içindeki ayrışma aşamalarını da Şekil 19' da gösterildiği biçimde ifade etmiştir. Ayrışma, önce oluşan çatlak düzlemleri etrafında hızlı, daha sonra oluşan çatlak düzlemleri etrafında ise yavaş gelişmiştir. Bu durum ayrışmanın birincil çatlak yüzeyleri boyunca daha ileri derecede gelişmiş olması ile belirginlik kazanmıştır.



Şekil 19: Çatlaklar ile sınırlandırılmış bir blok içindeki ayrışma aşamaları (YOKOTO, 1992' den)

3.4.3.3. Yerüstü ve Yeraltı Suları :

Yağışı bol olan inceleme alanında yüzey ve özellikle yeraltı suları bazaltları fiziksel ve kimyasal yollardan etkilemiştir. Etkileme genelde, kütlenin direncini azaltıcı yönde geliştiği gibi, arttırıcı yönde de gelişmiştir. Bu olaylar kısaca *Şekil 20*’de özetlenmiştir



Şekil 20 : Bazaltların ayrışmasında yeraltı ve yerüstü sularının etkileri

Yerüstü sularının etkisi ayrışmayı arttırıcı yöndedir. Bölgenin iklim karakteri nedeniyle Aralık, Ocak ve Şubat aylarında sıcaklık zaman zaman 0°C' nin altına düşmektedir. Bu aylarda bazaltların çatlaklarında ve özellikle ayrışmış kesimlerinin boşluklarında bulunan su donarak üstteki ayrışmış zonda hacim artışına neden olmuştur. Donma olayı, bölgede tektonizmadan oldukça etkilenen, bol kırıklı, çatlaklı kesimlerde veya diğer ayrışma etkenlerinin kayaçta başlattığı kırıklarda etkindir. Donma olayının yanısıra, yüzeyden sızan suların fazla olması, toprakta yıkanmayı arttırarak daha derinde bulunan kayaçlardaki ayrışmayı geliştirecektir.

Araştırma alanında yamaçlar dik ve suların aşındırma kuvveti fazladır. Özellikle inceleme alanının kuzeyinde kısa sürede düşen sağanak yağışların çoğu, hızlı bir şekilde yüzeysel

akışa geçmekte ve büyük bir erozif güce sahip olmaktadır. Yerüstü sularının miktarı bitki örtüsünün türünü de etkilemektedir. Özellikle Akkuş dolayında yağışın fazla olması, bu alandaki bitki örtüsünü arttırmıştır.

Yeraltı sularının ayrışmaya etkisi fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki grup altında incelenebilir. Fiziksel etki, boşluk suyu basıncının, diğeri ise kimyasal reaksiyonların artması şeklindedir. Ayrışmış bazaltlardaki adsorbe su, içerdikleri kil minerallerinin (özellikle montmorillonit vd.) kristal kafesi tarafından tutularak şişme ve ufalanmaya sebep olmuştur. Ayrıca bazaltlardaki bazı mineraller (özellikle koyu renkli olanlar) su ile karşılaştıklarında kolaylıkla çözülmüşler ve böylece kayacın içinde iri boşlukları oluşturmuşlardır.

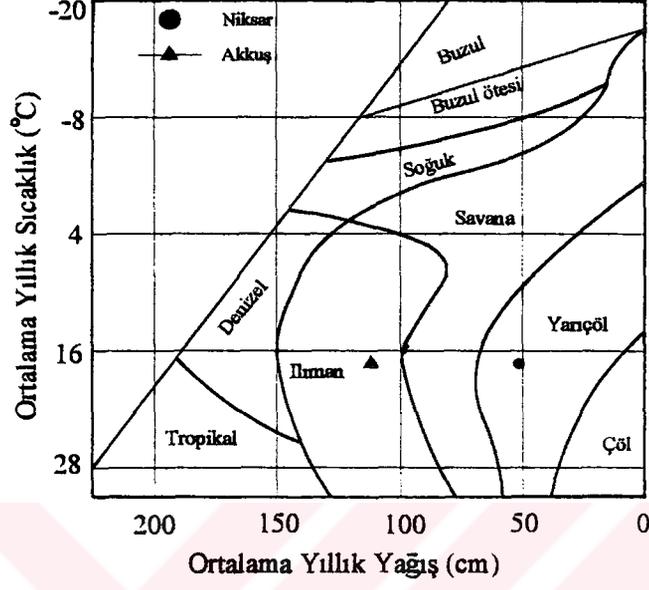
İnceleme alanında, yeraltısuyu düzeyi yüzeyden çoğun 10 metre derinde bulunmakta ve yer yer 20 metre veya daha derine inmektedir. Bazaltlar, yeraltısuyunun üzerinde kalmasını sağlayacak kadar geçirimsizdir. Alandaki yeraltısuyu düzeyinin jeolojik yapı ve yüksek eğimler nedeniyle sabit olmamasının yanısıra, özellikle fay zonlarına uzak alanlarda ayrışmamış kesimin morfolojisine bağlı olarak hareket etmektedir. Bu olay özellikle patlatma sonrası yol yarmalarında gözlenen su boşalımları ile belirgindir. Jeoloji haritasında da görüleceği gibi (*Ek 1*), inceleme alanında birçok yerde kaynak şeklinde yeraltı suyu boşalımlarına rastlanmakta olup bunların çoğu fayların etkisi ile gelişmiştir.

3.4.3.4. İklim

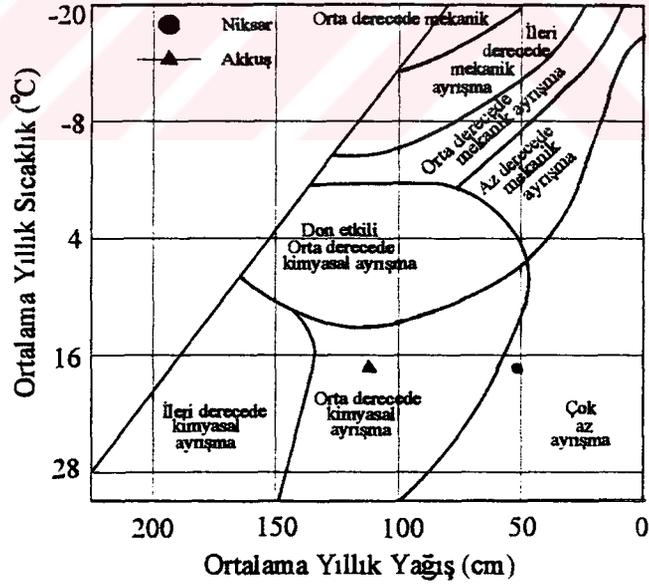
İnceleme alanının özellikle kuzeyinde yağışın ayrışma üzerindeki etkileri büyüktür. Yağış ile kayaların fiziksel ve özellikle kimyasal ayrışmaları için gerekli su sağlanmış olur. Sıcaklık ise kimyasal reaksiyonların hızını artırır. Bunların yanında güneş radyasyonunun, özellikle bazalt gibi renk indisi yüksek olan kayalar üzerindeki etkisi diğer kayalara oranla fazladır. Çünkü koyu renkli kayaların güneş ışınlarını adsorblama yeteneği yüksektir.

Bölgedeki yıllık ortalama yağış ve sıcaklıklar arasındaki ilişkileri ve bunların hem kimyasal ayrışmanın hem de don etkisi ile gelişen ayrışmanın şiddeti üzerindeki etkilerine yaklaşımda bulunmak amacıyla PELTIER (1950)' nin hazırladığı grafiklerden yararlanılmıştır (*Şekil 21 a, b*). PELTIER iklim koşullarını morfojenik bölgeler halinde sınıflandırmış ve farklı iklimik rejimlerdeki etkin ayrışma süreçlerini belirtmiştir. Bu grafikler, Nixsar dolayında yarı çöl ikliminin etkisini gösterdiğine ve çok az ayrışma olabileceğine, Akkuş dolayında ise ılıman iklimin etkisini gösterdiğine ve orta

derecede kimyasal ayrışma olabileceğine işaret etmektedir. Her iki diyagram karşılaştırıldığında ayrışma türlerinin farklı yağış ve sıcaklık koşulları ile ilişkisi ortaya çıkmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 21 : a) Nüksar b) Akkuş dolayının PELTIER (1950) diyagramlarındaki yerleri

3.4.3.5. Topoğrafya

Kuzey Anadolu Fay zonunun içinde bulunan inceleme alanı, yer hareketleri ile yükselmiş, aşınım ve dolgu düzlükleri dışında, olgun veya yarı olgun topoğrafyanın bulunmadığı, aksine genç jeomorfolojik birimlerin gözlendiği bir alandır (ERDEM, 1987). Yamaçlar dik ve suların aşındırma kuvveti yüksektir. Kısa süreli sağnak yağışlar da erozyonu arttırmıştır.

Ayrışmaya bağlı olarak gelişen zonlar, genellikle topoğrafya yüzeyine paraleldir. Zemin, ayrılmış ve ayrılmamış kayaç kompleksinden oluşan ayrışma profili topoğrafik açıdan arazinin yüksek kesimlerinde korunmuştur. Ayrıca, yamaç eğimi ve konumu da ayrışmayı etkilemektedir. Yamaçların batı yüzeyleri diğer yüzeylerine nazaran daha fazla yağış ve güneş ışınına maruz kalmıştır. Böylece, yamaç yüzeylerindeki ayrışma dereceleri yer yer farklılıklar sunabilmektedir.

3.4.3.6. Zaman

Ayrışma ve bunun sonucunda meydana gelen zemin oluşum süreci, son derece yavaş gelişen olaylardır. İnceleme alanındaki bazaltların oluşumlarından itibaren aynı sürenin geçmesine rağmen bileşimin yanısıra doku, fabrik v.b. gibi petrografik özellikleri ile birlikte yapısal özellikleri, faylara uzaklıkları, çatlak yoğunlukları, mikroklima, topoğrafya ve bitki örtüsü gibi kısa mesafelerde değişen şartların etkisi ile farklı kalınlıklarda rezidüel zemin gelişimi gözlenmiştir. Öte yandan, bölge, tektonizmadan oldukça etkilenmesi nedeniyle, jeomorfolojik yönden duraylı değildir. Böylece sahanın sürekli erozyona uğraması, bu alanda olgun toprak oluşumunu kısıtlamıştır. Bu nedenle kalıntı toprak zonunun kalınlığı azdır.

3.4.4. Ayrışma tiplerinin bazaltlardaki etkisi

İnceleme alanındaki bazaltlar fiziksel parçalanmaya uğramalarının yanısıra, kimyasal ve biyolojik ayrışmaya, ayrıca hidrotermal alterasyona da uğramışlardır. Bu ayrışma türleri birbiri ile sürekli etkileşim halinde olup, biri diğerinin etkisini arttırmaktadır. Ancak bunların etkileri lokal olarak farklılıklar sunmaktadır.

3.4.4.1. Fiziksel parçalanma

Bazaltların fiziksel parçalanmasını oluşturan etkenler; yük kalkması, tektonizma, ıslanma - kuruma, donma - çözülme, yabancı kristallerin oluşumu, bitki kökleri, termal genişleme ve büzülme olmak üzere yedi grupta incelenmiştir. Fiziksel parçalanma sonucunda bazaltlarda gözlenen değişimler aşağıda sırasıyla özetlenmiştir.

(1) **Yük kalkması (Gerilme azalması)** : Erozyon esnasında kaya üzerinde bulunan örtü yükünün kalkması sonucu kayaç üzerindeki gerilmenin azalmasıyla birlikte kayaç kütleli gevşemeye uğrar. İnceleme alanında erozyonun oldukça sık meydana gelmesinden dolayı, topoğrafyaya paralel kırıklar gelişmiştir. Bunun etkisiyle yüzeydeki kayaların çoğunda özellikle, iri plajiyoklas fenokristalli bazaltlar ile küçük fenokristalli bazaltlarda küresel ayrışma yaygındır.

(2) **Tektonizma** : Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi araştırmaların üzerinde gerçekleştirildiği bazaltlarda tektonizma etkisi ile yoğun çatlak ve kırıklar gelişmiştir. Bu olayın yüzey alanını artırması, ayrışmada etkin faktörlerden birini oluşturmuştur.

(3) **Islanma - Kuruma** : Bazaltların özellikle ayrışmış kesimlerinin birbirini izleyen sürelerde ıslanma ve kurumaya maruz kalması, bunları fiziksel parçalanmaya uğratmıştır. Islanma ve kuruma süreksizlikleri artırması yönünden önem kazanmıştır.

(4) **Donma - Çözülme** : İnceleme alanındaki aktif tektonizma etkisiyle bazaltların sık çatlaklı olmaları, donma olayının etkisini arttırmıştır. Özellikle Aralık, Ocak ve Şubat aylarında çatlaklara dolmuş bulunan sular, önce kayacın yüzeyinden başlamak üzere donar ve daha alt düzeylerde hapsolmüş bulunan suyu da dondurur.

(5) **Yabancı kristallerin oluşumu** : Yağmur suyu yüzeyde kısa sürede akışa uğrasa dahi içine çeşitli tuzlar ve kimyasal maddeler karışır. Özellikle suda kolay eriyen tuz kristalleri ile oluşan eriyikler içindeki suyun buharlaşması sonucunda kayaçlar kolaylıkla parçalanmaktadır. Bu tip ayrışma inceleme alanında yaygındır. Yüzeyde belirli dercede ayrışmış bulunan kayaçların taze olanlara oranla daha çatlaklı ve geçirimli olmaları sebebiyle çatlaklarda biriken, NaCl (Sodyum klorür), KBr (Potasyum bromür), KMnO₄ (Potasyum permanganat), Na₂SO₄ (Sodyum sülfat), NaNO₃

(Sodyum nitrat) gibi tuzlar, bu çatlaklarda sızan sularla eriyik haline dönüştükten sonra tekrar kuruma sonucunda kayada çözülmele sebep olmuştur.

(6) **Bitki kökleri** : İnceleme alanının özellikle ormanlık bölgelerinde, çoğunlukla büyük bitki köklerinin, kayadın çatlaklarına girmesi fiziksel ayrışmada önemli bir unsuru oluşturmuştur.

(7) **Isıl genişleme ve büzülme** : Minerallerin ısıl genişlemeleri nedeniyle iri kristalli kayalar, ince kristalli olanlara oranla daha hızlı fiziksel parçalanmaya uğrarlar. Bu olay, iri plajiyoklas fenokristalli bazaltlarda belirgindir. Ayrıca bazaltların koyu renkli olmaları bunların güneş ışınlarını adsorblama özelliklerini artırarak ısıl genişlemeye sebep olmuştur.

İnceleme alanındaki bazaltlarda fiziksel parçalanma sonucu meydana gelen kırıklar "ayırışma kırıkları" olarak tanımlanmıştır. Bunların oluşumları çekme kırıklarının oluşumuna benzer şekildedir. Ayırışma öncelikle ana kırıklar boyunca, daha sonra küçük kırıklar boyunca yaygındır. Bu kırıkların yoğunluğu orta derecede ayırışmış, çok ayırışmış ve çok fazla ayırışmış kesimlerde fazladır. Bununla birlikte fiziksel ayırışma ile bazaltların heterojenliği artmıştır.

Farklı boyuttaki mineraller ile matriksin birbiriyle kenetlenmiş durumda olduğu bazaltlarda bunların fiziksel parçalanma koşulları altındaki davranışları farklıdır. Özellikle iri plajiyoklas fenokristalli bazaltlarda fiziksel parçalanmanın etkisi belirgindir. Yapılan petrografik incelemelerde plajiyoklasların gevrek olmaları nedeniyle özellikle iri olanlarının çatlamaya karşı duyarlı oldukları ve bunun sonucunda da tane boyunda küçülmelere sebep oldukları görülmüştür. Plajiyoklasların yanında, piroksenlerin de fiziksel ayırışmaya duyarlı oldukları ve kolaylıkla parçalandıkları belirlenmiştir. Kayada ayırışma arttıkça, fiziksel parçalanmanın etkisi matrikste de görülmüştür. Bazaltlarda ikincil olarak gelişen kuvarslarda ise fiziksel ayırışma etkisi ile çatlamalar gözlenmiştir. Minerallerin ve matriksin fiziksel parçalanma koşulları altındaki davranışları ;

- Var olan süreksizliklerin açılması
- Yeni süreksizliklerin gelişimi
- Ufalanma
- Dokanakların açılması (matriks - tane) - Matriks ve tanelerin her ikisinde de
- Dilinimlerin açılması - Plajiyoklas, piroksen, olivin
- Çatlama - kuvars

şeklinde özetlenmiştir.

3.4.4.2. Kimyasal ayrışma

Bazaltlarda kimyasal ayrışma olayları hidrasyon, hidroliz, çözünme, oksidasyon, redüksiyon ve karbonatlaşma şeklinde etkindir. Bu olayların bazaltlardaki etkilerine aşağıda sırasıyla değinilmiştir.

(1) **Hidrasyon** : Bazaltlardaki feldspatlara ve ferromagnezyumlu minerallere (piroksen, olivin vd.) etki yapan bu işlem kil minerallerini oluşturmuştur. Reaksiyonlar karbonatlaşma ile beraber gelişmiştir. Ayrıca özellikle hidroliz sonucu feldspatların ayrışması ile oluşan kil mineralleri hidrasyonla şişerek çatlaklar meydana getirmeleri nedeniyle fiziksel ayrışmaya yol açmışlardır.

(2) **Hidroliz** : Bazaltlardaki feldspatlar hidroliz olayı ile ayrışmaya uğrayan en yaygın minerallerden biridir. Hidroliz sonucu özellikle kil mineralleri meydana gelmiştir.

(3) **Çözünme** : Çözünme ile oluşan kimyasal bozunma inceleme alanının özellikle kuzey kesimlerinin nemli olması açısından önemlidir. Çözünme olayı yeraltı suyunun dolaşabildiği derinliklere kadar inebilmektedir.

(4) **Oksidasyon** : Yüzeyde yer alan bazaltlarda oksitlenme etkisi ile gelişen hematitleşme ve limonitleşme yaygındır.

(6) **Karbonatlaşma** : Karbonatlaşma ile bazaltlarda kalsit gelişimi yaygındır. İnceleme alanında nadiren de olsa özellikle iri plajyoklas fenokristalli bazaltlarda tamamen karbonatlaşma gelişmiştir.

Bu çalışmada araştırılan bazaltların çoğunlukla duraylılığı düşük minerallerden oluşmaları ayrışabilirliklerini arttırmıştır. Taze ve çeşitli ayrışma derecesindeki bazaltlardan alınan örnekler üzerinde ince kesit çalışmaları ve X - ışınları kırınım (XRD) analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları *Çizelge 7* ve *Şekil 22 a, b, c* de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre ayrışma sonucu bazaltlardaki birincil minerallerin hangi minerallere dönüştüğü aşağıda özetlenmiştir.

Plajyoklas → Albit, kalsit, dolomit, kuvars, epidot, zeolit (natrolit), kaolinit

Piroksen → Amfibol, iddingsit, kalsit, klorit, montmorillonit, kaolinit, opak mineraller (hematit, limonit, götit)

Olivin → Ortopiroksen, iddingsit

Volkanik cam → Kalsit, zeolit, montmorillonit, kaolinit

Silis → Genellikle değişmez.

Çizelge 7 : Farklı fasiyelere ait taze ve ayrılmış bazalt örnekleri üzerinde yapılan X- ışınları kırınım analiz sonuçları

AYRIŞMA DERECESİ	TÜM KAYAÇ ANALİZİ									KİL ZENGİNLEŞTİRME (<2µm)									
	Plj			Px	Q	K	D	G	M	Plj	Px	Q	K	D	G	Mt	Ka	H	Mk
Al	An	L																	
C - I	B	A-B	C	B-C	E	E	F	-	-	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C - IIIA	B-C	A-B	C	F	E	E	F	-	F	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C - IIIB	B-C	D	C-D	-	C	D	E-F	F	F	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C - IIIC	D	C-D	C-D	-	C-D	D-E	F	F	F	C-D	-	E-F	-	F	-	B	C-D	E	-
B - I	B	C-D	A	B	E	F	-	-	-	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B - IIC	B-C	B	A	B-C	F	F	-	-	-	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B - IIIA	B-C	B	B	-	E	F	F	-	F	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B - IIIB	D	B	B	-	E	F	E-F	F	F	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B - IIIC	D-E	B-C	C	-	D-E	E-F	E-F	F	E-F	C-D	-	D	-	E	-	B	D	F	F
A - I	A	E	B	B-C	D	E	F	-	-	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A - IIC	A-B	C	D	-	D-E	D-E	E	F	F	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A - IIIB	A-B	B-C	B	E-F	D-E	D-E	F	E-F	F	AY	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A - IIIC	C-D	B	B-C	-	C-D	D	F	E-F	F	D	-	D	F	-	-	B	C	-	F

A : En çok (> % 70)

B : Çok (Yaklaşık % 50)

C : Orta (Yaklaşık % 30)

D : Az (Yaklaşık % 10)

E : Çok az (Yaklaşık % 5)

F : Çok çok az (< % 5)

AY : Analiz yapılmadı

Plj : Plajioklas

Al : Albit

An : Anortit

L : Labrador

Px : Piroksen

Q : Kuvars

K : Kalsit

D : Dolomit

G : Götit

M : Montmorillonit

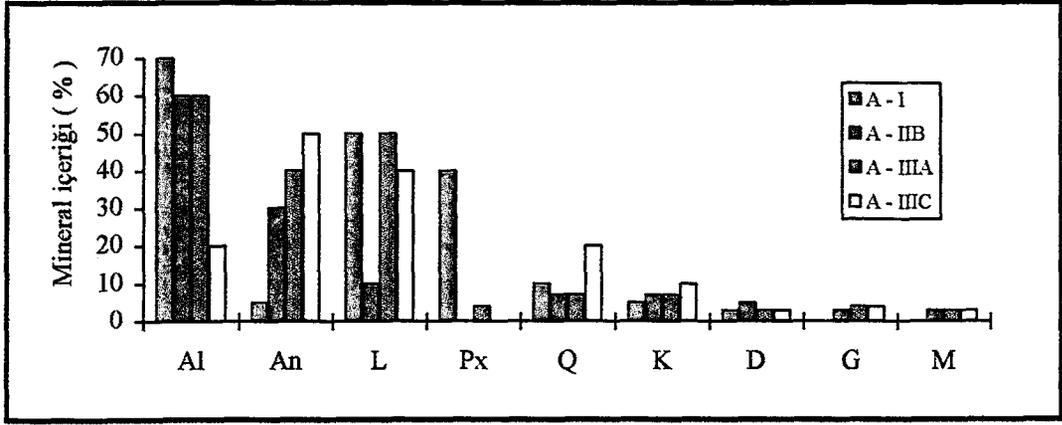
Ka : Kaolinit

H : Hematit

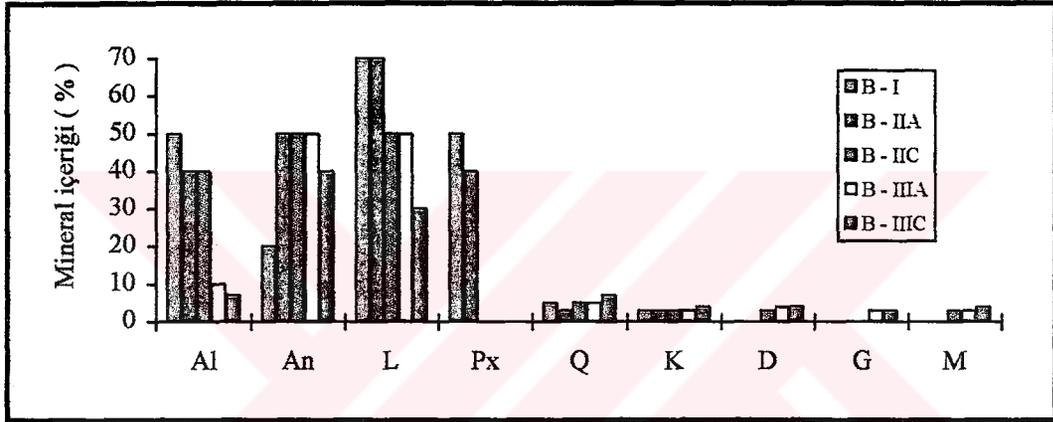
Mk : Mika

Yukarıda sözü edilen analizlerin yanısıra her fasiyese ait taze ve farklı ayrışma derecesine sahip örnekler üzerinde kimyasal analizler yapılmıştır. Bu analiz sonuçları *Çizelge 8, 9 ve 10'* da sunulmuştur. Buradaki TiO₂, XRF, SiO₂ gravimetri, Al₂O₃ volümetrik yöntemle diğer ana element oksitleri de atomik adsorbsiyon yöntemleri ile belirlenmiştir.

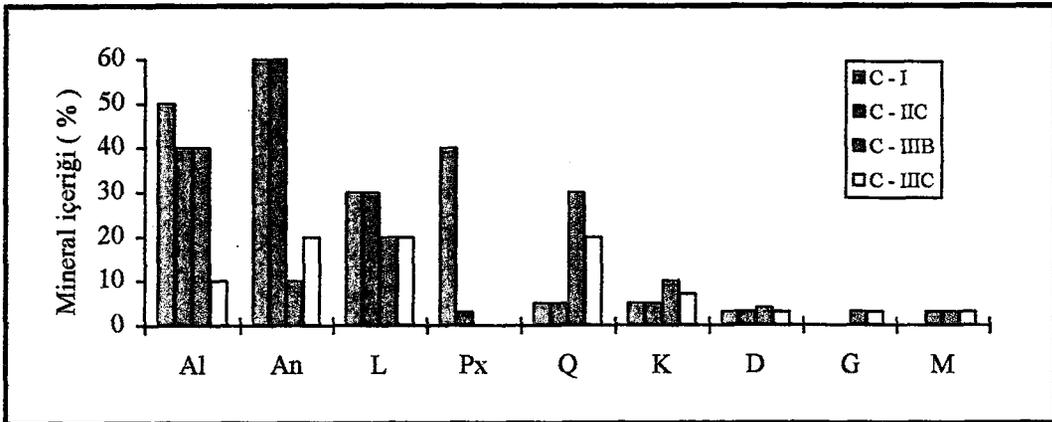
Kimyasal analiz sonuçları üçgen diyagram üzerinde değerlendirilmiş ve *Şekil 23'* te görüldüğü gibi ayrışma ile kayadaki CaO + MgO ve Na₂O + K₂O miktarı azalırken, SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ miktarı göreceli olarak artış göstermiştir. Ayrıca Al₂O₃, Fe₂O₃ ve TiO₂' nin hareketsiz kabul edilmelerinden dolayı (CHESWORTH vd., 1981) bunların toplamı ayrışma derecesinin ölçülmesinde



(a)



(b)



(c)

Şekil 22 : Farklı ayrışma derecelerindeki a) iri plajiklas fenokristalli (A) b) küçük fenokristalli (B) c) iri piroksen fenokristalli (C) bazaltların X-ışınları kırınım analizi sonuçlarına göre mineral içerikleri

Çizelge 8 : İri plajiolklas fenokristalli bazaltlara ait ana element kimyasal analiz sonuçları (I : taze, IIB : az ayrılmış, IIIA : çok ayrılmış, IIIC: tümüyle ayrılmış)

	I	I	IIIC	IIIB	IIIC
SiO ₂	51.76	51.09	50.91	48.56	49.43
Al ₂ O ₃	17.72	17.09	18.45	18.68	19.27
Σ Fe ₂ O ₃	7.53	8.16	7.61	8.71	8.85
TiO ₂	0.71	0.69	0.83	0.81	0.91
MnO	0.13	0.15	0.12	0.15	0.16
CaO	8.98	9.18	8.81	7.53	5.13
MgO	3.38	3.49	3.40	3.42	3.53
Na ₂ O	3.67	3.18	3.43	2.68	1.38
K ₂ O	2.82	2.66	2.36	2.02	1.67
A.K. (1000 0C)	3.62	3.73	4.48	7.56	9.70
Toplam	100.32	99.42	100.40	100.12	100.03

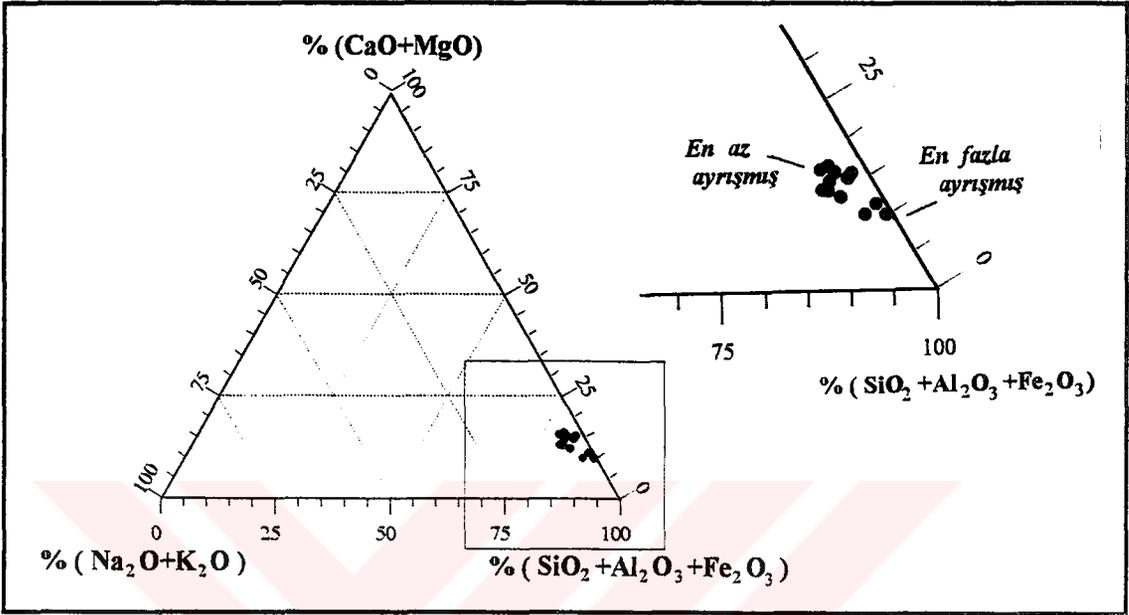
Çizelge 9 : Küçük fenokristalli bazaltlara ait ana element kimyasal analiz sonuçları (I : taze, IIA : çok az ayrılmış, IIC : orta derecede ayrılmış, IIIA : çok ayrılmış IIIC: tümüyle ayrılmış)

	I	I	IIIC	IIIA	IIIA	IIIC
SiO ₂	51.85	51.65	50.70	48.48	48.58	48.27
Al ₂ O ₃	17.58	17.59	17.83	18.23	18.76	19.27
Σ Fe ₂ O ₃	8.15	9.12	9.26	10.03	9.02	10.43
TiO ₂	0.94	0.86	0.89	0.71	0.81	1.01
MnO	0.14	0.14	0.15	0.18	0.15	0.19
CaO	9.50	9.65	9.39	9.33	8.08	4.46
MgO	2.98	2.89	4.17	5.12	5.32	5.35
Na ₂ O	3.71	3.49	3.01	2.65	1.68	0.85
K ₂ O	2.23	2.18	2.10	1.23	1.07	0.45
A.K. (1000 0C)	2.64	2.11	2.76	4.02	6.17	9.99
Toplam	99.72	99.68	100.26	99.98	99.64	100.27

Çizelge 10 : İri piroksen fenokristalli bazaltlara ait ana element kimyasal analiz sonuçları (I : taze, IIC : orta derecede ayrılmış, IIIA : çok ayrılmış, IIIB : çok fazla ayrılmış IIIC: tümüyle ayrılmış)

	I	I	IIIA	IIIB	IIIC
SiO ₂	49.76	49.89	48.48	47.51	48.74
Al ₂ O ₃	15.56	14.96	15.64	17.88	20.30
Σ Fe ₂ O ₃	8.74	9.56	9.94	10.08	10.84
TiO ₂	0.58	0.47	0.67	0.70	0.69
MnO	0.15	0.14	0.14	0.19	0.18
CaO	8.07	7.65	7.78	7.53	3.50
MgO	6.56	6.62	7.19	6.30	5.05
Na ₂ O	2.76	2.61	2.21	0.89	0.35
K ₂ O	2.47	2.15	1.94	1.10	0.59
A.K. (1000 0C)	5.09	5.57	5.45	7.72	9.13
Toplam	99.74	99.62	99.44	99.90	99.37

kullanılmış ve bazaltlardaki diğer bileşenlerin davranışları bunlarla karşılaştırılmıştır. Şekil 24' te de görüldüğü gibi, ayrışma derecesi arttıkça kayadaki SiO_2 , CaO , Na_2O ve K_2O azalmış, MgO ise artmıştır. Magnezyumun artış göstermesi piroksenlerin çoğun kloritleşmesi ile ilgilidir.

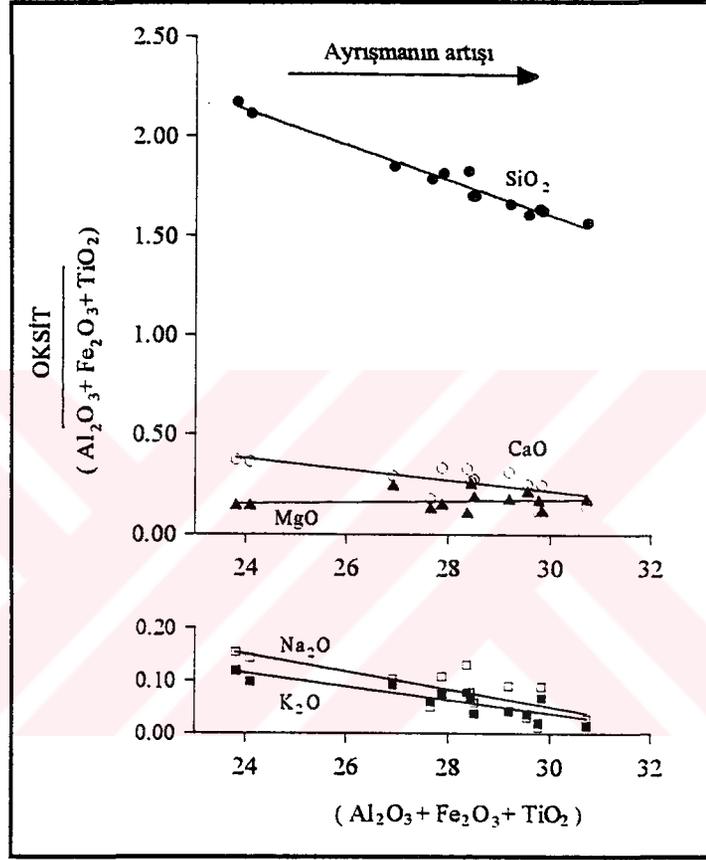


Şekil 23 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların üçgen diyagram üzerindeki gösterimi.

Ayrışma ile bazaltların bileşiminde meydana gelen değişiklikler KRAUSKOPF (1967)' nin önerdiği hesaplama yöntemi ile her üç fasiyes için hesaplanmıştır. Alüminyuma yüzey ve yeraltısularında çok az rastlandığından çok düşük oranda olmasına rağmen, hesaplarda belli bir hata önceden kabul edilerek ayrışma sırasında hiç eksilmediği, bu nedenle ayrılmış kayacın analiz sonuçlarında Al_2O_3 ' in göreceli olarak arttığı gözlenir. Bu varsayıma dayandırılarak Çizelge 8, 9 ve 10' daki değerler ile yapılan hesaplama sonuçları Çizelge 11, 12, 13' de verilmiştir. Bu çizelgelerde ilk sütunda taze kayacın, diğer sütunlarda da ayrılmış kayacın ve en sondaki sütunda rezidüel zemine ait analiz sonuçları bulunmaktadır. Hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

- (1) Öncelikle analiz sonuçlarına bağlı hata hesabı uygulanarak, her elementin oksit yüzdesine göre ağırlıklı olarak toplam sonuçlar % 100' e tamamlanmıştır.
- (2) Al_2O_3 , değişmemiş varsayılmış olup, sütun A' daki değerler taze kayacın Al_2O_3 miktarının, ayrılmış kayacın Al_2O_3 miktarına oranı ile çarpılarak elde edilmiştir.

- (3) Sütun B' lere verilen ve artan veya eksilen değerleri gösteren sonuçlar, sütun A' daki değerlerin sütun I' deki değerlerden çıkarılması ile elde edilmiştir.
- (4) Artma ve eksilme yüzdelere veren C sütunları da, B sütunlarının, I. sütundaki değerlere bölünmesiyle % cinsinden bulunmuştur.



Şekil 24 : Bazaltlardaki bileşenlerin Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve TiO_2 ile karşılaştırılması.

Hesaplamalardan elde edilen sonuçlara göre; SiO₂ sürekli azalmaktadır. Toplam Fe₂O₃ ve bununla ilgili olarak TiO₂ ve MnO, bazı örneklerin dışında devamlı artmış, CaO ise azalmıştır. MgO bazı örneklerde azalırken, birçok örnekte, özellikle küçük plajyoklas fenokristalli bazaltlarda sürekli artmıştır. Bu da kayaca çoğun kırmızı rengini vermiştir. Na₂O ve K₂O bütün örneklerde eksilmiştir Normal ayrışma kurallarına göre MgO' nun sürekli azalması beklenirken, bunların özellikle küçük plajyoklas fenokristalli bazaltlarda sürekli arttığı gözlenmektedir. Bu olay bazaltlardaki kloritleşmenin yaygın olması ile ilgilidir. Öte yandan farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların PH değerleri de

Çizelge 11 : İri plajiyoklas fenokristalli bazaltlarda ayrışma ile oluşan element azalma ve çoğalma değerleri

	I	IIC	A	B	% C	IIIB	A	B	% C	IIIC	A	B	% C
SiO ₂	51.59	50.70	48.74	-2.85	-5.52	48.50	45.90	-5.69	-11.03	49.42	45.31	-6.28	-12.16
Al ₂ O ₃	17.66	18.37	17.66	0.00	0.00	18.66	17.66	0.00	0.00	19.26	17.66	0.00	0.00
Σ Fe ₂ O ₃	7.51	7.59	7.30	-0.21	-2.84	8.70	8.23	0.72	9.64	8.85	8.11	0.60	8.05
TiO ₂	0.71	0.83	0.80	0.09	12.38	0.81	0.77	0.06	7.97	0.91	0.83	0.12	17.52
MnO	0.13	0.12	0.12	-0.01	-11.26	0.15	0.14	0.01	9.20	0.16	0.15	0.02	12.85
CaO	8.95	8.77	8.43	-0.52	-5.80	7.52	7.12	-1.83	-20.48	5.13	4.70	-4.24	-47.44
MgO	3.37	3.39	3.26	-0.11	-3.29	3.42	3.24	-0.13	-3.95	3.53	3.24	-0.13	-3.95
Na ₂ O	3.66	3.42	3.29	-0.37	-10.17	2.67	2.53	-1.13	-30.96	1.38	1.27	-2.39	-65.43
K ₂ O	2.81	2.35	2.26	-0.55	-19.60	2.02	1.91	-0.90	-31.97	1.66	1.52	-1.29	-45.83
A.K.(1000 C)	3.61	4.46	4.29	0.68	18.77	7.55	7.15	3.54	97.93	9.70	8.89	5.28	146.38
Toplam	100	100	96.15			100	94.65			100	91.68		

Çizelge 12 : Küçük fenokristalli bazaltlarda ayrışma ile oluşan element azalma ve çoğalma değerleri

	I	IIC	A	B	% C	IIIA	A	B	% C	IIIA	A	B	% C	IIIC	A	B	% C
SiO ₂	52.00	50.57	50.14	-1.86	-3.57	48.49	46.87	-5.13	-9.87	48.76	45.65	-6.35	-12.21	48.14	44.16	-7.84	-15.08
Al ₂ O ₃	17.63	17.78	17.63	0.00	0.00	18.24	17.63	0.00	0.00	18.83	17.63	0.00	0.00	19.22	17.63	0.00	0.00
Σ Fe ₂ O ₃	8.17	9.24	9.16	0.99	12.14	10.03	9.69	1.52	18.66	9.05	8.47	0.30	3.71	10.40	9.54	1.37	16.76
TiO ₂	0.95	0.89	0.88	-0.08	-7.11	0.71	0.69	-0.26	-27.76	0.81	0.76	-0.19	-20.17	1.00	0.92	-0.03	-3.44
MnO	0.14	0.15	0.15	0.008	6.24	0.18	0.17	0.04	24.27	0.15	0.14	0.0004	0.31	0.19	0.17	0.03	24.49
CaO	9.53	9.37	9.29	-0.24	-2.51	9.33	9.02	-0.51	-5.37	8.11	7.59	-1.94	-20.32	4.45	4.08	-5.45	-57.17
MgO	2.99	4.16	4.12	1.13	37.96	5.12	4.95	1.96	65.51	5.34	5.00	2.01	67.21	5.34	4.90	1.91	63.82
Na ₂ O	3.72	3.00	2.97	-0.75	-20.04	2.65	2.56	-1.16	-31.15	1.69	1.58	-2.14	-54.47	0.85	0.78	-2.94	-79.04
K ₂ O	2.24	2.09	2.07	-0.17	-7.48	1.23	1.19	-1.05	-46.93	1.07	1.00	-1.24	-55.28	0.45	0.41	-1.83	-81.57
A.K.(1000 C)	2.65	2.75	2.73	0.08	2.90	4.02	3.89	1.24	46.62	6.19	5.80	3.15	118.70	9.96	9.14	6.49	244.76
Toplam	100	100	99.14			100	96.66			100	93.62			100	91.73		

Çizelge 13 : İri piroksen fenokristalli bazaltlarda ayrışma ile oluşan element azalma ve çoğalma değerleri

	I	IIIA	A	B	% C	IIIB	A	B	% C	IIIC	A	B	% C
SiO ₂	49.89	48.75	48.32	-1.57	-3.15	49.05	37.45	-12.44	-24.93	47.56	41.45	-8.44	-16.92
Al ₂ O ₃	15.60	15.74	15.60	0.00	0.00	20.43	15.60	0.00	0.00	17.90	15.60	0.00	0.00
Σ Fe ₂ O ₃	8.76	10.00	9.91	1.15	13.14	10.91	8.33	-0.43	-4.90	10.09	8.79	0.03	0.38
TiO ₂	0.58	0.67	0.66	0.08	14.49	0.70	0.53	-0.05	-7.84	0.70	0.61	0.03	5.18
MnO	0.15	0.14	0.14	-0.01	-7.50	0.18	0.14	-0.01	-8.37	0.19	0.17	0.02	10.39
CaO	8.09	7.82	7.75	-0.34	-4.20	3.52	2.69	-5.40	-66.78	7.53	6.56	-1.53	-18.88
MgO	6.58	7.23	7.17	0.59	8.90	5.08	3.88	-2.70	-41.05	6.31	5.50	-1.08	-16.43
Na ₂ O	2.77	2.22	2.20	-0.57	-20.57	0.35	0.27	-2.50	-90.35	0.89	0.78	-1.99	-71.99
K ₂ O	2.48	1.95	1.93	-0.55	-22.07	0.59	0.45	-2.03	-81.83	1.10	0.96	-1.52	-61.34
A.K.(1000 C)	5.10	5.48	5.43	0.33	6.50	9.19	7.02	1.91	37.59	7.73	6.74	1.64	32.09
Toplam	100	100	99.11			100	76.36			100	87.16		

ölçülmüştür. Bu değerler; taze bazaltlarda 7.9 - 8.4 arasında, çok az, az ve orta derecede ayrılmış bazaltlarda 7.6 - 8.0 arasında, çok - çok fazla ve tamamen ayrılmış bazaltlar ile kalıntı toprakta ise 6.6 - 7.8 arasındadır. Buna göre, taze iken az bazik olan bu kayalar, ayrışınca nötr ve daha asidik bir özellik kazanmaktadırlar. Bu olay kil minerallerinin zenginleşmeleri ile ilgilidir.

3.4.4.3. Biyolojik ayrışma

İnceleme alanında, Nüksar'ın kuzeyinden itibaren yer yer büyük alanları kaplayan ormanlar mevcuttur. Bu ormanlarda özellikle, çam, meşe, ahlat ağaçları yaygındır. Ormanların kaplamadığı alanlarda ise çoğunlukla maki ve çayır otları yaygındır. İnceleme alanında ayrıca büyük bitkilerin yanısıra yüzeydeki küresel bazalt kütleleri üzerinde ilkel basit bitkilerden olan likenler gelişmiştir. Sözü edilen tüm bitki türlerinin biyolojik ayrışmaya olan etkilerine maddeler halinde değinilecektir.

- (1) İnceleme alanında ağaçların yaprak döküntüleri topraktaki humusun başlıca maddelerinden birini oluşturmuştur.
- (2) Yaprak ve ağaç gövdelerindeki organik maddelerin su vasıtasıyla yüzeyden süzülmesiyle bunların içindeki asit ve organik bileşikler minerallerin ayrışmasına sebep olmuştur.
- (3) Kökler kayacın kimyasal ayrışmasını arttıran asit reaksiyonunu arttırmışlardır.
- (4) Çoğun ayrılmış malzeme ve süreksizlik açıklıklarında gelişen kökler su ve havanın dolaşımını sağlayan kanallar oluşturmuştur.
- (5) Kökler ayrılmış malzemedeki su ve havaya CO₂ ilave etmek suretiyle sirküle eden suyun PH' ını düşüren karbonik asiti oluştururlar (CAROLL, 1970). Nitekim yapılan analizlerde ayrılmış malzemenin sağlam kayaca oranla daha asidik olduğu görülmüştür.
- (6) İri kökler bazaltların özellikle var olan kırıkları, içlerine girerek bunları genişletmelerinin yanısıra, kama etkisi yaparak bazaltları küçük parçalara ayırmışlardır.

3.4.4.4. Hidrotermal alterasyon

Bazaltlardaki hidrosilikat bileşiminde olan kil minerallerinin bir kısmı hidrotermal alterasyon ile

gelişmiştir. Yüzey koşullarında da, hidrotermal alterasyona benzer değişimler görüldüğünden, araştırmalarda çoğun bu iki olayın etkisi ayırtlanamamıştır. Bu zorluktaki en büyük etkenlerden biri de bazı kesimlerdeki yüzeysel ayrışmanın, hidrotermal alterasyon ile birlikte gelişmesidir. Ancak aktif tektonizmanın etkin olduğu inceleme alanında özellikle Niksar çevreyolu güzergahında , fayların etkisi ile hidrotermal alterasyon yaygınca görülmüştür. Hidrotermal alterasyonun bu araştırmanın kapsamı dışında kalması nedeniyle ayrıntılı çalışmalarda bu tür alterasyon etkisinin yoğun görüldüğü kesimler incelenmemiştir.

3.4.5. Bazaltların ayrışma ürünleri

Bazaltlar ayrışınca öncelikle belirli bir derecede ayrışmış bazaltlara, daha sonraki evrelerde de rezidüel zemine dönüşmüşlerdir. Ayrışmış bazalt ve rezidüel zeminler içindeki ürünler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- (1) Ayrışmamış mineraller (ayrışmaya yüksek dirençli olanlar). Bazaltları oluşturan minerallerin ayrışmaya karşı duraylılıkları farklı olduğundan, örneğin plajioklaslar , koyu renkli minerallere oranla belirli bir ayrışma derecesine kadar özelliklerini korumuşlardır.
- (2) Kısmen ayrışmış mineraller (Örneğin, piroksenlerin kenarlarından itibaren amfibole dönüşmeleri gibi)
- (3) Ayrışmanın son aşamalarında gelişen mineraller
 - (a) Kil mineralleri (montmorillonit, götit,kaolinit vd.)
 - (b) Zeolitler
 - (c) Kalsit, silis vd.
 - (d) Mineral kalıntıları
- (4) Özellikle tümüyle ayrışmış ve kalıntı toprak malzemesinde bulunan kullanılmamış bitki ve hayvan kalıntıları

Yukarıda sıralanan bu ayrışma ürünlerinin çoğu birarada bulunmakta ve kayaç içindeki oranları her ayrışma derecesinde farklılıklar sunmaktadır.

3.4.6. Bazaltlardaki ayrışmanın arazi çalışmaları ile belirlenmesi

Yüzeyde taze bazaltlara oldukça güç rastlanılmasından dolayı, araştırmalarda kazı ve patlatmalar ile açılan yol yarmalarından yararlanmak suretiyle yer yer taze kayaya ulaşılabilmiştir. Yarmalar üzerinde yapılan gözlemlere göre ayrışma derinliğinin sık sık farklılıklar sunması; topoğrafya, tektonizma etkileri, yeraltısuyu ve iklimin çok kısa mesafelerde değişmesinden dolayıdır. Yüzeydeki toprak örtüsünün; ana kayacın yanında, özellikle faylanma sonucu gelişen zayıflık zonları ve diğer tüm özellikleri gizlemesine rağmen, dere yatakları ve yol yarmalarından yararlanılmak suretiyle arazi çalışmaları sürdürülmüştür.

3.4.6.1. Ayrışma profili

Arazi gözlemleri ile herbir ayrışma sınıfındaki ayırtman özellikler ortaya konularak, Niksar yöresindeki bazaltlar için idealleştirilmiş bir ayrışma profili hazırlanmıştır (Şekil 25). Profilde belirtildiği gibi sınıf I ile IIA kayaç, IIB,IIC, IIIA ve IIIB kayaç ve zemin karışımı, IIIC ve IV ise zemindir.

İnceleme alanında ayrışma profili boyunca taze kayaçtan, ayrışmış kayaca ve yüzeye doğru rezidüel zemine geçiş görülür. Bu geçiş esnasında kayacın özellikleri dereceli olarak değişim gösterir (Foto 15 ve 16; Şekil 26 ve 27). Bu yüzden ayrışma profilinin belirlenmesi, sınıflara ayrılması ve herbir sınıfın tanımlanması bütün mühendislik jeolojisi problemlerinde önemlidir.

Bölgedeki tektonik aktivite ile engebeli topoğrafya erozyonu arttırmıştır. Bu yüzden inceleme alanında olgunlaşmış ayrışma profillerine nadir olarak rastlanılmıştır. Üstteki toprak örtüsünün çoğunlukla aşınmış olması ile daha altındaki zonlar yüzeylenerek ayrışma ve dolayısıyla aşınmaya maruz kalmıştır. Aşınma ilerledikçe ayrışma profili yeni topoğrafya yüzeyine uygun olarak değişmekte ve ayrışma profilinin üst kesimleri vadilere doğru eğim kazanmaktadır. Bu nedenle ayrışma profili çoğunlukla düşeyden daha çok radyal olarak yamaçlara doğru değişim göstermektedir . Ayrıca aşındırmanın yüksek olduğu dere yataklarında daha az ayrışmış kayalar beklenirken, yer yer daha yüksek oranda ayrışmış kayalara rastlanılması, bu kesimlerdeki, haritaya geçirilemeyecek ölçekteki faylar ve artan kırık yoğunluğu ile ilgilidir.

DERİNLİK (Yüzeyden itibaren)				ZON	TANIMLAMA
0 - 0.5 m	Rezidüel Zemin	Saprolit		IV	BİTKİSEL TOPRAK
0.10 - 5 m					KALINTI TOPRAK
0.10 - 10 m	Rezidüel Zemin	Saprolit	KAYAÇ YÜZDESİ	III	III C - TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ
0.10 - 20 m					III B - ÇOK FAZLA AYRIŞMIŞ
0.20 - 20 m					III A - ÇOK AYRIŞMIŞ
1 - 30 m	Ayrılmış kayaç		KAYAÇ YÜZDESİ	II	II C - ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ
5 - 30 m					II B - AZ AYRIŞMIŞ
5 - 50 m					II A - ÇOK AZ AYRIŞMIŞ
10 m <	Taze Kayaç			I	AYRIŞMAMIŞ

Şekil 25 : İnceleme alanındaki bazaltlar için geliştirilen ayrışma profili

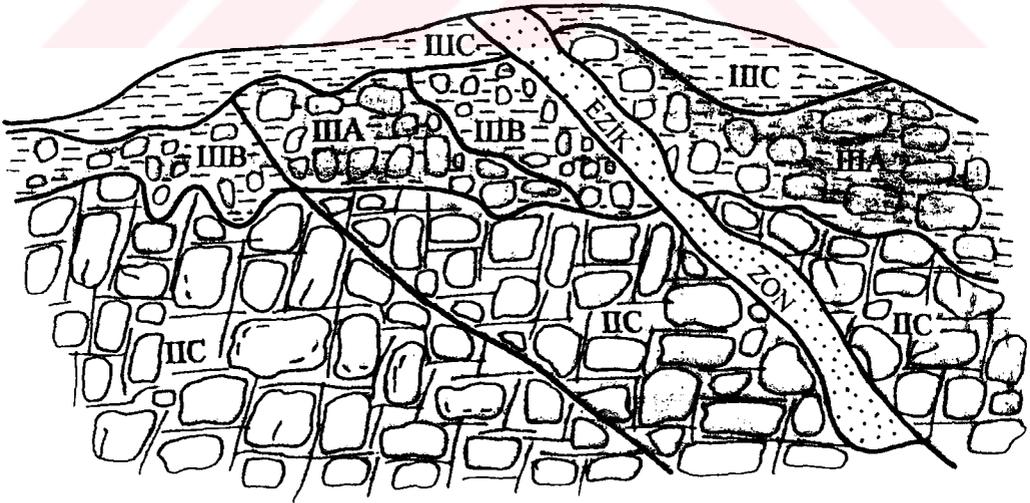
3.4.6.2. Ayrışma profilinin mühendislik sınıflaması

Araştırmanın üzerinde gerçekleştirildiği, Eosen yaşlı bazaltlar için önceki araştırmacıların, özellikle DEERE ve PATTON (1971), DEARMAN vd. (1978) ile ANON (1990)' nun yapmış oldukları sınıflamaların ışığı altında yeni bir sınıflama geliştirilmiştir. Her ne kadar literatürdeki ayrışma sınıflamalarını araştırmının sakıncaları olsa da araştırmanın konusu itibarıyla her bir ayrışma sınıfındaki kayacın veya ayrık malzemenin davranışını hassas bir şekilde ortaya koymak amacıyla bu yeni sınıflamaya ihtiyaç duyulmuştur. Bu sınıflama geliştirilirken aşağıdaki ilkeler benimsenmiştir.

- (1) Sınıflamada kullanılan tanımlamaların yeterince sadeleştirilmesi



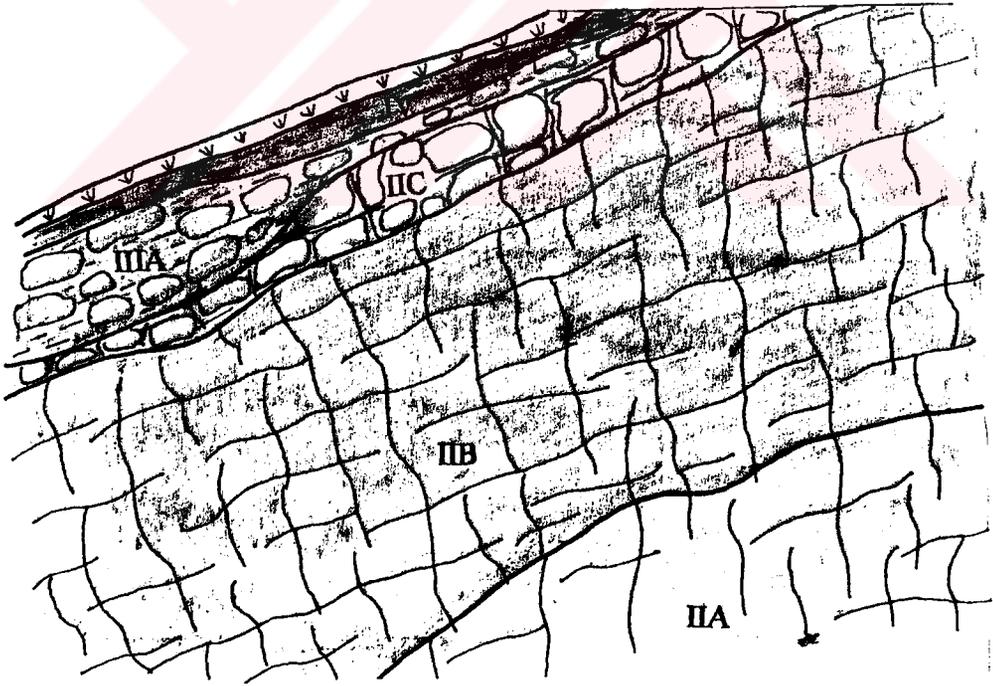
Foto 11 : İri plajyoklas fenokristalli bazaltlarda görülen ayrışma profili



Şekil 26: İri plajyoklas fenokristalli bazaltlarda yüzeye doğru ayrışma derecelerinin değişimi (Şekil yukarıdaki fotoğrafın şematik sumumudur.)



Foto 12 : Küçük fenokristalli bazaltlarda görülen ayrışma profili



Şekil 26 : Küçük fenokristalli bazaltlara ait bir yarmada görülen farklı ayrışma sınıflarının sınırları

- (2) Önceki araştırmacıların yapmış oldukları profillere benzerlik sağlanması
- (3) Anlamsız veya iki anlamlı terimlerden kaçınılması
- (4) Ayrışma profili boyunca, kendi içinde benzer davranışlar gösteren sınıfların ayrılması
- (5) Herbir sınıfın arazide kolayca tanınabilir ayırtman özelliğinin olması
- (6) Mühendislik amaçlı ayrışma haritalarının hazırlanmasında ve sondaj karotlarının tanımlanmasında kullanılabilir olması

İnceleme alanındaki bazaltlar için geliştirilen ayrışma sınıflaması için kullanılan ölçütler; kayaç kütlesinin rengi, dokusu, kaya - zemin oranı, çekirdek taşlarının varlığı ve bunların renkleri ile şekillerinin yanısıra süreksizlik yüzeylerinin rengi ile kayacın sertliğidir. Bu ölçütlere dayanılarak yapılan ayrışma sınıflaması *Çizelge 14*'te sunulmuştur.

Arazi çalışmaları sırasında, farklı derecelerde ayrılmış bazaltlardaki çatlak aralıkları da belirlenmiştir. Elde edilen veriler BEJERMAN (1994)'nin önerdiği kaya kütlesi kırık sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Ancak, bu sınıflamaya ayrık malzeme tanımlamasıyla bir sınıf daha ilave edilmiştir (*Çizelge 15*). Bu çizelgede görüldüğü gibi, taze ve çok az ayrılmış bazaltlar sağlam, yine çok az ayrılmış ve az ayrılmış bazaltlar orta derecede kırıklı, orta derecede ve çok ayrılmış bazaltlar yüksek derecede kırıklı, çok fazla ayrılmış bazaltlar tamamen kırıklı, diğerleri ise ayrık malzeme sınıfına girmektedir

3.4.6.3. Geliştirilen ayrışma sınıflamasının diğer sınıflamalar ile karşılaştırılması

Ayrışma profilinin tanımlanması ile ilgili çalışmaların hemen hepsinde benzerlikler vardır. Bu profiller farklı amaçlar için, farklı iklimik zonlarda, farklı kayaç tiplerinde çalışan birçok araştırmacının deneyimlerini yansıtır.

Önceleri birçok araştırmacı, kaya ayrışmasını arazi gözlemleri ile tanımlamıştır (BRANNER 1896, DERBY 1896, BLACKWELDER 1925, BROCK 1943). VARGAS (1953)'tan sonra birçok araştırmacı, ayrışma olayında değişik ayrışma sınıflamaları tanımlamıştır. Busınıflamaların en önemlileri ve bunların karşılaştırılması *Çizelge 16 a ve b*'de sunulmuştur.

Sınıflamalarda en az dört en fazla dokuz gurup ayrılmıştır.

Çizelge 14 : Arazi gözlemlerine göre inceleme alanındaki bazaltlar için geliştirilen ayrışma sınıflaması

SINIF	TERİM		TANIMLAMA
IV	REZİDÜEL ZEMİN	KALINTI TOPRAK	Kayaç tümüyle toprağa dönüşmüştür. Kütleli doku ve maddesel fabrik bozulmuştur. Rengi çoğun koyu kahverengidir. Hacim büyük ölçüde artmış fakat henüz taşınmamıştır. Üzerinde organik maddelerce zengin bitkisel toprak bulunmaktadır.
III		IIIC - TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Kayaç tümüyle toprağa dönüşmüş ve / veya ufalanmıştır. Nadiren çekirdek taşı içerir. Rengi kahverengidir. İlkel kayaç yapısı ve dokusu hala korunmaktadır.
		IIIB - ÇOK FAZLA AYRIŞMIŞ	Kayanın büyük kesimi ufalanmıştır. Sağlam kesimleri elle kolaylıkla parçalanabilir. Rengi açık kahverengidir. % 20' dan az çekirdek taşı içermektedir. Çekirdek taşları tamamen renk değiştirmiştir.
		IIIA - ÇOK AYRIŞMIŞ	Kayaç kısmen ufalanmıştır. Sağlam kesimleri çekiçle vurulduğunda kof ses verir ve hafif çekiç darbesi ile kırılır. Rengi açık gri - kırmızı - kahverengidir. % 20 - 50 arası çekirdek taşı içermektedir. Çekirdek taşlarının rengi az çok korunmuştur.
II	AYRIŞMIŞ KAYAÇ	IIIC - ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	Kayaç tamamen renk değiştirmiştir. Rengi açık gri - yer yer açık kahverengidir. Kayaç önemli ölçüde direncini yitirmiştir. Çekiçle vurulduğunda kof ses verir ve kolaylıkla kırılır. Kaya kütleli süreksiz bir çatı altında renk değiştirmiş çekirdek taşları şeklindedir. % 50 - 70 arası da kayaç içermektedir. Çekirdek taşlarının kenarları yuvarlaktır.
		IIIB - AZ AYRIŞMIŞ	Ayrışma ile kayaç kısmen renk değiştirmiştir. Rengi açık gri - morumsudur. Çekiçle vurulduğunda çınlama sesi verir ve bir önceki guruplara nazaran daha kolay kırılır. % 70 - 90 arası kayaç içermektedir. Süreksizliklerin sınırladığı bloklar köşelidir.
		IIA - ÇOK AZ AYRIŞMIŞ	Ana süreksizlik yüzeyleri boyunca renk değişimi söz konusudur. Rengi-koyu gri siyahtır. Çekiçle vurulduğunda çınlama sesi verir ve süreksizlikler boyunca kırılır. % 90' dan fazla taze kayaç içermektedir.
I	AYRIŞMAMIŞ (TAZE KAYAÇ)		Kayaçta ayrışmaya ait herhangi bir yoktur. Rengi koyu gri - siyahtır. Çekiçle vurulduğunda çınlama sesi verir ve güçlükle kırılır.

Çizelge 15 : İnceleme alanındaki farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların BEJERMAN (1994) kaya kütleli kırık sınıflamasındaki yerleri

TERİM	TANIMLAMA	DERECE	AYRIŞMA DERECESESİ
SAĞLAM	Süreksizlik aralıkları 3 metreden fazla	I	I - IIA
ORTA DERECEDE KIRIKLI	Süreksizlik aralıkları 1 - 3 metre arasında	II	IIA - IIB
YÜKSEK DERECEDE KIRIKLI	Süreksizlik aralıkları 0.05 - 1 metre arasında	III	IIIC - IIIA
TAMAMEN KIRIKLI	Süreksizlik aralıkları 0.05 metreden az	IV	IIB
AYRIK MALZEME	Süreksizlikler seçilemiyor	V	IIIC

<i>Bu Çalışma</i>	<i>Kiersch ve Treasher (1954)</i>	<i>Moye (1956)</i>	<i>Ruxton ve Berry (1957)</i>	<i>Knill ve Jones (1965)</i>	<i>Vargus Sibva, Tubio (1965)</i>	<i>Korzhenko Shvets (1965)</i>	<i>Sowers (1967)</i>	<i>Barata (1969)</i>
<i>Bazalt</i>	<i>Kuvurs Diyorit</i>	<i>Granit</i>	<i>Granit</i>	<i>Granit</i>	<i>Granit</i>	<i>Kılız kayalar</i>	<i>Mag. met. vd.</i>	<i>Çnays</i>
IV KALINTI TOPRAK		GRANİTİK TOPRAK	I KALINTI TOPRAK	GNAYSIK TOPRAK	ÜST ZON	KILLI ZEMİN	A - HORIZON	OLGUN REZİDÜEL ZEMİN
III TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ	YÜKSEK DERECEDE AYRIŞMIŞ	TAMAMEN AYRIŞMIŞ GRANİT	II ÇEKİRDEK TAŞLI KALINTI TOPRAK	IV TAMAMEN AYRIŞMIŞ GNAYS	ORTA ZON	SAPROLİT	B - HORIZON	GENÇ REZİDÜEL ZEMİN
IIB ÇOK FAZLA AYRIŞMIŞ		YÜKSEK DERECEDE AYRIŞMIŞ GRANİT	III KALINTI TOPRAKLI ÇEKİRDEK TAŞLAR	IIA YÜKSEK DERECEDE AYRIŞMIŞ GNAYS	ALT ZON			IIIB GENÇ REZİDÜEL ZEMİN
IIA ÇOK AYRIŞMIŞ	ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ GRANİT	IV KISMEN AYRIŞMIŞ KAYAÇ	II ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ GNAYS	KISMEN AYRIŞMIŞ VEYA FISSÖRLÜ KAYA	BOZULMUŞ MALZEME	GEÇİŞ ZONU	III ÇOK ALTERE KAYA
I AYRIŞMAMIŞ	AZ DERECEDE AYRIŞMIŞ	AZ DERECEDE AYRIŞMIŞ GRANİT	V TAZE KAYA	I TAZE GNAYS		KAYA	SAĞLAM KAYA	IV FISSÖRLÜ VEYA KIRIKLI KAYA
	ESASEN TAZE	TAZE GRANİT						V ANA KAYAÇ

<i>Little (1969)</i>	<i>Deere ve Patton (1971)</i>	<i>Vargus (1974)</i>	<i>ANON (1977)</i>	<i>Dearman, Baynes, İyşan (1978)</i>	<i>ISRM (1981)</i>	<i>Williamson, Kuhn URCS (1988)</i>	<i>Komao ve Yaukub (1990)</i>	<i>Bu Çalışma</i>
<i>Tropikal zemimler</i>	<i>Genel</i>	<i>Bazalt</i>	<i>Genel</i>	<i>Granit</i>	<i>Genel</i>	<i>Genel</i>	<i>Metamorfik kayalar</i>	<i>Bazalt</i>
VI TOPRAK	IA - A HORIZONU	A HURUS	VI HURUS	VI KALINTI TOPRAK	VI REZİDÜEL ZEMİN	E TAMAMEN AYRIŞMIŞ	IV REZİDÜEL ZEMİN	IV BİTKİSEL TOPRAK
V TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ	IB - B HORIZONU	B ÜST	V TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ ZEMİN	V TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ	V TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ	D KISMEN AYRIŞMIŞ	V TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ	III TÖMÜYLE AYRIŞMIŞ
IV YÜKSEK DERECEDE AYRIŞMIŞ	IC - C HORIZONU (saprolit)	C ORTA	IV YÜKSEK DERECEDE AYRIŞMIŞ	IV İLERİ DERECEDE AYRIŞMIŞ	IV YÜKSEK DERECEDE AYRIŞMIŞ	C RENK DEĞİŞTİRMİŞ	IV YÜKSEK DERECEDE AYRIŞMIŞ	IIIB ÇOK FAZLA AYRIŞMIŞ
III ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ			III ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	III ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	III ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	B GÖRÜNÜR TAZE DURUM	III ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	IIA ÇOK AYRIŞMIŞ
II İHAFİF AYRIŞMIŞ	IIA GEÇİŞ ZONU	AYRIŞMIŞ KAYA	II AZ AYRIŞMIŞ	II ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	II AZ AYRIŞMIŞ	A MİKRO TAZE DURUM	II AZ AYRIŞMIŞ	IIB AZ AYRIŞMIŞ
I AYRIŞMAMIŞ (TAZE KAYA)	IIIB KISMEN AYRIŞMIŞ KAYAÇ	V SAĞLAM KAYA	IA TAZE	I TAZE	I TAZE		I AYRIŞMAMIŞ	I AYRIŞMAMIŞ

Çizelge 16 : Bazaltlar için geliştirilen ayrışma sınıflamasının diğer sınıflamalar ile karşılaştırılması

Çizelgelerden de görüldüğü gibi inceleme alanındaki bazaltlar için geliştirilen ayrışma sınıflaması, LITTLE (1969)' dan sonra geliştirilen ayrışma sınıflamaları ile benzerlikler sunmaktadır. Ancak bu sınıflamada dört ana ayrışma sınıfı belirlenmiş olup, bu sınıflardan ikisi üç alt sınıfa ayrılmıştır. Birinci sınıftakiler taze kayaç, ikinci sınıftakiler ayrışmış kayaç, diğerleri ise rezidüel zemin özelliğindedir. İkinci sınıftan sonra kayaç özelliği kaybolmakta ve zemin özelliği egemen olmaktadır. Ayrışma sınıflarının ayırtman özellikleri;

- (1) Taze kayaç ile çok az ayrışma sınıfı arasında renk değişiminin varlığı,
- (2) Çok az ayrışma sınıfı ile az ayrışma sınıfı arasında zeminin varlığı,
- (3) Az ayrışma sınıfı ile orta derecede ayrışma sınıfı arasında çekirdek taşlarının şekli,
- (4) Orta derecede ayrışma sınıfı ile çok ayrışma sınıfı arasında kaya zemin oranının % 50' den az veya çok oluşu,
- (5) Çok ayrışma sınıfı ile çok fazla ayrışma sınıfı arasında çekirdek taşının özelliğini (renk vd.) korumuş olması,
- (6) Çok fazla ayrışma sınıfı ile tümüyle ayrışma sınıfı arasında çekirdek taşının varlığı,
- (7) Tümüyle ayrışma sınıfı ile kalıntı toprak arasında orijinal dokunun varlığı,
- (8) Kalıntı toprak ile bitkisel toprak arasında da organik madde içeriğidir.

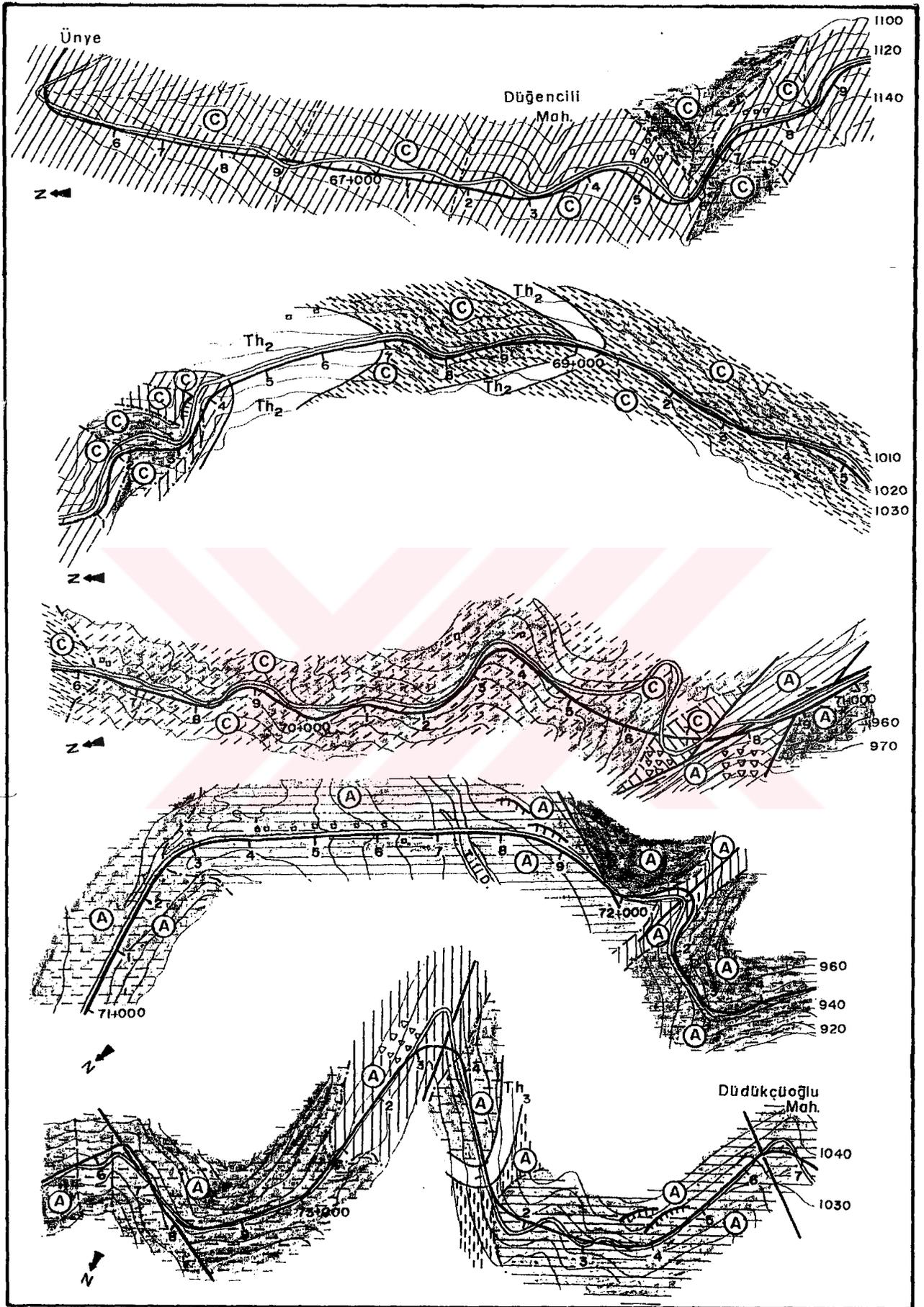
Bunların dışında her ayrışma sınıfı için kaya zemin oranları da verilmiştir. DEERE ve PATTON (1971), rezidüel zeminleri A, B ve C horizonları şeklinde belirtmişlerdir. Ancak inceleme alanındaki bazaltlarda kalıntı toprak zonları gelişmediğinden horizon ayırımı yapmak uygun değildir. Araştırmacılar ayrıca geçiş zonunu kabaca tanımlayarak bu zonu ayrışmış kayaç sınıfı içinde belirtmişlerdir. ANON (1977), çok fazla ayrışma sınıfı ile çok ayrışma sınıfı, yüksek derecede ayrışma sınıfı olarak göstermiştir. Ancak bu iki sınıfın ayırtman özelliği olan çekirdek taşlarının özelliği dikkate alınmamıştır. DEARMAN vd. (1978) granitler için yaptıkları sınıflamada yine aynı duruma değinmemişler, bunun yanısıra bitkisel toprağı da kalıntı toprağın içinde tanımlamışlardır.

3.4.6.4. Ayrışmanın düşey ve yanal dağılımı

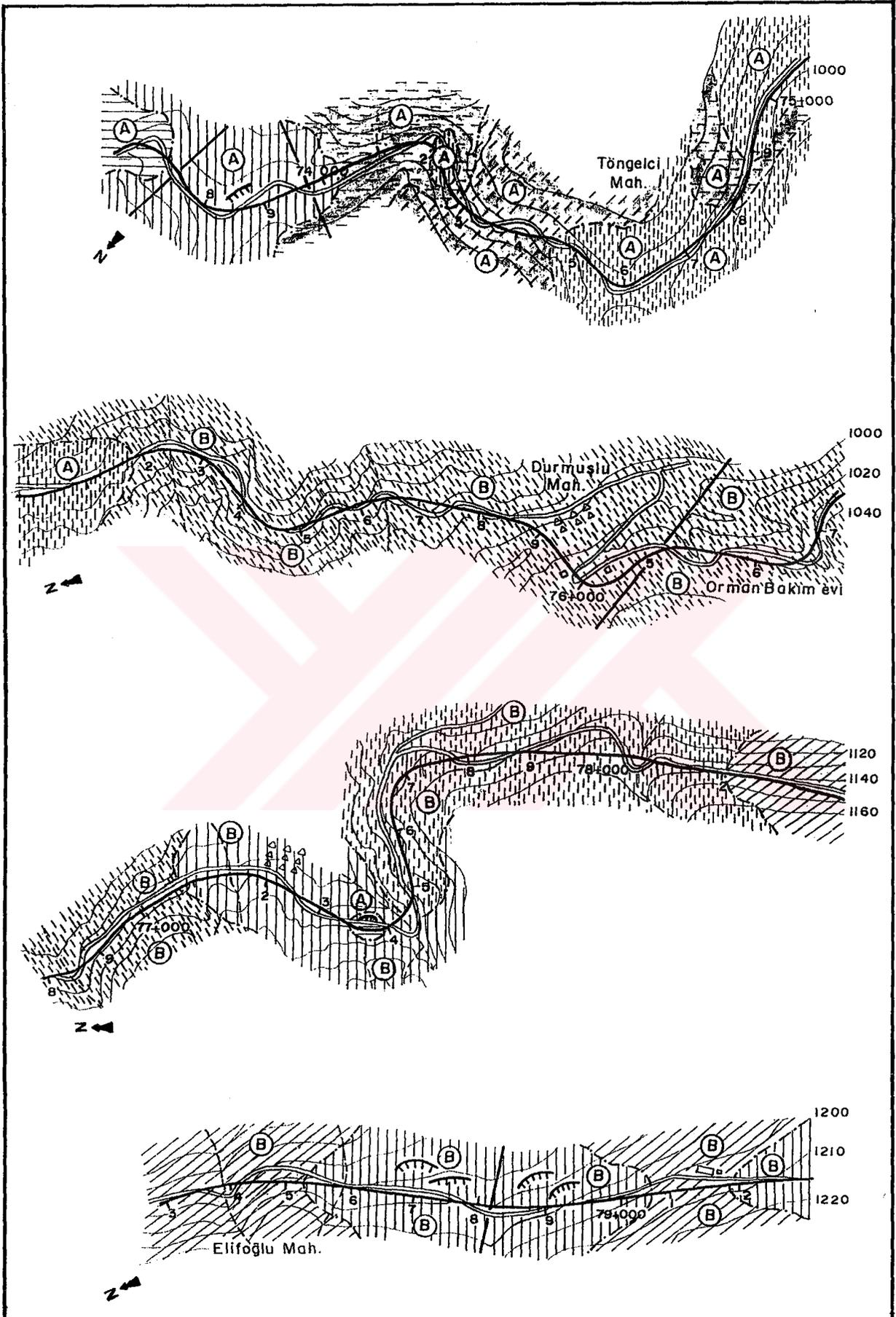
Kazi ve patlatma yapılarak açılan Niksar çevreyolu ile Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahlarındaki yol yarmalarından yararlanmak suretiyle gerçekleştirilen bu araştırmada nadiren taze kayaya ulaşılabilmektedir. Ayrışma derinliği çok kısa mesafelerde değişmektedir. Farklı derecelerde ayrılmış bazaltların yüzeyden aşağıya doğru derinlikleri şöyledir ; Bitkisel toprak en çok 0.5 metre, kalıntı toprak, fay zonları dışında genelde 0.10 - 5 metre, tümüyle ayrılmış bazaltlar, yer yer 10 metre, çok fazla ayrılmış bazaltlar 0.10 - 20 metre, çok ayrılmış bazaltlar 0.20 - 20 metre, orta derecede ayrılmış bazaltlar 1 - 30 metre, az ayrılmış bazaltlar 5 - 30 metre, çok az ayrılmış bazaltlar 5 - 50 metre, taze bazaltlar ise çoğunlukla 10m. ve daha fazla derinlikte bulunmaktadır (Şekil 25).

Arazi çalışmaları sırasında, ayrışmanın alansal olarak değerlendirilmesi amacıyla her iki yol güzergahı boyunca 1 / 2000 ölçekli ayrışma haritaları hazırlanmıştır (Şekil 28 a ve b). Yüzeydeki bazaltların ayrışma derecesini belirlemenin güç olmasından dolayı, haritalar hazırlanırken yeni açılan veya genişletilen yol güzergahlarındaki yarmalardan yararlanılmıştır. Bu haritaların hazırlanma nedenleri ayrışmanın; fasiyes değişimleri, topoğrafya, erozyon, tektonizma, kütleli kaymalar ve dökülmeler ile ilişkisini saptamaktır. Bu çalışma sırasında, yüzeyde genelde çok az kalınlıkta olan bitkisel toprak haritalanmamıştır. Ayrıca güzergah boyunca yüzeylenen her bir fasiyes de harita üzerinde gösterilmiştir. Bu haritalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

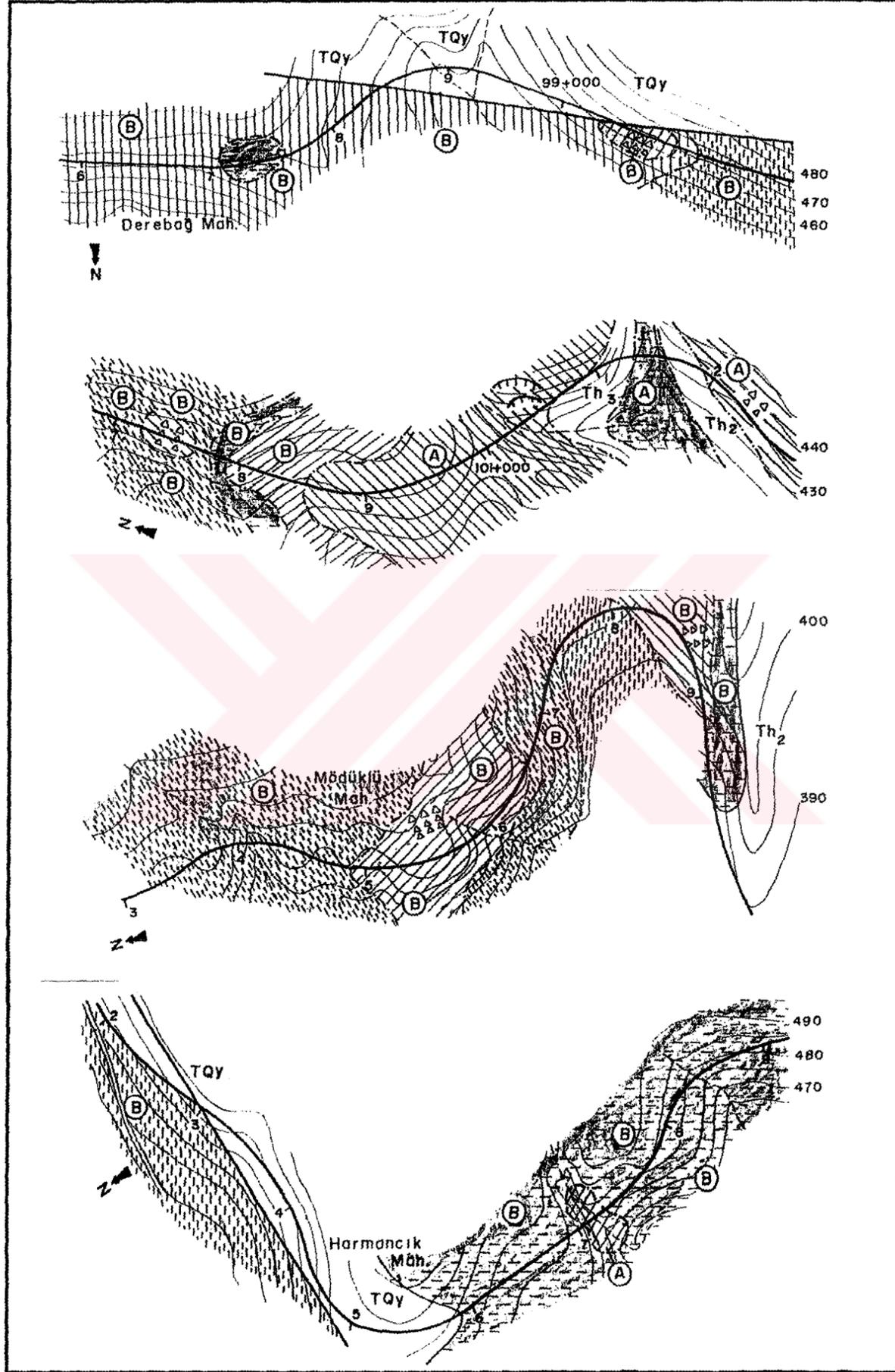
- (1) Yüzeyde bitkisel toprağın dışında, Çevreyolu güzergahında az ayrılmış kesimler başta olmak üzere çok az ve çok ayrılmış kesimler çoğunluktadır. Kuzeydeki Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahında ise çok ayrılmış kesimler başta olmak üzere tümüyle ayrılmış ve az ayrılmış kesimler egemendir
- (2) Birinci maddede belirtilen verilere göre Niksar Çevreyolu güzergahında az ayrılmış kesimlerin yüzeyde olması bu alanın erozyondan daha çok etkilenmesi ile açıklanabilir
- (3) Özellikle Çevreyolu güzergahında her ne kadar dere yataklarında aşındırma nedeniyle daha az ayrılmış kesimler ile karşılaşılması düşünülürken yer yer daha fazla ayrılmış kesimler ile karşılaşılması, dere yataklarında gözlenen küçük ölçekteki fay veya çatlaklarla açıklanabilir.
- (4) Kalıntı toprak kalınlığı en fazla 5 metredir. Haritada büyük alanlar kaplayan kalın kalıntı toprak zonları çoğunlukla fayların etkisi ile gelişmiştir.



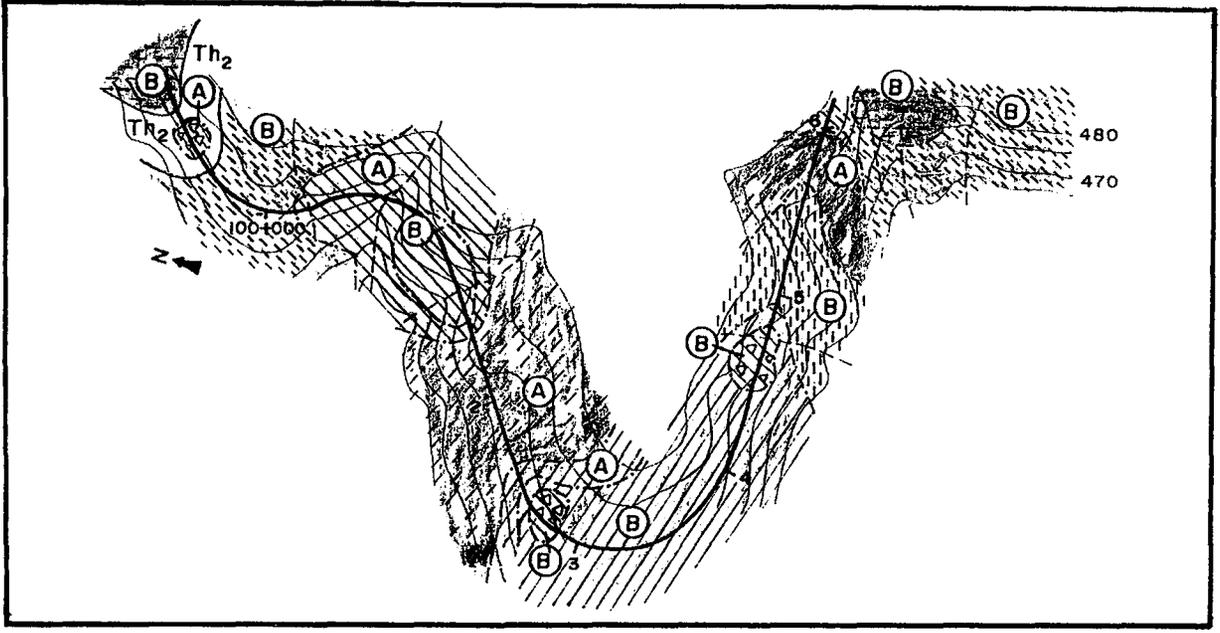
Şekil 28 : a) Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahının ayrışma haritası



Şekil 28 : a) (devamı)



Şekil 28 : b) Nizsar çevreyolu güzergahının ayrışma haritası



Şekil 28 : b) (devamı)

REZİDÜEL ZEMİN RESIDUAL SOIL		IV	Bitkisel toprak - Organic soil
			Kalıntı toprak - Residual soil
		III C	Tümüyle ayrılmış Completely weathered
		III B	Çok fazla ayrılmış Extremely weathered
AYRIŞMIŞ KAYAC WEATHERED ROCK		III A	Çok ayrılmış Highly weathered
		II C	Orta derecede ayrılmış Moderately weathered
		II B	Az ayrılmış Slightly weathered
TAZE AYRIŞMIŞ KAYAC FRESH WEATHERED ROCK		II A	Çok az ayrılmış Faintly weathered
		I	Ayrılmamış Unweathered

AÇIKLAMALAR - Explanations

YOLÜSTÜ FM	TQy	Bazalt Basalt	— Litoloji sınırları Lithological boundaries
	Th ₄	Bazalt Basalt	
HASANŞEYH FM	C	İri piroksen fenokristalli bazalt Basalt with coarse pyroxene	— Fay Fault
	B	Küçük fenokristalli bazalt Basalt with fine phenocrysts	- - - Ayrışma derecesi sınırları Boundaries of weathering stages
	A	İri plajjoklas fenokristalli bazalt Basalt with coarse plagioclase	Kütleli kaymalar Mass movements
	Th ₃	Tüf Tuff	Dökülmeler Raveling
	Th ₂	Volkanik kumtaşı - kiltası Volcanic sandstone - claystone	- - - 1200 Eş yükselti eğrileri Contour lines
Th ₁	Killi kireçtaşı Clayey limestone	- - - Dereler Streams	

- (5) Kütlesel kaymalar başta kalıntı toprak olmak üzere tümüyle ayrılmış veya çok fazla ayrılmış bazaltlarda meydana gelmektedir . Kütlesel kayma olayları ayrışmanın yanı sıra fayların denetiminde gelişmiştir.
- (6) Çalışma alanında sık sık görülen dökülmeler ise başta çok fazla ve çok ayrılmış zonlar olmak üzere tümüyle ayrılmış kesimlerde de gözlenmektedir.

İri plajjoklas fenokristalli ve küçük fenokristalli bazaltların yüzeylendiği alanlarda az ayrılmış, orta derecede ayrılmış ve çok ayrılmış zonlar içerisinde görülen ve ayrışması, içinde bulunduğu malzemeye oranla daha az olan, taze veya az ayrılmış büyük bazalt küreleri (çekirdek taşları); mostralara, taze veya az ayrılmış kayaç görünümünü verebilir. Ancak bu olayı, kütlesel olarak değerlendirmekte büyük yarar vardır. Neticede kütlelerin davranışını, bazalt küresinden ziyade etrafını çevreleyen ayrık malzeme (grus) belirleyecektir.

3.4.7. Ayrışmanın laboratuvar çalışmaları ile belirlenmesi

Bazaltların ayrışma derecelerinin sayısal olarak belirlenmesi amacıyla laboratuvarda araziden derlenen örnekler üzerinde bir seri araştırma yürütülmüştür. Bu araştırmalar ile bazaltların ayrışma ile değişen birçok özellikleri ortaya konulmuştur.

Ayrışma sonucu petrografik özelliklerde ortaya çıkan değişimlerin saptanması amacıyla polarizan ve elektron mikroskobu ile yürütülen petrografik araştırmaların yanısıra kimyasal bileşim değişimlerini de saptamak amacıyla kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen kimyasal analiz sonuçları, X - ışınları kırınım analizleriyle desteklenmiştir. Bu araştırmaların yanında fiziksel ve mekanik özellik deneyleri yapılarak petrografik ve kimyasal özelliklerdeki değişimlerin fiziko - mekanik özellikler üzerinde neden olduğu değişimler her ayrışma derecesi için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Aşağıda, bazaltların özelliklerinde ayrışma sonucu gelişen değişimlerin nedenlerinin ortaya konulması amacıyla yürütülen tüm araştırmalara ve bunların sonuçlarına sırayla değinilmiştir.

3.4.7.1. Mikroskopik araştırmalar

Laboratuvarda hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskobunda incelenerek, kayacın petrografik olarak ayrışması ile içindeki mikroçatlakların sayısı değerlendirilmiştir.

Bazaltların petrografik özellikleri yanında mikroçatlaklarının sayısı ile diğeri mühendislik özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla bu özelliklerin sayısal olarak ifade etme zorunluluğu ortaya çıkmış ve bu amaçla bir takım formüller geliştirilmiştir. Aşağıda bunlara ayrıntılı olarak değinilecektir.

3.4.7.1.1. Mineralojik bileşim ile ayrışma derecelerinin ilişkisi

Birçok araştırmada, ayrışma derecesi mineralojik değışimlere bağılı olarak tanımlanmıştır. Bu araştırmaların bazılarında önerilen petrografik indeksler *Çizelge 17'* de sunulmuştur. Petrografik indeksler kullanılarak kayacın ayrışma derecesine olduğu gibi, mühendislik özelliklerine de yaklaşımda bulunulabilir (FOOKES vd., 1988). Önerilen petrografik indekslerin; bir kısmı karmaşık olduğundan (COLE ve SANDY, 1980), bir kısmı da genellikle granit türü kayalar için geliştirildiğinden (LUMB, 1962; COUNTY ROADS BOARD, 1982; İRFAN ve DEARMAN, 1978), bazalt türü kayalara uygulanmaları oldukça güçtür. Örneğin, İRFAN ve DEARMAN (1978)' nin önerdikleri mikropetrografik indeks, basit ve kullanılabilir olmakla birlikte, bazalt türü kayaların matriksindeki ikincil minerallerin yüzdeleri belirlemenin oldukça güç olmasından dolayı bu araştırmada kullanılmamıştır. Bu amaçla yeni bir indeks tanımlanmıştır. Petrografik ayrışma indeksi olarak tanımlanan bu indekste , kayacın üç ana bileşenden (plajiyoklas, koyu renkli mineraller ve matriks) oluştuğı kabul edilmiş ve her bileşenin ayrışması yüzde olarak değerlendirilmiştir. Sonuçta, bunların kayacın içindeki oranları da göz önüne alınmak suretiyle petrografik ayrışma indeksi geliştirilmiştir. Petrografik ayrışma indeksi ;

$$I_{pa} = \frac{AY}{(1-AY)}$$

eşitliğı ile ifade edilmiştir. Bu eşitlikte ;

$$AY = ax + by + cz$$

olup, burada ;

AY : Kayaçtaki ayrılmış mineral yüzdesi

x, y, z : Minerallerin ayrışma yüzdeleri

a : Plajiolklas yüzdesi

b : Koyu renkli mineral yüzdesi (piroksen, olivin v.s.)

c : Matriks + opak mineraller yüzdesini

ifade etmektedir.

Çizelge 17 : Çeşitli araştırmacıların önerdikleri petrografik indeksler

Petrografik İndeks	Değişkenler	Referanslar
$X_d = \frac{Nq - Nq_0}{1 - Nq}$	Nq = Zemindeki kuvarşın feldspata ağırlıkça oran Nq ₀ = Kayadaki kuvarşın feldspata ağırlıkça oran X _d = Ayrışma indeksi	LUMB (1962)
$SMC = \frac{S}{M} \times 100$	S = İlcincil mineral içeriği (boşluklar, mikrokırıklar) M = Toplam mineral içeriği (birincil ve ilcincil) SMC = İlcincil mineral içeriği	COUNTY ROADS BOARD (Test Method 3730) (1982)
$Rsm = \sum [(P, M)] TR$	Rsm = İlcincil mineral oran P = ilcincil mineral yüzdesi M = Mineral stabilite oran TR = Dokusal oran	COLE ve SANDY (1980)
$I_p = \frac{\% \text{ Sağlam bileşenler}}{\% \text{ Sağlam olmayan bileşenler}}$	I _p = Mikropetrografik indeks Sağlam = Birincil mineraller Sağlam olmayan = İlcincil mineraller + boşluklar + kırıklar	İRFAN ve DEARMAN (1978)
$I_{pa} = \frac{AY}{1 - AY}$ $AY = ax + by + cz$	I _{pa} = Petrografik ayrışma indeksi AY = Kayaçtaki ayrılmış mineral yüzdesi a = Plajiolklas yüzdesi b = koyu renkli mineral yüzdesi c = Matriks + opak mineraller x,y,z = Minerallerin ayrışma yüzdeleri	TUĞRUL (1995) (Bu çalışma)

Petrografik ayrışma indeksi her örnek için en az üç kez hesaplanmış ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bazaltların mikroskopik özelliklerine göre ayrışma dereceleri belirlenirken her ayrışma derecesi için petrografik tanımlama da yapılmıştır (Çizelge 18). Tanımlamalarda, minerallerdeki ayrışma ve mikrokırıklanma esas alınmıştır. Taze ve farklı derecelerde

ayrışmış iri plajioklas fenokristalli bazaltların polarizan mikroskobundaki görünüşleri *Foto 13, 14, 15 ve 16'* da verilmiştir. Ayrışmamış örneğe ait *Foto 13'* te mikrokristalli matriks içerisindeki plajioklas fenokristali görülmektedir. Fotoğrafta ayrıca plajioklaslardaki ikincil tane çatlağı belirgindir. Orta derecede ayrışmış örnekten alınan *Foto 14'* te zonal ayrışma sonucu meydana gelen demirleşme görülmektedir. Çok ayrışmış örneğe ait olan *Foto 15'* te kenarlarından itibaren iri mineraller ile sarılmış plajioklas fenokristali görülmektedir. Matriksin büyük bölümü ayrışmıştır. *Foto 16* ise çok fazla ayrışmış örnekten alınmıştır. Burada da görüldüğü gibi matriks tamamen ayrışmış ve zeolit (natrolit) mineralleri gelişmiştir. Taze ve orta derecede ayrışmış iri piroksen fenokristalli bazaltların polarizan mikroskobundaki görünüşleri ise *Foto 17 ve 18'* de sunulmuştur. *Foto 17*, ayrışmamış porfirik dokulu örneğe ait olup burada iri kristaller mikrokristalli matriks içindedir. Orta derecede ayrışmış örnekten alınan *Foto 18'* de ise piroksenlerin tamamen klorit ve iddingsit'e dönüştüğü izlenmektedir.

Polarizan mikroskop ile yapılan çalışmalar elektron mikroskobu çalışmaları ile desteklenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen fotoğraflar da *Foto 19, 20 ve 21'* de sunulmuştur. *Foto 19'* da sünger dokulu ayrışmış bir piroksen görülmektedir. Az ayrışmış iri piroksen fenokristalli bazalttan alınan bu fotoğrafta ayrıca ayrışma sonucu artan boşluklar da dikkati çekmektedir. *Foto 20'* de ayrışma sonucu gelişen tane kaplayıcı tip yapraklı klorit oluşumları gözlenmektedir. Örnek orta derecede ayrışmış iri piroksen fenokristalli bazaltlara aittir. *Foto 21'* de ise çok ayrışmış bazaltlarda sık rastlanılan peteksi zeolit mineralleri görülmektedir.

Petrografik tanımlamalar yapılırken değişik ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait petrografik ayrışma indeksi değerleri de belirlenmiştir. Bu değerlerin değişim aralıkları Çizelge 18' de petrografik tanımlamalar ile birlikte sunulmuştur. Çizelgede görüldüğü gibi, ayrışma arttıkça petrografik ayrışma indeksinde de belirgin bir artış olmaktadır. Bu nedenle bazaltların ayrışma dereceleri petrografik ayrışma indeksi ile sayısal olarak ifade edilebilir. Petrografik ayrışma indeksi ile fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki ilişkilere daha sonraki bölümlerde değinilmiştir.

3.4.7.1.2. Mikroçatlak yoğunluğu ile ayrışma derecelerinin ilişkisi

Kayaçlardaki ayrışma, mineralojik değişime bağlı olarak tanımlanabildiği gibi, bünyelerindeki makro ve mikroçatlak yoğunluğu ile de ifade edilebilir. Fiziksel ayrışmanın, makroçatlakların yanında, mikroçatlak yoğunluğu ile ifade edilmesi ve kimyasal ayrışmanın, öncelikle makro ve mikroçatlaklar



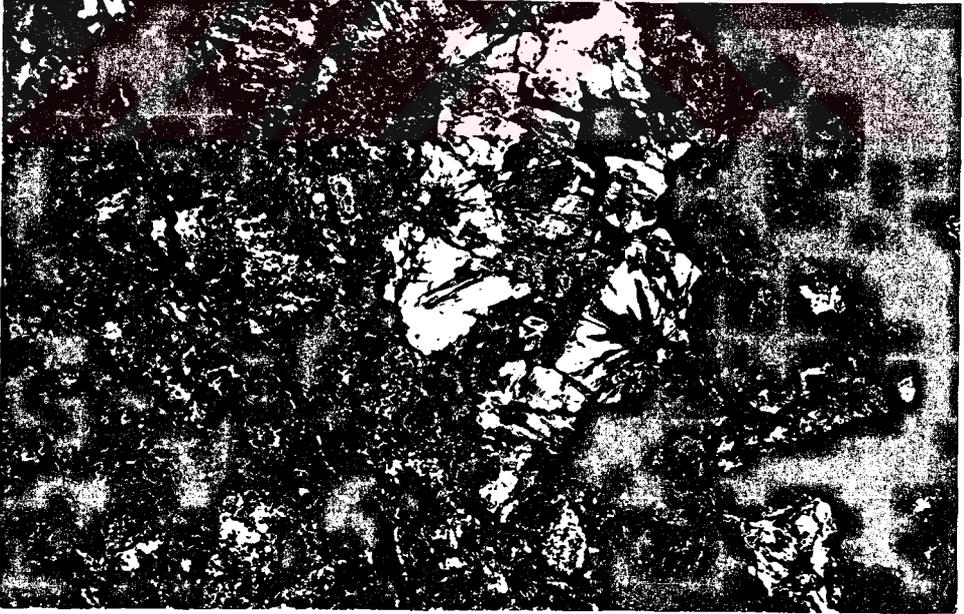
Foto 13 : Ayrışmamış iri plajioklas fenokristalli bazaltilarda, mikrokristalli matriks içindeki porfirik dokulu plajioklas (Büyütme : X 25)



Foto 14 : Plajioklaslarda görülen zonal ayrışma (Büyütme : X 25)



Foto 15 : Çok ayrışmış iri plajiolklas fenokristalli bazalt (Büyütme : X 25)



*Foto 16 : Çok fazla ayrışmış bazaltlarda görülen sodyumlu zeolit (Natrolit)
(Büyütme : X 25)*



Foto 17 : Ayrışmamış iri piroksen fenokristalli bazalt örneği (Büyütme : X 25)

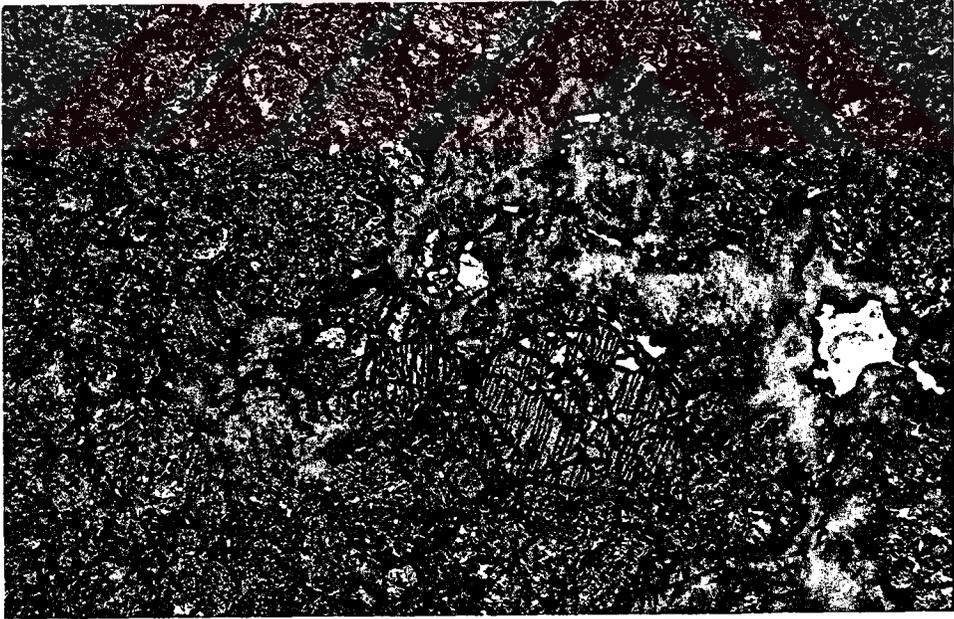


Foto 18 : Orta derecede ayrışmış iri piroksen fenokristalli bazalt örneği (Büyütme : X 25)

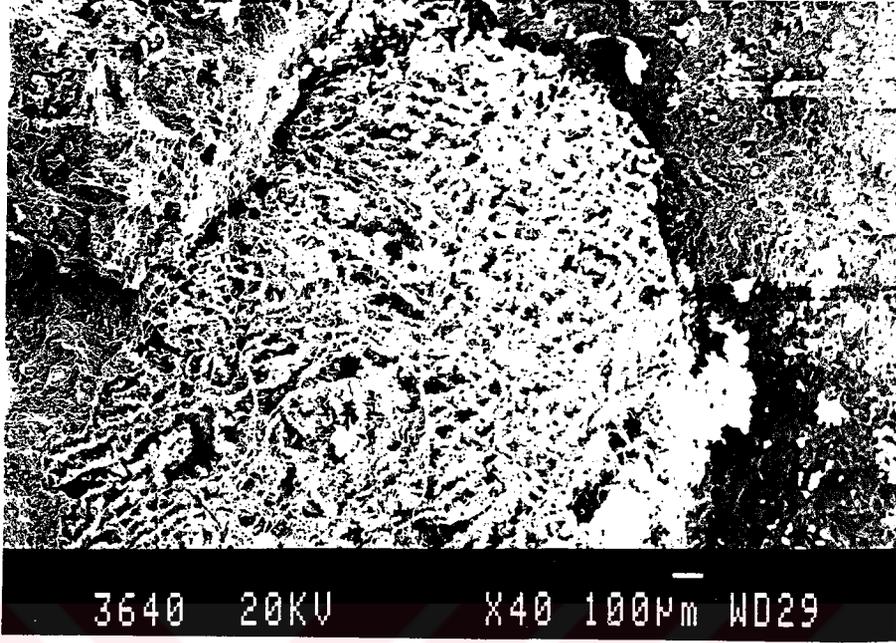


Foto 19 : Sünger dokulu ayrılmış piroksende ayrışma sonucu gelişen boşluklar

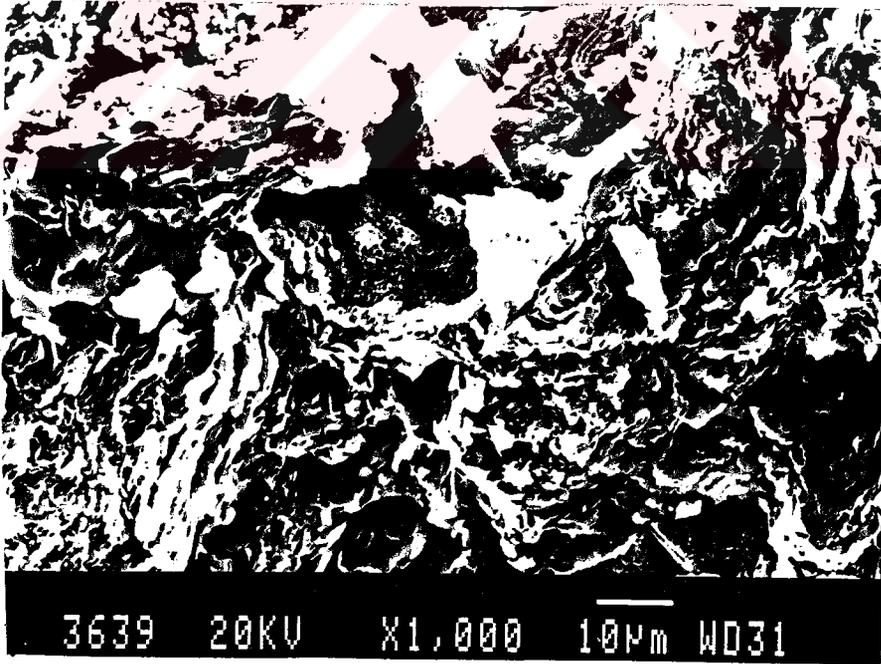


Foto 20 : Ayrışma sonucu gelişen tane kaplayıcı tip klorit oluşumları

boyunca gelişmesi, kaya fabriğinde var olan bu unsurların önemini arttırmıştır. Bunun nedeni, kayadaki mikroçatlak yoğunluğunun artması, dolayısıyla yüzey alanının büyümesi ve böylece kimyasal ayrışmaya girecek mineral yüzeyinin artmasıdır. Özelliklerine daha sonra değinilecek olan mikroçatlakların oluşum nedenleri aşağıda sıralanmıştır :

- (1) Mikroçatlakların bir kısmı tektonizma ile gelişmiştir. Bu durum matriks ve koyu renkli minerallere oranla daha gevrek olan plajioklaslarda belirgindir.
- (2) Islanma - kuruma ile donma - çözülme süreçleri makro ve mikroçatlakları sayısal olarak arttırmıştır.
- (3) Koyu renkli bir kayaç olan bazaltın ısı iletkenliği , diğer kayaçlara oranla fazladır. Kayaç ısınınca en dıştaki yüzeyi ile içteki kısım arasında ısıl bir derecelenme meydana gelir. Polimineralli bazaltların fabriğindeki mineraller, farklı ısıl genişlemeye sahip olduklarından, tane sınırları boyunca gerilmelerin oluşumuna neden olurlar. Sonuçta, bu olay mikrokırıklar ile taneler parçalanmayı geliştirir.
- (4) Minerallerin kırılma dayanıklılıklarının farklı olması değişen yoğunluktaki mikroçatlakların gelişmesine neden olmuştur. Örneğin, plajioklaslarda daha fazla mikroçatlak gelişmiştir.
- (5) Minerallerin boyutu bunların özellikle fiziksel parçalanmadan etkilenme derecelerini arttırmıştır. Boyut büyüdükçe dayanım azalmaktadır.
- (6) Bazaltlardaki mikroçatlakların artması genelde kimyasal reaksiyonlarla ilgilidir. Örneğin, oksidasyon etkisi ile ferrodan - ferriğe değişen demir kayaçta bazı mikroçatlaklar ile zayıflık zonlarının oluşumuna sebep olmuştur. Bu olay özellikle tane sınırlarında etkindir (Foto 14).
- (7) Koyu renkli minerallerin erken ayrışıp kil minerallerine dönüşmeleri ve bu minerallerin bünyelerine su alarak şişmeleri kayaç fabriğindeki mikroçatlakları arttırmıştır.

İRFAN ve DEARMAN (1978), toplam mikroçatlak sıklığını, ince kesitte doğrular boyunca sayılmış mikroçatlak (boşluklar dahil) sayısı olarak tanımlamışlar ve “mikroçatlak sayısı / 10 milimetre” olarak ifade etmişlerdir. Araştırmacılar bu değerın kantitatif ayrışma indeksi olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu araştırmada, farklı ayrışma derecelerindeki bazalt örnekleri için

mikroçatlak yoğunluğu birçok araştırmada kullanılan aşağıdaki formülle belirlenmiştir (DAVIS, 1984).

$$\rho_{m\check{c}} = \frac{L}{A}$$

Bu formülden ; $\rho_{m\check{c}}$: Mikroçatlak yoğunluğu

L : Kırıkların toplam boyu

A : Birim alan (1 mm ²)

olarak ifade edilmiştir.

Mikroskopta ölçümler yapılırken, incekesit üzerine milimetrik lamel yerleştirilmiş ve 1 mm ² deki mikroçatlakların toplam boyları belirlenmiştir (*Çizelge 18*). Bu çizelgedeki mikroçatlak yoğunluklarına bakılacak olursa, en fazla ayrışmış bazaltlara ait mikroçatlak yoğunlukları, taze bazaltlara ait mikroçatlak yoğunluklarına oranla, 5 - 30 kat arasında artış göstermektedir. Bu durum çatlak sayısının artması ile yüzey alanında artışın meydana gelmesi ile açıklanabilir. Yüzey alanındaki artış, kimyasal çözeltilerin, bazaltlara olan etkisini arttırarak mikroçatlakları geliştirmiştir. Bu araştırmalar, her ne kadar kırılgenlikleri aynı olmasa da, iri plajioklas fenokristalli ve küçük plajioklas fenokristalli bazaltlarda plajioklaslar üzerinde, iri piroksen fenokristalli bazaltlarda ise piroksenler üzerinde gerçeleştirilmiştir. Mikroçatlak uzunlukları belirlenirken, mikroçatlakların mineral dilinimleri ile karıştırılmamasına özen gösterilmiştir.

İnce kesit araştırmalarının yanısıra elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalarda kayaç fabriğinde yer alan mikroçatlakların konumu daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır (*Foto 22 - 26 arası*). Elde edilen fotoğraflarda görüldüğü gibi mikroçatlaklar tane içinde (plajioklas, piroksen, olivin vd.) geliştikleri gibi, matris ve matris - tane sınırında da gelişmişlerdir. Yine bu fotoğraflarda izlendiğı gibi, mikroçatlakların çoğu dolgusuz ve pürüzlüdür. Bu da bu tür çatlakların son dönemlerde, ayrışma ya da erozyon sonucu gerilme azalması ile oluştuklarının kanıtıdır. Mikroçatlakların gelişimi ayrışma ve alanın gerilme tarihçesi ile ilgilidir. Mikroçatlaklar, ayrışmayı arttırdıkları gibi, ayrışma da; minerallerde çözülmelere neden olduğundan, mikroçatlakları geliştirmektedir. Bunun yanında araştırma alanının bir bölümünün Kuzey Anadolu Fay Zonu içinde olması ve erozyona uğraması, bazalt kütlelerindeki kırık yoğunluğunu arttırarak, ayrışmayı hızlandırmıştır. Ancak bazı örneklere

mikroçatlak yoğunluğunun artmasına karşın ayrışma azdır. Örneğin, Foto 23' te görüldüğü gibi, Niksar çevreyolu güzergahından alınan bu numune iri plajiolklas fenokristalli bazalt fasiyesine ait olup, plajiolklasları oldukça deforme olmuş ve parçalanmıştır. Nitekim, mikroçatlakların ayrışma ile ilgili belirlenirken deformasyona uğramış örnekler üzerinde bu tür araştırmalar yapılmamıştır. Ancak, bu tür örneklerde ayrışmanın daha hızlı gelişeceği de açıktır.

Çizelge 18 : Ayrışma sınıflarının petrografik tanımlaması

Ayrışma Derecesi	Petrografik tanımlama	lpa	ρ_{mc}^* (mm ⁻¹)
III	III C Çekirdek taşları incekesit yapımına uygun değil.	10 <	-
	Kayanın büyük kesimi kahverengiye boyanmış. Plajiolklasların içi tamamen ayrılmış ancak öz şeklini koruyor. mikrokırıklar kaya fabriğini oldukça kırıklı bir duruma getirmiştir. Ayrılmış mineral yüzdesi (matriks dahil) : % 80 - 90 Plajiolklaslardaki ayrışma : % 50 - 80	4 - 10	18 <
	Plajiolklaslardaki mikrokırıklar kompleks bir şekilde kollara ayrılmış ve bu mikrokırıklar boyunca gelişen ayrışma mineralin büyük kısmının içine işlemiş. Ayrılmış mineral yüzdesi (matriks dahil) : % 60 - 80 Plajiolklaslarda ayrışma : % 20 - 50	1.5 - 4	12.5 - 18
II	Plajiolklaslardaki mikroçatlak sayısı artmış, boşluklar oluşmuş ve mikrokırıklar boyunca ayrışma mineralin içine doğru ilerlemiş. Plajiolklasların merkezinde az ayrışma. Piroksenler tamamen ayrılmış. Ayrılmış mineral yüzdesi (matriks dahil) : % 50 - 60 Koyu renkli minerallerde ayrışma : % 100 Plajiolklaslarda ayrışma : % 10 - 20	1 - 1.5	7.5 - 12.5
	Mikrokırıklar ayrılmış, ancak plajiolklasların içine işlememiş. Piroksenlerin büyük kısmı ayrılmış. Ayrılmış mineral yüzdesi (matriks dahil) : % 35 - 50 Koyu renkli minerallerde ayrışma : % 60 - 100 Plajiolklaslarda ayrışma : % 5 - 10	0.5 - 1	5 - 7.5
	Plajiolklasların merkezleri lekelenmiş ve kenardan itibaren az oranda renk değiştirmiş. İçindeki mikrokırıklarda henüz ayrışma gelişmemiş. Piroksenler kısmen ayrılmış. Ayrılmış mineral yüzdesi (matriks dahil) : % 10 - 35 Koyu renkli minerallerde ayrışma : % 20 - 60 Plajiolklaslarda ayrışma : % 0 - 5	0.1 - 0.5	3 - 5
I	Numunede herhangi bir lekelenme yok. Mikrokırıklar kristaller içinde ve çok kısa. Plajiolklaslarda tane içinde yapısal mikrokırıklar bulunmakta. Piroksenlerde renk değişimi başlamış. Ayrılmış mineral yüzdesi (matriks dahil) : % 0 - 10 Koyu renkli minerallerde ayrışma : % 0 - 20 Plajiolklaslarda ayrışma yok.	0.1 >	3 >

* Mikroçatlak yoğunluğu



Foto 21 : Çok ayrılmış bazaltlarda görülen peteksi zeolit mineralleri



Foto 22 : Küçük fenokristalli bazaltların matriksindeki piroksen ve magnetit mineralleri ile mikroçatlaklar

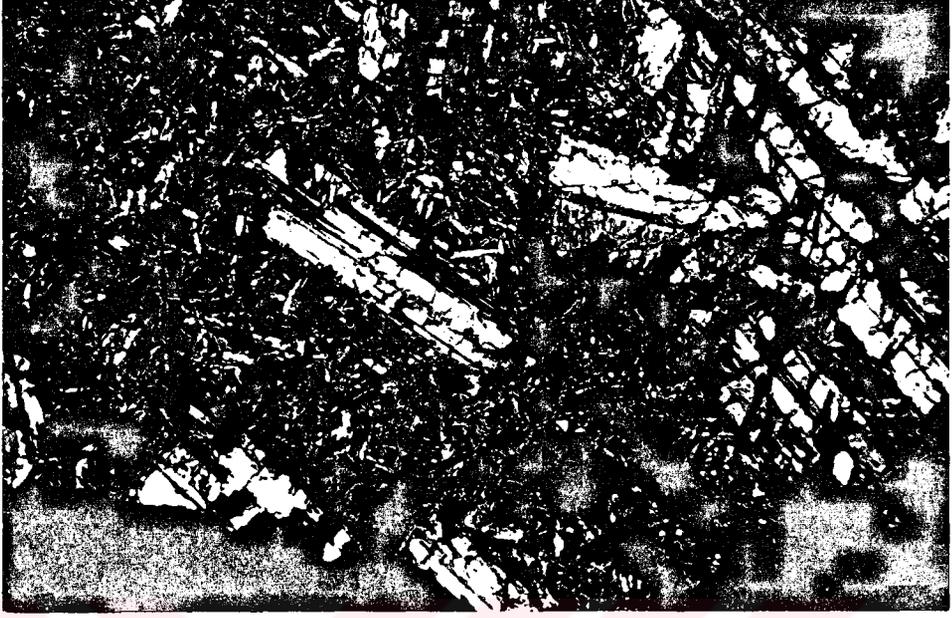


Foto 23 : Tektonizma etkisi altında kalmış az ayrılmış bazalt örneğindeki plajiolaslarda gelişmiş yoğun mikrokarıklar ve boşluklar (Büyütme : X 25)

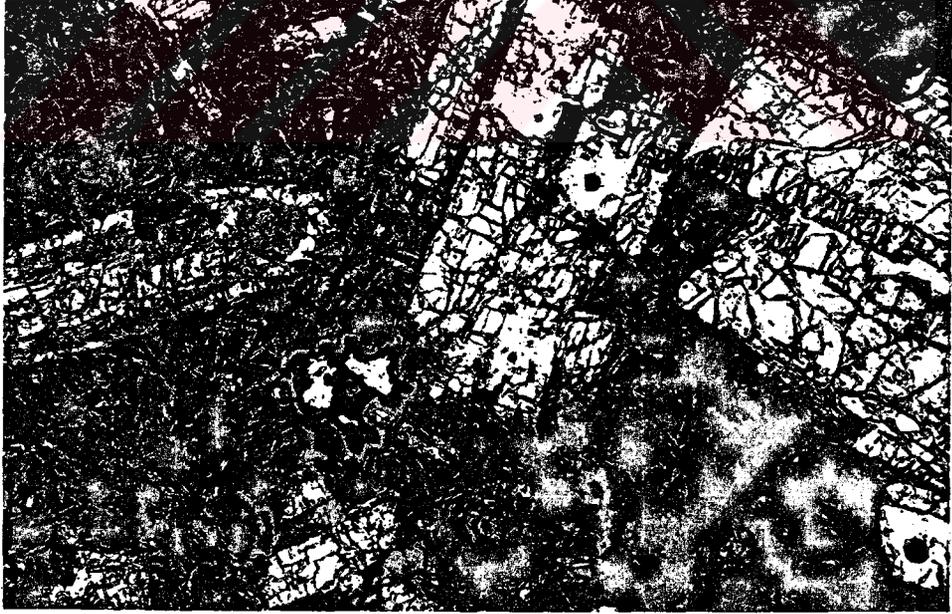


Foto 24 : Az ayrılmış iri plajiolas fenokristalli bazaltlarda görülen plajiolaslardaki mikroçatlaklar (Büyütme : X 25)

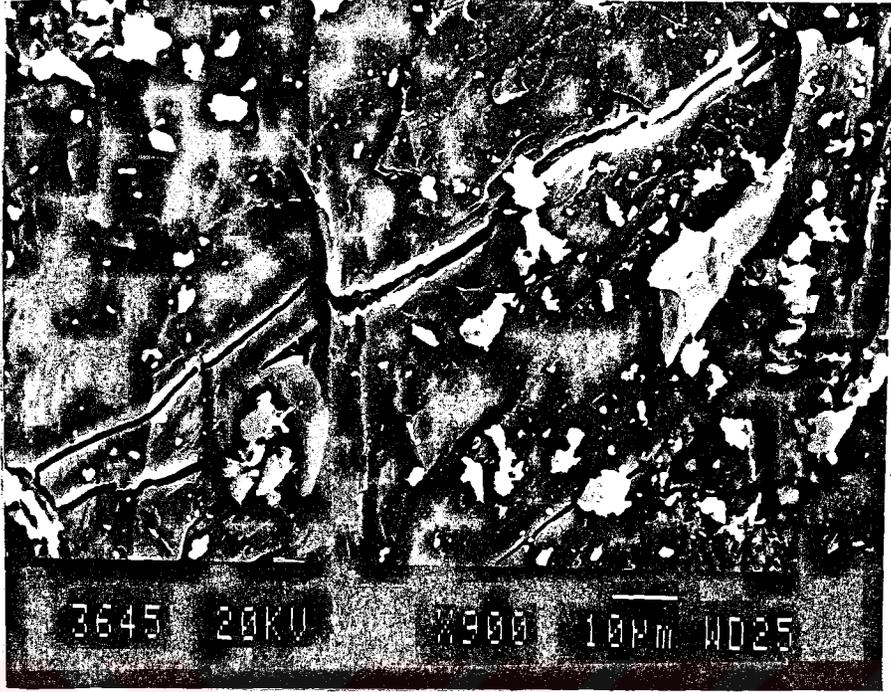


Foto 25 : Ayrışmamış küçük fenokristalli bazaltların matriksinde görülen dolgunsuz mikroçatlaklar

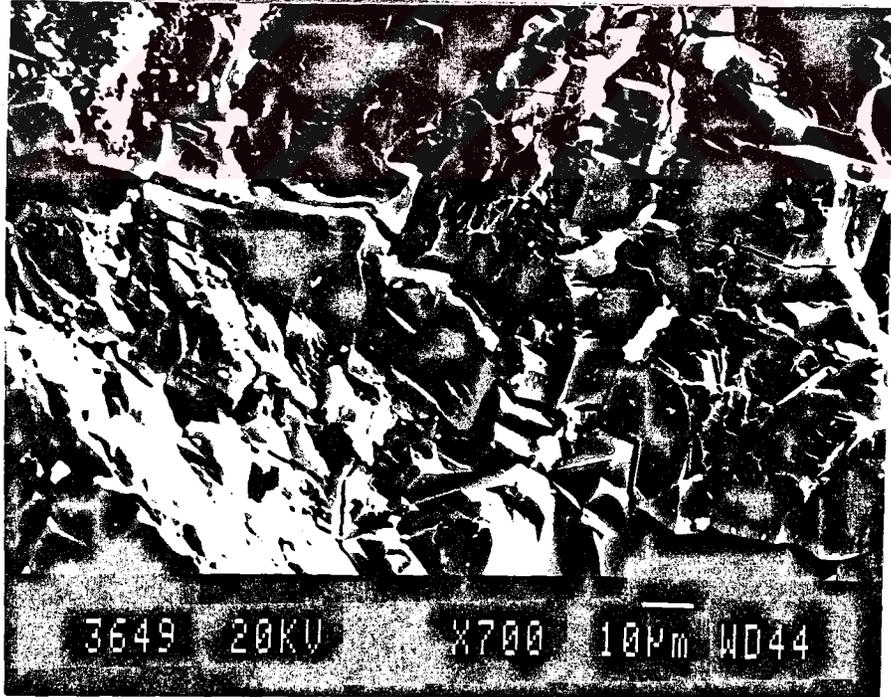
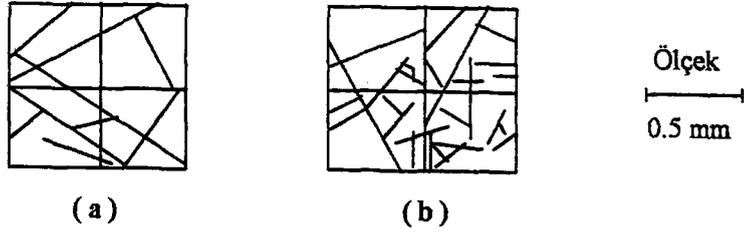


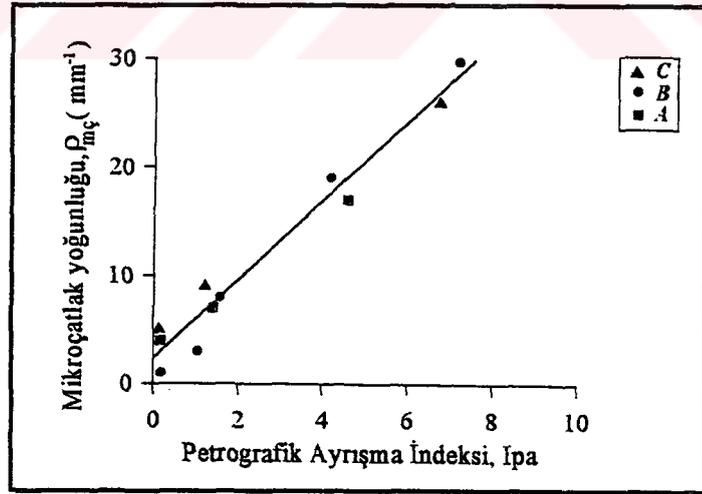
Foto 26 : İri piroksen fenokristalli bazalt fasiyesine ait, taze bazalt örneğinin matriksinde görülen mikroçatlaklar

Mikroskopik çalışmalarda ayrıca, taze ve az ayrılmış örneklerde ait plajyoklas ve koyu renkli minerallerdeki mikroçatlakların düzenli iken, daha çok ayrılmış örneklerde kaotik bir hal aldıkları izlenmiştir (Şekil 29). Bu durum mikroçatlakların daha çok kimyasal çözeltilerin etkisi ile gelişmeleri şeklinde açıklanabilir.

Şekil 29 : a ve b) Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlarda ayrışma derecesinin artması ile birlikte mikroçatlakların kaotik bir hal alması



Petrografik araştırmalar sonunda elde edilen petrografik ayrışma indeksi ile mikroçatlak yoğunluğu arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla basit regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda petrografik ayrışma indeksi ile mikroçatlak yoğunluğu arasında doğrusal ilişkinin varlığı saptanmıştır (Şekil 30).



Şekil 30 : Farklı ayrışma dereceli bazaltlarda mikroçatlak yoğunluğunun petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi

$$\rho_{m\check{c}} = 3.7 I_{pa} + 2.4, \quad r = 0.98$$

eşitliği ile ifade edilen bu ilişki korelasyon katsayısının yüksek olması nedeniyle anlamlıdır. Böylece her ikisi de ayrışma derecesinin belirlenmesinde kullanılabilir.

3.4.7.2. Kimyasal Araştırmalar

3.4.7.2.1. Kimyasal indeksler ile ayrışma derecelerinin ilişkisi

Ayrışma sırasında, bazı elementlerin kayaktan ayrılmaları dolayısıyla kayacın kimyasal bileşimi değişir. Kimyasal bileşimdeki değişimlerin, ayrışma ile ilişkisini ortaya koymak amacıyla, inceleme alanındaki farklı lokasyonlardan derlenen taze ve ayrılmış bazalt örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizlerin sonuçları kullanılarak birçok araştırmacının geliştirdiği farklı kimyasal ayrışma indeks değerleri hesaplanmıştır. Önerilen bazı kimyasal indeks formülleri aşağıda verilmiştir :

(1) Ayrışma potansiyeli indeksi, WPI, (REICHE, 1943)

$$WPI = \frac{[K_2O + Na_2O + CaO + MgO - H_2O] \times 100}{[SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + TiO_2 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O]}$$

(2) Ürün indeksi, PI, (REICHE, 1943)

$$PI = \frac{SiO_2 \times 100}{[SiO_2 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + Al_2O_3]}$$

(3) Ruxton oranı, RO, (RUXTON, 1968)

$$RO = \frac{SiO_2}{Al_2O_3}$$

(4) Parker indeksi, PI, (PARKER, 1970)

$$PI = \left[\frac{2Na_2O}{0.35} + \frac{MgO}{0.90} + \frac{2K_2O}{0.25} + \frac{CaO}{0.70} \right]$$

(5) Vogt oranı, VO, (VOGT, 1927 ; ROALDSET, 1972)

$$VO = \frac{Al_2O_3 + K_2O}{MgO + CaO + Na_2O}$$

(6) Değiştirilmiş ayrışma potansiyeli indeksi, MWPI, (VOGEL, 1973)

$$MWPI = \frac{[Na_2O + K_2O + CaO + MgO] \times 100}{[Na_2O + K_2O + CaO + MgO + SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3]}$$

(7) Kimyasal alterasyon indeksi, CIA, (NESBITT ve YOUNG, 1982)

$$CIA = \frac{Al_2O_3 \times 100}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O}$$

(8) Kimyasal ayrışma indeksi, CIW, (HARNOIS, 1988)

$$CIW = \frac{Al_2O_3 \times 100}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O}$$

Araştırmada, kayalar üzerinde yapılan kimyasal analizlerin sonuçları ile hesaplanan bu indekslerden, verilerin uygunluğu nedeniyle beş tanesi kullanılabilmiştir. Bunlar; Ruxton oranı, Parker indeksi, Vogt oranı, değiştirilmiş ayrışma potansiyeli indeksi ve kimyasal alterasyon indeksidir. Bu hesaplamalarda öncelikle her fasiyese ait kimyasal analiz sonuçları % 100' e tamamlanmış ve daha sonraki tüm hesaplamalar BARTH (1952)' ye göre, ana element oksitlerinin mol oranları ile yapılmıştır (Çizelge 19).

Genelde, Ruxton oranı ve Parker indeksi , taze kayada yüksek, rezidüel zeminde düşüktür. Kimyasal alterasyon indeksinde ise bunun tersi olmaktadır. Parker indeksindeki büyük oranda azalma, bu indeksin mobilitesi yüksek olan toprak alkali metal oranlarına göre belirlenmesi ile ilgilidir. Ancak, Vogt oranı ve değiştirilmiş ayrışma potansiyeli indeksinde taze kayadan zemine kadar düzenli bir yükselme veya azalma olmamakla birlikte genel eğilim, Vogt oranında artma, değiştirilmiş ayrışma potansiyeli indeksinde ise azalma şeklindedir.

Çizelge 19 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait kimyasal indeks değerleri

Ayrışma derecesi	Ruxton oranı	Parker indeksi	Vogt oranı	Modifiye ayrışma potansiyeli indeksi	Kimyasal alterasyon indeksi
C - I	5.41	85	0.51	26.68	41.69
C - IIIA	5.27	78	0.49	26.79	43.84
C - IIIB	4.52	54	0.62	23.49	52.24
C - IIIC	4.08	31	1.06	15.54	72.89
B - I	5.00	85	0.65	23.21	40.47
B - IIC	4.80	81	0.62	24.12	42.37
B - IIIA	4.51	73	0.57	24.96	44.64
B - IIIA	4.41	59	0.65	22.87	50.27
B - IIIC	4.25	37	0.87	17.74	65.67
A - I	4.94	90	0.67	23.55	41.13
A - IIC	4.69	82	0.70	22.93	43.30
A - IIIB	4.43	70	0.79	21.02	48.54
A - IIIC	4.34	56	0.86	19.52	52.65

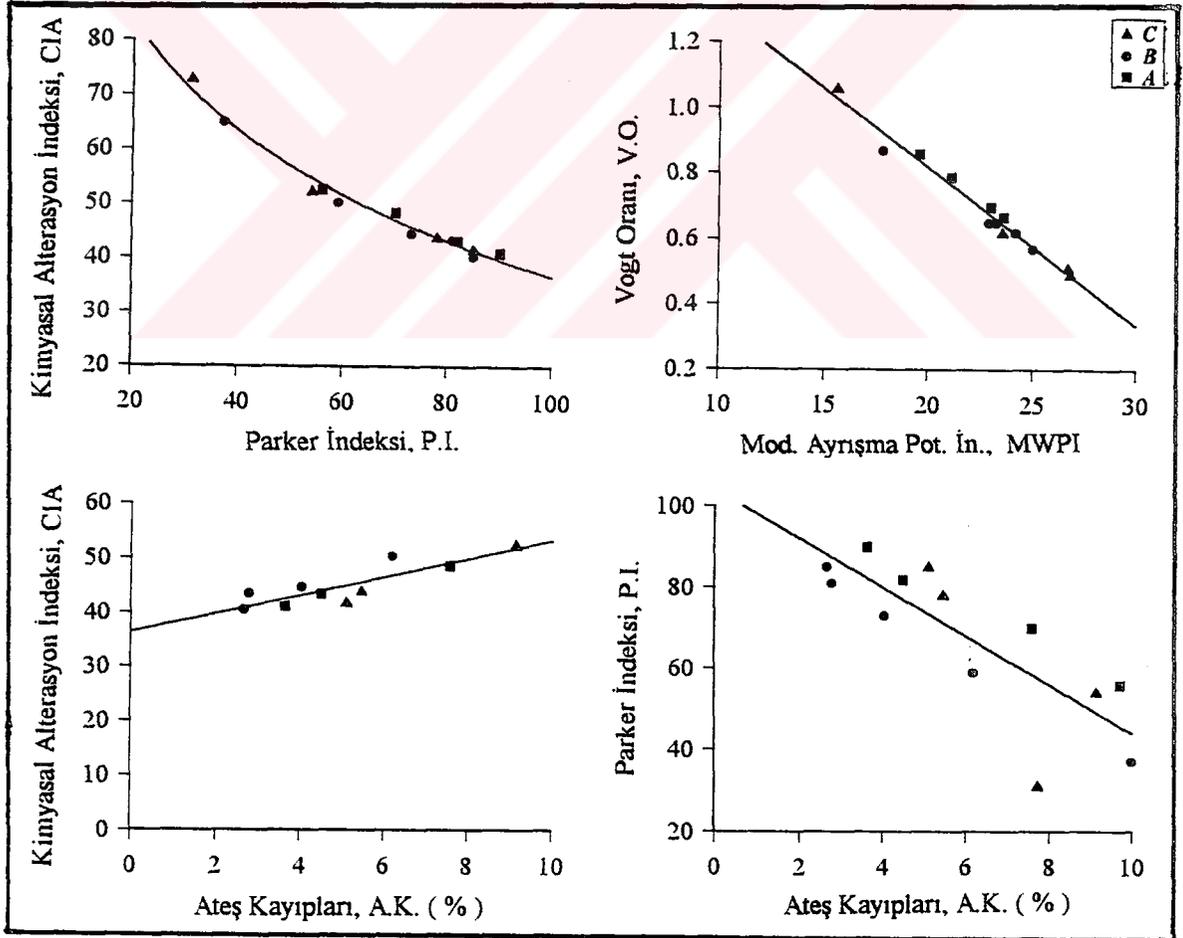
Kimyasal indekslerin dışında, kimyasal analizlerden elde edilen ateş kayıpları yüzdesi de ayrışma derecesini belirlemede kullanılabilir. Ateş kayıpları 1000 °C' ye kadar ısıtılan örneğin ağırlık kaybıdır. Çizelge 8, 9 ve 10' da görüldüğü gibi bazaltlarda ayrışma ile birlikte ateş kayıpları yüzdesi de artmıştır.

Ateş kayıpları ile birlikte, hesaplanan tüm kimyasal indeksler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla basit regresyon analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen ilişkiler ile korelasyon katsayıları Çizelge 20' de, en yüksek korelasyon katsayılarını veren ilişkilere ait grafikler ise Şekil 31' de verilmiştir. Buna göre kendi aralarında kuvvetli ilişkilerin olduğu, iki grup elde edilmiştir. Ateş kayıpları, kimyasal alterasyon indeksi ve Parker indeksi birinci gurubu, modifiye ayrışma potansiyeli indeksi, Ruxton oranı ve Vogt oranı da ikinci gurubu oluşturmaktadır.

Çalışmada ayrıca kimyasal indeksler ile ateş kayıpları arasında, bazaltların ayrışma derecelerini belirleyebilecek en uygun indeksi saptamak amacıyla bu indeksler ile petrografik ayrışma indeksi ve mikroçatlak yoğunluğu değerleri kullanılmak suretiyle, basit regresyon analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 21' de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi en anlamlı ilişkileri kimyasal alterasyon indeksi, Parker indeksi ve ateş kayıpları vermektedir. Ayrışma sonucu petrografik ayrışma indeksi ve mikroçatlak yoğunluğu değerlerinin artması ile diğer indekslere oranla Parker indeksi ve ateş kayıpları; daha belirgin bir şekilde değiştiğinden, bazaltların ayrışma derecelerini belirlemede kullanılabilirler (Şekil 32).

Çizelge 20 : Kimyasal indeksler arasındaki ilişkiler

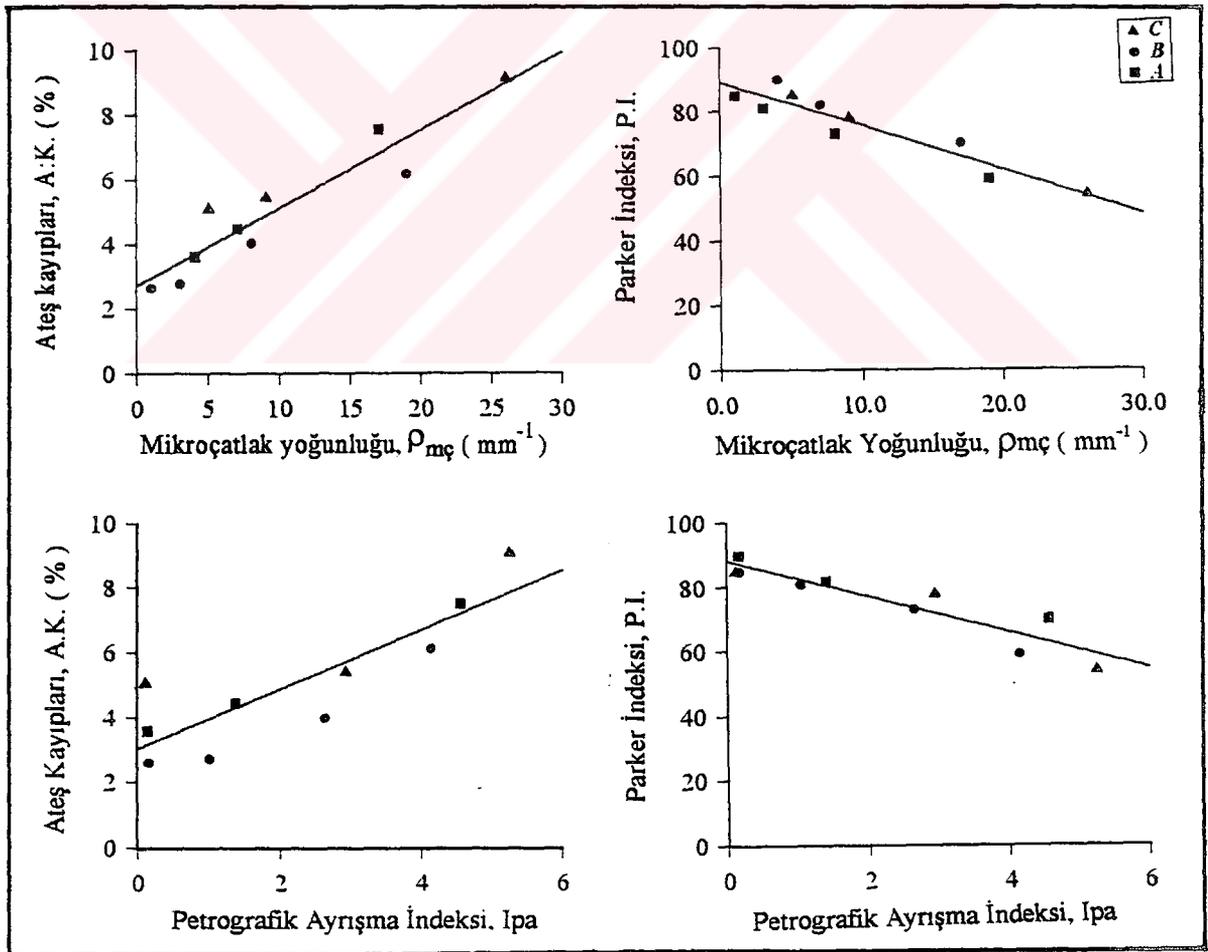
Kimyasal alterasyon indeksi (CIA)	Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)
Ateş kayıpları (AK)	$CIA = 1.7 AK + 36.4$	0.87
Değiş. ayrışma pot. indeksi (MWPI)	$CIA = -56 \log MWPI + 223$	-0.90
Vogt oranı (VO)	$CIA = 46.3 VO + 16.3$	0.82
Parker indeksi (PI)	$CIA = -29.1 \log PI + 170.4$	-0.99
Ruxton oranı (RO)	$CIA = 735 RO^{1.8}$	-0.82
Ruxton oranı (RO)		
Ateş kayıpları (A.K.)	$RO = 0.1 AK + 4.9$	-0.33
Değiş. ayrışma pot. indeksi (MWPI)	$RO = 3 e^{0.2 MWPI}$	0.85
Vogt oranı (VO)	$RO = 6 e^{-0.4 VO}$	-0.81
Parker indeksi (PI)	$RO = 0.02 PI + 3.5$	0.82
Parker indeksi (PI)		
Ateş kayıpları (A.K.)	$PI = -560 AK + 104$	-0.82
Değiş. ayrışma pot. indeksi (MWPI)	$PI = 9 e^{0.09 MWPI}$	0.84
Vogt oranı (VO)	$PI = 200 e^{-1.6 VO}$	-0.79
Vogt oranı (VO)		
Ateş kayıpları (A.K.)	$VO = 0.04 AK + 0.5$	0.57
Değiş. ayrışma pot. indeksi (MWPI)	$VO = -0.05 MWPI + 1.78$	-0.98
Değiştirilmiş ayrışma potansiyeli indeksi (MWPI)		
Ateş kayıpları (A.K.)	$MWPI = -0.5 AK - 17$	-0.62



Şekil 31 : Kimyasal indekslerin kendi aralarındaki ilişkiler

Çizelge 21 : Kimyasal indekslerle petrografik indekslerin ilişkisi

Kimyasal alterasyon indeksi (CIA)	Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)
Petrografik ayrışma indeksi (Ipa)	$CIA = 1.96 Ipa + 40.6$	0.95
Mikroçatlak yoğunluğu (ρ_{mc})	$CIA = 0.49 \rho_{mc} + 40.1$	0.97
Ruxton oranı (RO)		
Petrografik ayrışma indeksi (Ipa)	$RO = -0.12 Ipa + 5.1$	-0.67
Mikroçatlak yoğunluğu (ρ_{mc})	$RO = -0.03 \rho_{mc} + 5.1$	-0.62
Parker indeksi (PI)		
Petrografik ayrışma indeksi (Ipa)	$PI = -5.59 Ipa + 88.2$	-0.93
Mikroçatlak yoğunluğu (ρ_{mc})	$PI = -1.36 \rho_{mc} + 89.2$	-0.94
Vogt oranı (VO)		
Petrografik ayrışma indeksi (Ipa)	$VO = 0.01 Ipa + 0.6$	0.22
Mikroçatlak yoğunluğu (ρ_{mc})	$VO = 0.002 \rho_{mc} + 0.6$	0.22
Değiştirilmiş ayrışma potansiyeli indeksi (MWPI)		
Petrografik ayrışma indeksi (Ipa)	$MWPI = -0.41 Ipa + 24.7$	-0.39
Mikroçatlak yoğunluğu (ρ_{mc})	$MWPI = -0.08 \rho_{mc} + 24.7$	-0.35
Ateş kayıpları (AK)		
Petrografik ayrışma indeksi (Ipa)	$AK = 0.92 Ipa + 3.0$	0.86
Mikroçatlak yoğunluğu (ρ_{mc})	$AK = -0.2 \rho_{mc} + 2.7$	0.94



Şekil 32 : Parker indeksi ve ateş kayıplarının petrografik indekslerle ilişkileri

3.4.7.3. Deneysel çalışmalar

Ayrışmanın etkisiyle değişen petrografik özelliklere bağlı olarak fiziksel ve mekanik özellikler de belirli oranlarda değişime uğrarlar. Bu değişim miktarlarının belirlenmesi, mühendislik parametrelerinin ayrışma sonundaki değişme nedenlerinin ortaya konulmasında oldukça önemlidir. Bazaltların ayrışma sonucu değişen fiziko - mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, laboratuvarında makro ve mikro ölçekte süreksizlikler kapsayan numuneler üzerinde deneyler yapılmış ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir.

Arazide ayrılmış kayalardan alınan numunelerin derlenmesi ve bu numunelerin deneylere hazırlanması oldukça güçtür (Foto 27, 28). Yararlanılabilir sonuçlar elde etmek amacıyla ayrışma derecelerini temsil eden numunelerin alınmasına özen gösterilmiştir. Örnekleme yapılırken Niksar çevreyolu açım çalışmaları ve Ünye - Akkuş - Niksar karayolu genişletme çalışmaları sırasında patlatma ve kazı yöntemleri ile açılan yol yarmalarından yararlanılmıştır. Yol yarmalarında genelde radyal şekilde gözlenen ayrışma zonlarından ışınal yönde örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılırken fasiyes değişimlerine dikkat edilmiştir. Taze ve ayrılmış kayalardan blok numunesi alınarak daha sonra bunlardan 3 cm çaplı karot örnekleri hazırlanmıştır. Rezidüel zeminlerden ise tüp örnekleri alınmıştır.

Bu bölümde yapılan fiziksel ve jeomekanik deneylerin ana ilkelerine değinilmiş ve daha sonra bunlardan elde edilen sonuçlar grafik ve çizelgeler halinde sunularak değerlendirilmiştir.

3.4.7.3.1. Fiziksel özelliklerinin ayrışma ile ilişkisi

Herhangibir dış etkiden uzak doğrudan doğruya kayacın bünyesi ve dokusundan kaynaklanan bu özellikleri belirlemek amacıyla “ Tabii yapı taşları muayene ve deney metodları “ TS 699 / Ocak 1987’ de belirtilen kurallara uyularak kuru birim hacim ağırlık ve geçirimsizlik deneyleri, ISRM (1981)’ ye göre de porozite deneyleri yapılmıştır. Deneyler her numune için en az iki kez tekrarlanmıştır. Bu deneyler ile sonuçlarına aşağıda sırasıyla değinilecektir.

3.4.7.3.1.1. Kuru birim hacim ağırlığın ayrışma ile ilişkisi

Her bir ayrışma derecesine sahip bazaltların kuru birim hacim ağırlıklarını belirleme amacıyla



Foto 27 : Farklı ayrışma derecelerindeki iri plajoklas fenokristalli bazalt örneklerinin yakından görünümü

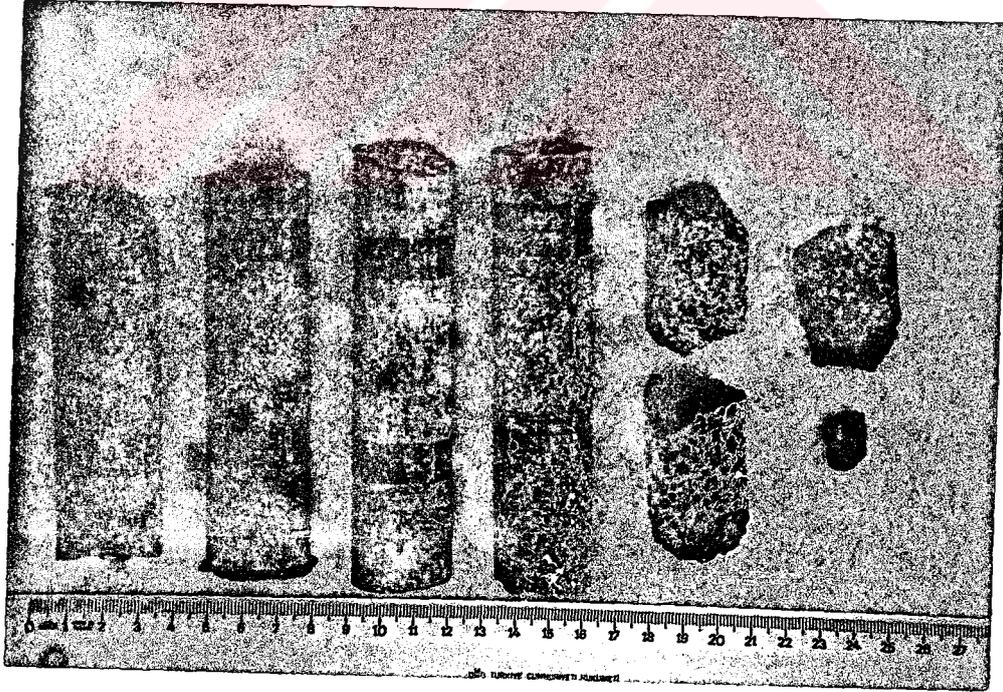


Foto 28 : Çeşitli ayrışma derecelerindeki iri piroksen fenokristalli bazalt örneklerinin yakından görünümü

bir seri deney yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 22' de sunulmuştur.

Çizelge 22 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait kuru birim hacim ağırlık değerleri

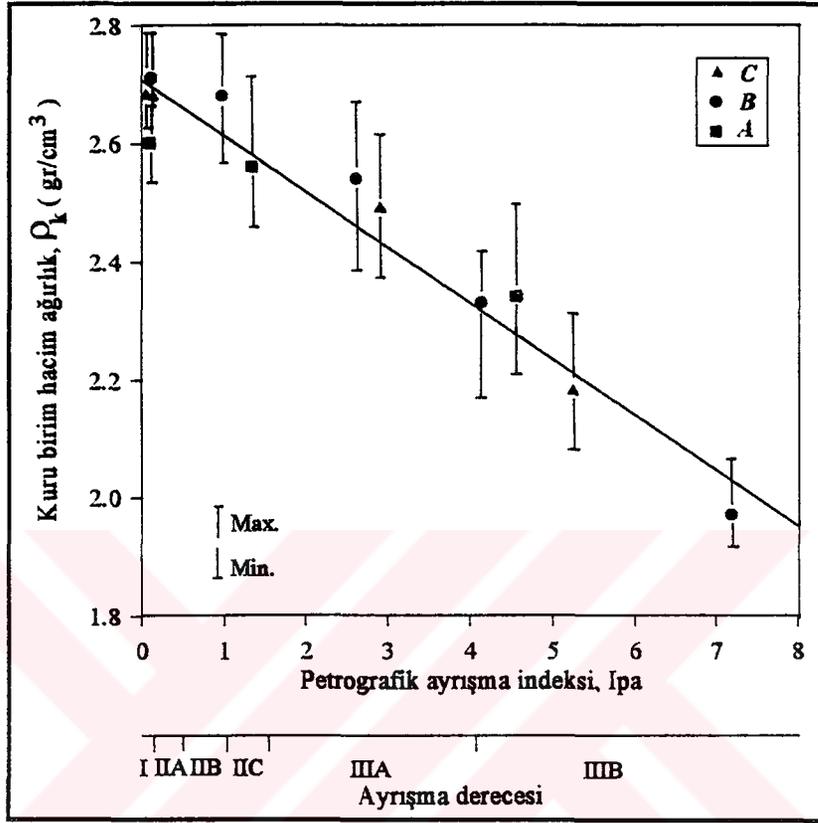
Ayrışma Derecesi	ρ_k (gr / cm ³)			Standart Sapma
	Min.	Max.	Ort.	
C - I	2.60	2.81	2.68	0.07
C - IIIA	2.36	2.61	2.49	0.07
C - IIIB	2.10	2.30	2.18	0.06
C - IV	1.61	1.93	1.72	0.09
B - I	2.63	2.84	2.71	0.06
B - IIC	2.58	2.79	2.68	0.08
B - IIIA	2.38	2.65	2.54	0.09
B - IIIA	2.18	2.41	2.33	0.07
B - IIIC	1.85	2.18	1.97	0.09
B - IV	1.58	1.86	1.69	0.07
A - I	2.57	2.70	2.60	0.04
A - IIC	2.45	2.70	2.56	0.08
A - IIIB	2.22	2.45	2.34	0.08
A - IIIC	2.02	2.39	2.27	0.12
A - IV	1.60	1.87	1.70	0.09

Ayrışma derecesi ile birim ağırlıklar arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla her bir ayrışma derecesi için tayin edilen petrografik ayrışma indeksi değerleri ile kuru birim hacim ağırlıklarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri bir grafik üzerinde gösterilmiştir. (Şekil 33). Grafikte görüldüğü gibi petrografik ayrışma indeksinin, diğer bir deyişle ayrışma derecesinin artması ile kuru birim hacim ağırlık değerleri de doğrusal bir şekilde düşmektedir. Bu ilişkinin eşitliği aşağıdaki verilmiştir.

$$\rho_k = -0.09 I_{pa} + 2.7, \quad r = -0.97$$

Korelasyon katsayısının yüksek olması, bu iki değer arasında anlamlı bir ilişki bulunduğunu belirtir. Böylece ayrılmış bazaltların petrografik ayrışma indeks değerleri, kuru birim hacim ağırlıklarından yararlanılarak belirlenebilir. Metamorfik kayaçlar üzerinde araştırma yapan KOMOO ve YAAKUB (1990), kuru birim hacim ağırlık ile ayrışma derecesi arasında doğrusal olmayan bir ilişki saptamışlardır. Ancak bu doğrusal olmayan ilişki ayrışma derecesinin petrografik araştırmalar ile

değilde saha gözlemleri ile belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait kuru birim hacim ağırlıkların değişim aralıkları Çizelge 23' te sunulmuştur.



Şekil 33 : Kuru birim hacim ağırlık ile petrografik ayrışma indeksinin ilişkisi

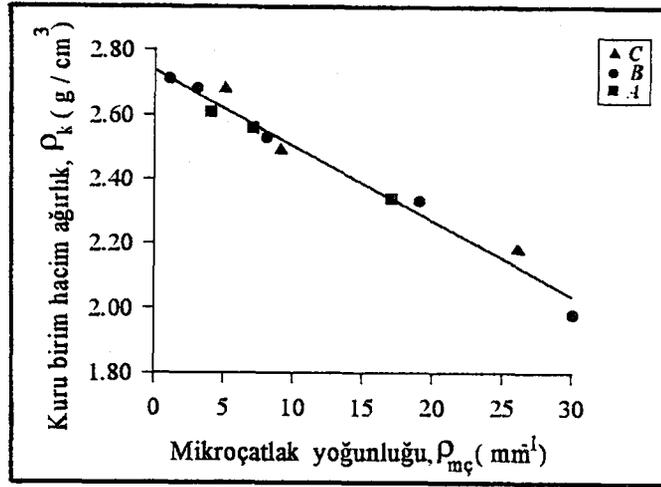
Bazaltlara ait kuru birim hacim ağırlık değerleri ile mikroçatlak yoğunluğu değerleri de karşılaştırılmış ve Şekil 34' te görüldüğü gibi, her iki özellik arasında;

$$\rho_k = -0.02 \rho_{m\check{c}} + 3, \quad r = -0.98$$

eşitliği ile ifade edilen doğrusal bir ilişkinin söz konusu olduğu görülmüştür. Korelasyon katsayısının büyük olması bu ilişkinin kuvvetli olduğunu ifade etmektedir. Ayrışma ilerledikçe bazaltlara ait mikroçatlak yoğunluğu artmakta, kuru birim hacim ağırlık ise düşmektedir. Bunun nedeni, bazaltların ayrışması sonucu mikroçatlakların oluşturduğu boşluk miktarının artması ve bununla ilgili olarak kuru ağırlığın düşmesidir. Mikroçatlak yoğunluğundaki hızlı artmaya karşılık, kuru birim ağırlığın daha yavaş bir şekilde artması, mikroçatlakların bir kısmının dolgulu olmasından kaynaklanmaktadır.

Tanım	Ayrışma Sınıfı	I_{pa}	$\rho_{m\dot{s}}$ (mm^{-1})	ρ_k (mm^{-1})	n (%)	k (cm/sn)	σ_c (Mpa)	σ_t (Mpa)	$E_t \times 10^3$ (Mpa)
Kalıntı toprak	IV	---	---	1.95 >	35 <	$10^{-6} - 10^{-5}$	---	---	---
Tümüyle ayrılmış	III C	10 <	---	1.95 - 2.20	15 - 35	$10^{-7} - 10^{-6}$	---	---	---
Çok fazla ayrılmış	III B	4.0 - 10	18.0 <	2.20 - 2.35	8.5 - 15	10^{-8}	25 >	3 >	15 >
Çok ayrılmış	III A	1.5 - 4.0	12.5 - 18	2.35 - 2.55	3.0 - 8.5	$10^{-9} - 10^{-8}$	25 - 60	3.0 - 6.5	15 - 35
Orta derece ayrılmış	II C	1.0 - 1.5	7.5 - 12.5	2.55 - 2.62	2.5 - 3.0	10^{-9}	60 - 75	6.5 - 7.0	35 - 40
Az ayrılmış	II B	0.5 - 1.0	5.0 - 7.5	2.62 - 2.65	2.0 - 2.5	10^{-9}	75 - 95	7.0 - 8.0	40 - 50
Çok az ayrılmış	II A	0.1 - 0.5	3.0 - 5.0	2.65 - 2.68	1.5 - 2.0	10^{-9}	95 - 105	8.0 - 8.5	50 - 55
Ayrılmamış	I	0.1 >	3.0 >	2.68 <	1.5 >	10^{-9}	105 <	8.5 <	55 <

Çizelge 23 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait fiziksel ve mekanik parametrelerin değişim aralıkları



Şekil 34 : Kuru birim hacim ağırlığın, mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi

Ayrışma derecesi ile ilgili olarak bazaltlara ait kuru birim hacim ağırlıkları, Parker indeksi ve ateş kayıpları ile karşılaştırılmıştır. Şekil 35 a ve b' de görüldüğü gibi ayrışma arttıkça, kuru birim hacim ağırlık değerlerinin düşmesine karşılık, doğrusal olarak ateş kayıpları artmakta, parker indeksi değerleri de düşmektedir. Bu değişimler istatistiksel olarak;

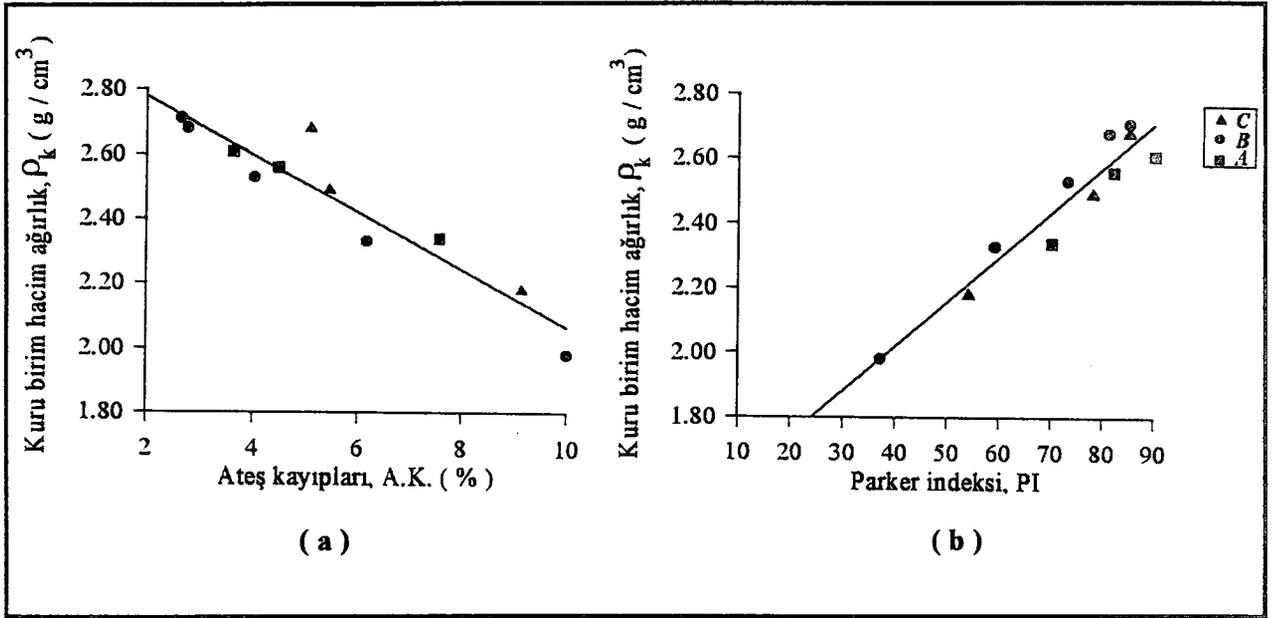
$$\rho_k = -0.09 \text{ A.K.} + 3, \quad r = 0.95$$

$$\rho_k = 0.01 \text{ PI} + 1.5, \quad r = 0.96$$

eşitlikleri ile ifade edilmiştir. Korelasyon katsayılarının büyük olması, istatistiksel anlamda aralarında kuvvetli ilişkilerin olduğunu belirtebilir. Bu anlamda herhangi bir ayrışma derecesindeki numunenin kimyasal bileşimi bilindiği takdirde, kuru birim hacim ağırlığı, yukarıdaki eşitlikler ile belirlenebilir.

3.4.7.3.1.2. Porozitenin ayrışma ile ilişkisi

Ayrışma ile kayaların porozitesinde değişimler meydana gelir. Toplam porozitenin yanı sıra, boşluk çapı dağılımı, özellikle bazalt gibi taze iken az veya çok az gözenekli olan kayalar ayrışma sonucunda bünyelerinde meydana gelen değişiklikleri ortaya koyması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle taze ve ayrılmış bazaltların poroziteleri ISRM (1981)' nin önerdiği civa porozimetresi yöntemi ile belirlenmiştir. Bu deneyler çok ve çok fazla ayrılmış bazaltlar için çekirdek taşları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tümüyle ayrılmış ve kalıntı toprak durumundaki malzemelerin poroziteleri ise zeminin diğer özellikleri yardımıyla dolaylı yoldan belirlenmiştir.

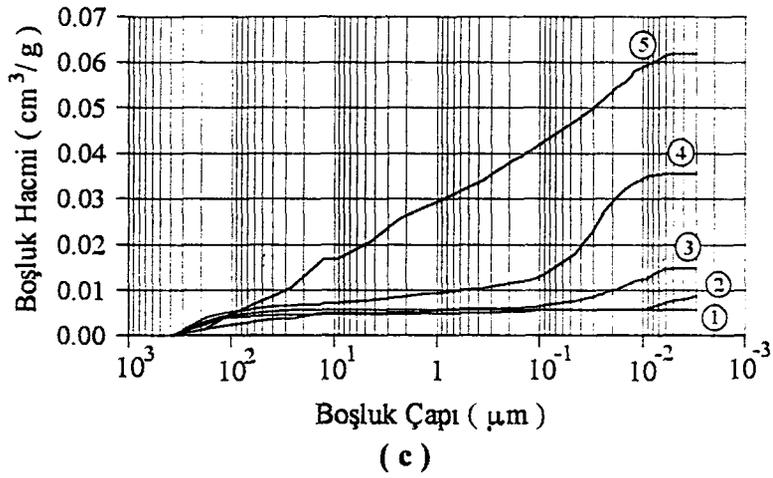
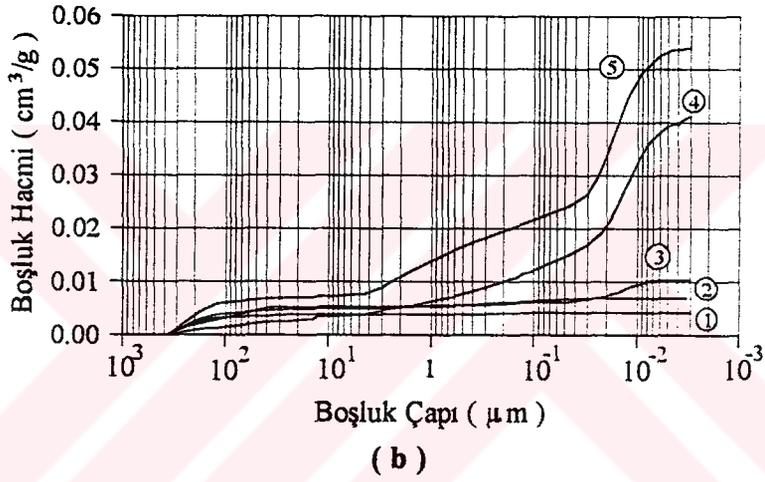
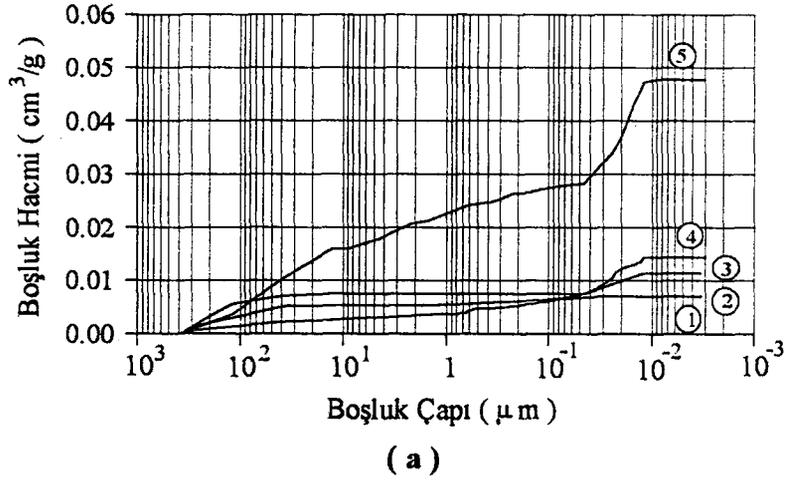


Şekil 35 : Kuru birim hacim ağırlığının a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile ilişkisi

Civa porozimetresi ile yapılan porozite deneyleri, kayacın boşluklarına belirli basınçlarla civa verilmesi prensibine dayanır. Bu deneylerde civa, düşük basınçlarda büyük boşlukları, yüksek basınçlarda ise küçük boşlukları doldurur. Deneyler sonunda elde edilen veriler ile hazırlanan grafiklerin dikey eksenlerinde numunenin 1 gramına olan kümülatif civa sokulumu (cm³/g), yatay eksenlerinde ise boşluk çapları bulunmaktadır. Kümülatif civa sokulumu görünür boşluk hacmine eşittir. Porozimetre deneylerinden elde edilen sonuçlar her fasiyes için ayrı grafikler üzerinde değerlendirilmiştir (Şekil 36 a, b, c). Grafiklerde (1) numara taze, (5) numara ise çok ayrılmış bazalt örneklerine aittir.

Şekil 36 a' daki eğriler, farklı ayrışma derecelerindeki iri plajiyoklas fenokristalli bazalt örneklerine aittir. Burada görüldüğü gibi, taze bazaltta (1) toplam boşluk hacmi 0.005 µm' dir. Çok fazla ayrılmış bazaltta (5) ise 0.05 µm olup diğer örneklere oranla toplam boşluk hacminde büyük artışlar söz konusudur. (1) numaralı örneğin tamamında 0.5 - 400 µm çaplı boşluklar bulunmakta, (5) numaralı örnekte ise aynı çaptaki boşluklar numunenin boşluk hacminin yarısına yakın bir bölümünü oluşturmaktadır. Boşluk hacminin diğer bölümünü ise 0.5 - 0.01 µm çaplı boşluklar oluşturmaktadır.

Şekil 36 b' deki eğriler küçük fenokristalli bazaltlara aittir. Bu eğrilerden taze (1) ve az ayrılmış bazalt örneklerine ait olanların boşluk çapı dağılımları benzer şekilde olup her iki örnek te



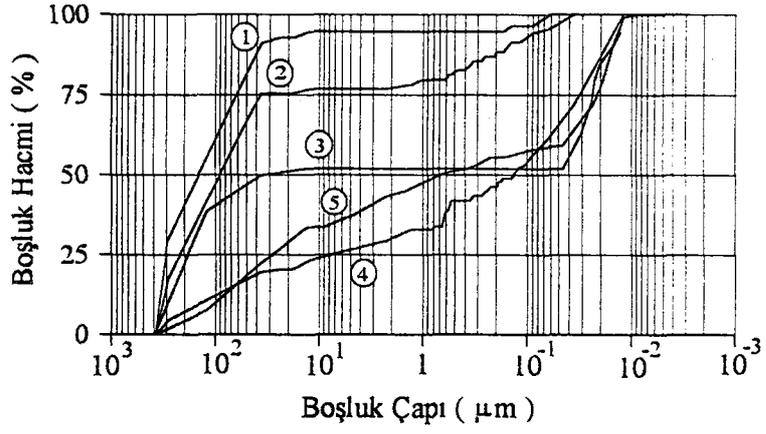
Şekil 36 : a) İri plajyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli c) iri piroksen fenokristalli bazaltlara ait boşluk çapı ve boşluk hacmi ilişkisi (1 : I, 2 : IIB, 3 : IIC, 4 : IIIA, 5 : IIIB ayrışma sınıflarına aittir.)

1 - 400 μm çaplı boşluklar içermektedir. Orta derecede ayrışmış bazaltta (3) 0.01 μm ' ye ulaşan çaplı boşluklar yer almaktadır. Çok (4) ve çok fazla ayrışmış (5) bazaltların ise boşluk geometrileri birbirinin aynı olup boşluklar kademeli artış göstermektedir. Ancak çok fazla ayrışmış örnekteki boşluk hacmi daha fazladır. Eğrilerin kademeli olması boşlukların üniform bir şekilde dağılmadığının belirteçidir.

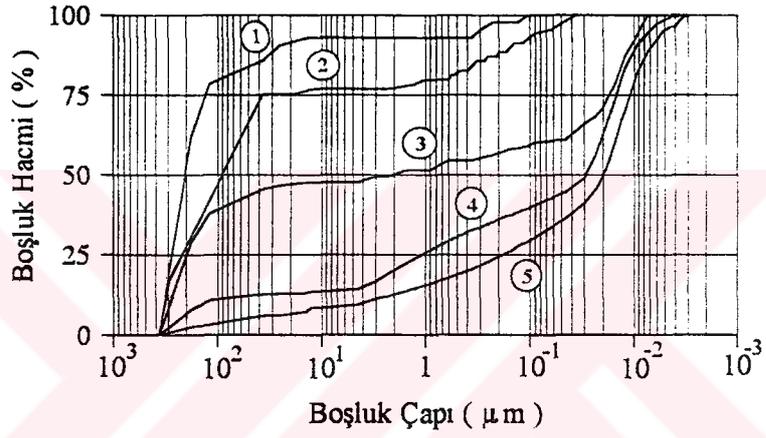
Şekil 36 c' deki eğriler ise iri piroksen fenokristalli bazaltlara aittir. Bu fasiyesteki bazaltların boşluk hacimleri, diğer fasiyesteki bazaltlara ait boşluk hacimlerine göre ayrışma derecesi ile birlikte daha orantılı şekilde artış göstermektedir. Çok ayrışmış bazaltta (4) boşluk hacminin diğerlerine oranla yüksek artış göstermesi bu ayrışma derecesinde piroksenlerin tamamen ayrışmış olmaları ile ilgili olabilmektedir. (5) numaralı eğrinin uygun olması ise numune içinde farklı boşluk çaplarının eşit şekilde dağıldığının belirteçidir. Ayrıca, boşluk hacminin herhangi bir değerinden , örneğin 0.01 cm^3 / g ' dan yatay bir doğru ile (5) ve (3) numaralı eğriler kestirilecek olursa bu hacim değerine karşılık gelen çap (5) numaralı eğride 30 μm , (3) numaralı eğride ise 0.02 μm ' dir. Bunun anlamı diğerine göre daha az ayrışmış örnekte bu hacimi küçük çaplı boşlukların oluşturması, çok fazla ayrışmış olanda ise aynı hacimi daha büyük boşlukların oluşturmasıdır. Bu durum diğer fasiyeslerde de benzer şekildedir.

Araştırmada ayrıca, boşluk hacmi yüzdesi ile boşluk çapı arasındaki ilişkiler de farklı fasiyesler için ayrı grafikler halinde gösterilmiştir (*Şekil 37 a, b ve c*). Bu grafiklerin düşey eksenlerindeki boşluk hacmi yüzdeleri hesaplanırken, örneğe giren toplam civa miktarının, örnek hacminin % 100' ünü kapladığı kabul edilmiş ve diğer sokulum yapan civa miktarları toplam sokulum yapan civanın yüzdesi olarak belirlenmiştir. Yine bu grafiklerde, (1) numara taze, (5) numara ise çok ayrışmış bazalt örneklerine aittir. Mikrogözeneklerin çapları 0.5 mikrondan daha az olduğu (ZUFFA, 1985) kabul edilecek olursa, grafikten de görüldüğü gibi taze iri plajioklas fenokristalli bazalt örneğinde özellikle 40 -300 μm çapındaki makrogözenekler, en fazla ayrışmış örnekte ise 0.001 - 0.004 μm çapında mikrogözenekler çoğunluktadır. Ayrıca taze örneklere ait eğrilerin başlangıç kısımlarının düşeye yakın olması, bu örneklerde boşluk hacminin büyük kesimini makrogözeneklerin oluşturması, çok fazla ayrışmış örnekte ise son kısımlarının düşeye yakın olması bünyelerindeki mikrogözeneklerin boşluk hacminin büyük bölümünü oluşturmaları ile ilgilidir. Civa porozimetresi ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

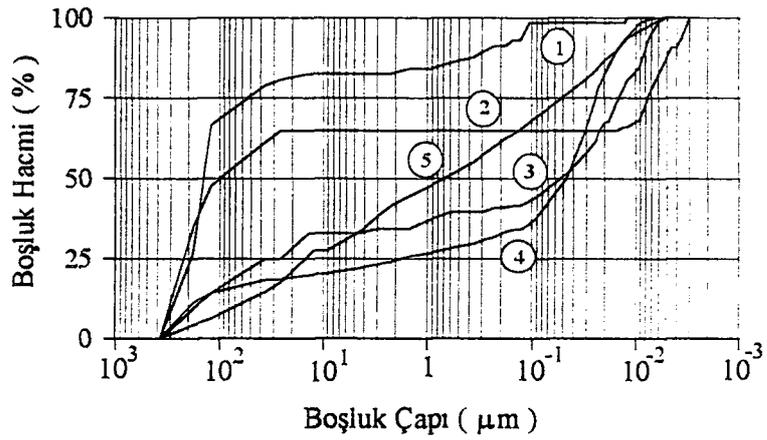
(1) Taze örneklerde boşluk hacmi düşük değerlerde olup, boşluk çapları 10 μm ' den büyüktür.



(a)



(b)



(c)

Şekil 37 : a) İri plajiyoklas fenokristalli b) küçük fenokristalli c) iri piroksen fenokristalli bazaltlarda, boşluk çapı ile boşluk hacmi yüzdesi ilişkisi (1 : I, 2 : IIB, 3 : IIC, 4 : IIIA, 5 : IIIB ayrışma sınıflarına aittir)

- (2) Ayrışmış örneklerde mikrogözeneklerin yaygın olması, ayrışma ile gelişen kil minerallerinin boşlukları doldurmaları nedeniyle içteki yüzey alanını arttırmaları ve dolayısıyla mikroporoziteyi oluşturmaları ile ilgilidir.
- (3) Her ne kadar az ayrışmış bazaltlarda gözeneklerin çok az olduğu kabul edilse de özellikle taze bazalt örneğinde makroporoziteye rastlanması bünyelerindeki mikroçatlakların varlığı ile ilgilidir.

Ayrışmış bazaltlardaki boşlukların durumu elektron mikroskobu ile yapılan araştırmalarda daha belirginlik kazanmıştır. Bazaltlardaki boşlukların yanısıra içerdikleri mikroçatlaklar da poroziteyi oluşturur. Bu araştırmalardan elde edilen fotoğraflarda görüldüğü gibi bazaltlarda farklı boşluk türleri gözlenmiştir. Bunlar sınıflandırılacak olursa :

- (1) *Gözenekler* : Tane içinde, matriks - tane arasında ve matriks içinde gelişmişlerdir.
- (2) *Mikroçatlaklar* : Tane çatlağı, kaya çatlağı veya her ikisini de kesen çatlaklar türünde gelişmişlerdir.

Petrografik ayrışma indeks değeri bilinen örnekler üzerinde yapılan porozite deneylerinden elde edilen sonuçlar *Çizelge 24*' te sunulmuştur.

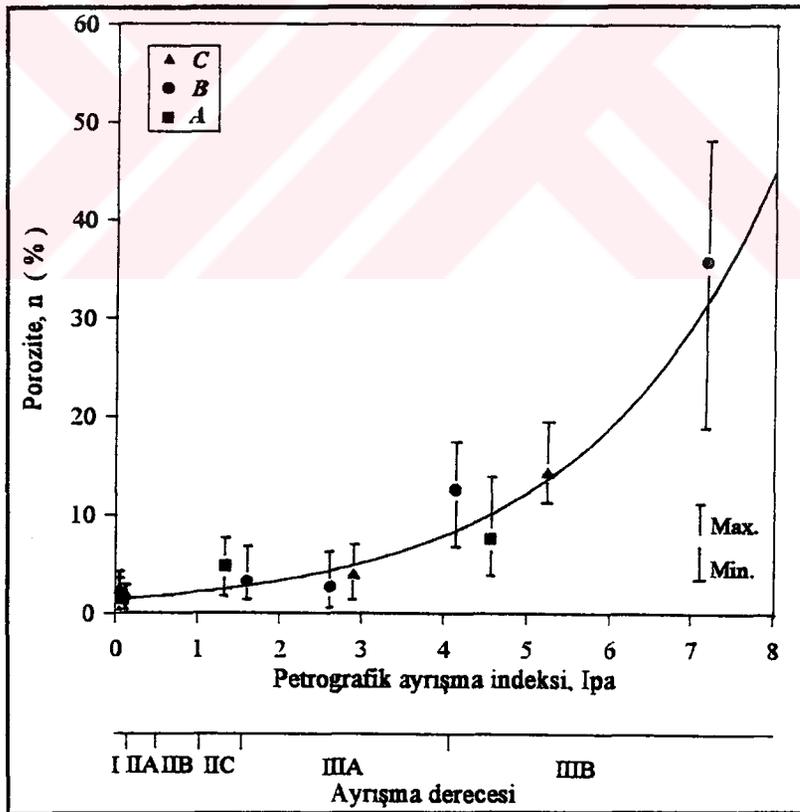
Çizelge 24 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait porozite ve geçirimsilik katsayısı değerleri

Ayrışma Derecesi	Porozite, n (%)			Geçirimsilik katsayısı, k (cm / sn)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
C - I	1.47	3.49	2.32	7.5×10^{-10}	5.0×10^{-9}	2.1×10^{-9}
C - IIIA	2.25	6.82	3.87	1.0×10^{-8}	1.5×10^{-7}	3.2×10^{-8}
C - IIIB	11.71	18.99	14.27	5.8×10^{-8}	6.0×10^{-7}	1.8×10^{-7}
C - IV	28.75	52.71	39.64	8.5×10^{-6}	8.0×10^{-4}	1.1×10^{-4}
B - I	0.39	3.10	1.60	1.7×10^{-9}	8.0×10^{-9}	3.9×10^{-9}
B - IIC	0.62	3.26	1.20	1.5×10^{-9}	6.0×10^{-9}	2.8×10^{-9}
B - IIIA	1.47	6.90	2.65	5.5×10^{-9}	4.6×10^{-8}	1.2×10^{-8}
B - IIIA	6.98	16.90	12.61	4.2×10^{-8}	5.2×10^{-7}	1.3×10^{-7}
B - IIIC	18.60	48.06	35.83	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-6}	5.1×10^{-7}
B - IV	40.00	55.35	48.13	1.2×10^{-5}	5.0×10^{-4}	9.2×10^{-5}
A - I	0.39	2.95	1.45	1.1×10^{-9}	9.9×10^{-7}	4.1×10^{-9}
A - IIC	2.33	7.75	4.84	8.0×10^{-9}	7.5×10^{-8}	3.1×10^{-8}
A - IIIB	4.26	13.95	7.65	1.7×10^{-8}	3.5×10^{-7}	5.2×10^{-8}
A - IIIC	21.63	50.0	37.00	1.2×10^{-6}	1.0×10^{-5}	3.5×10^{-6}
A - IV	38.06	59.15	49.11	9.0×10^{-6}	7.0×10^{-4}	9.0×10^{-5}

Ayrışma ile boşluk çaplarının değişiminin yanısıra, hesaplanan toplam porozite değerlerinin ayrışma ile değişimini saptamak amacıyla petrografik ayrışma indeksi ile porozite değerleri bir grafik üzerinde gösterilmiş ve ayrışma derecesinin artması ile birlikte porozitenin de doğrusal olmayan bir şekilde arttığı gözlenmiştir (Şekil 38). Nitekim DEARMAN vd. (1978) granitlerde, KOMOO ve YAAKUB (1990) metamorfik kayalarda, ZHAO vd. (1994) ise yine granitlerde benzer ilişkileri elde etmişlerdir. Şekil üzerinden ayrıca diğer fiziksel özelliklerde olduğu gibi ayrışma derecelerine bağlı olarak porozitelerin değişim aralıkları belirlenmiştir (Çizelge 23). Burada görüldüğü gibi, IIB ayrışma derecesinden itibaren porozitede büyük artışlar olmaktadır. Porozite ile petrografik ayrışma indeksi arasında yapılan basit regresyon analizlerinden,

$$n = 1.35 e^{0.4 Ipa}, \quad r = 0.93$$

eşitliği elde edilmiştir. Korelasyon katsayısının yüksek olması bu iki değer arasında kuvvetli bağımlılığın olması ile ilgilidir.

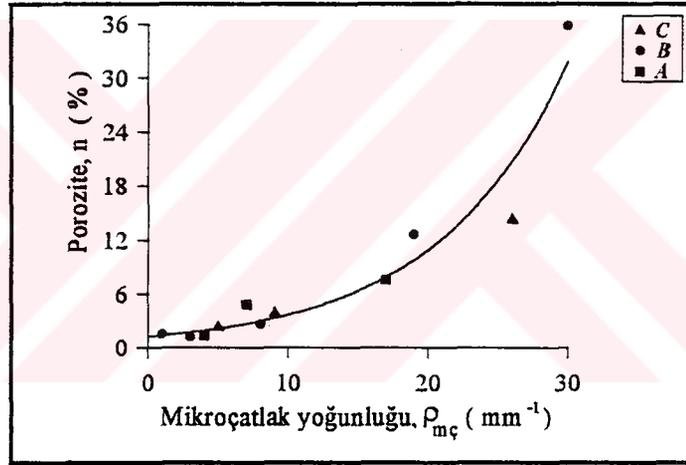


Şekil 38 : Porozite ile petrografik ayrışma indeksinin ilişkisi

Porozite ile mikroçatlak yoğunluğu arasındaki ilişkiler de bir grafik üzerinde araştırılmıştır (Şekil 39). Şekilde görüldüğü gibi her iki değer arasında doğrusal olmayan bir ilişki bulunmaktadır. Eğrinin eğiminin başlangıçta yüksek olması mikroçatlakların henüz açık olması ile ilgilidir. Eğimin düşmesi ise belirli bir değerden sonra poroziteyi mikrogözeneklerin oluşturması ve bunun yanında mikroçatlakların ayrışma ürünleriyle dolması ile ilgilidir.

$$n = 1.35 e^{0.1\rho_{m\phi}}, \quad r = 0.96$$

eşitliği ile ifade edilen bu ilişki ile yüksek korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Bu da mikroçatlak yoğunluğu ile porozite arasında kuvvetli bir ilişki olduğunun belirteçidir. Nitekim DIXON (1969), görünür porozite ile boş mikroçatlak sıklığı arasında doğrusal bir ilişki elde etmiştir.



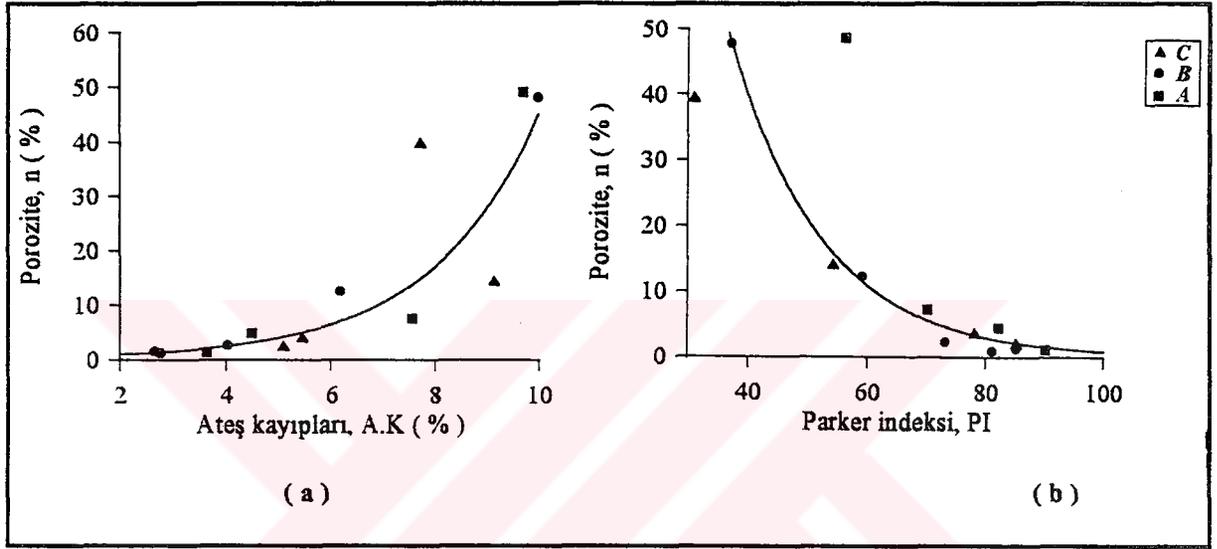
Şekil 39 : Porozitenin mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi

Petrografik ayrışma indeksi ve mikroçatlak yoğunluğunun dışında porozite ile kimyasal bileşim değişimleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla, porozite ile Parker indeksi ve ateş kayıpları arasında basit regresyon analizleri yapılmış ve yüksek korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Bu ilişkilere ait grafikler Şekil 40 a ve b' de sunulmuştur. Ateş kayıplarının artması ve Parker indeksinin azalması ile porozitede artışlar meydana gelmektedir. Bu durum ayrışmanın ilerlemesiyle bazı minerallerin çözülmesine karşın bazı minerallerin de yeni oluşmaları nedeniyle boşluk geometrisinin değişmesi ile ilgilidir. Böylece porozite ile Parker indeksi ve ateş kayıpları arasında,

$$n = 0.37 e^{0.5 \text{ A.K.}}, \quad r = 0.93$$

$$n = 544.5 e^{-0.07 \text{ PI}}, \quad r = -0.92$$

eşitlikleri ile ifade edilen doğrusal olmayan ilişkiler söz konusudur. Bu eşitlikler ile kimyasal bileşimleri bilinen bazaltların porozitelerine de yaklaşımda bulunulabilir. Bunun tersi de mümkün olabilmektedir.



Şekil 40 : Porozitenin a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile ilişkisi

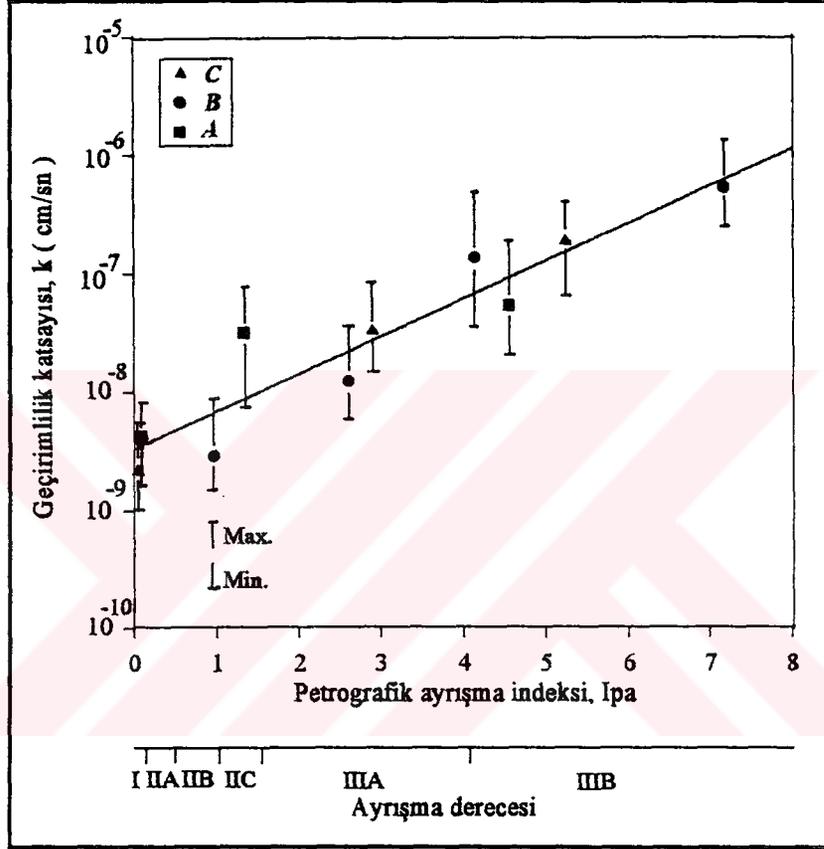
3.4.7.3.1.3. Geçirimsizlik katsayısının ayrışma ile ilişkisi

Diğer fiziksel özelliklerde olduğu gibi geçirimsizlik katsayısının ayrışma derecesi ile ilişkisini ortaya koymak amacıyla değişik ayrışma derecelerindeki bazaltlar üzerinde permeametre ile geçirimsizlik deneyleri yapılmıştır. Deneyler her örnek için iki kez yapılmış ve bunların sonuçları Çizelge 24' te sunulmuştur.

Ayrışma derecesine bağımlı olarak geçirimsizlik katsayısının değişimini belirlemek amacıyla deneylerden elde edilen sonuçların ortalama değerleri bir grafik üzerinde gösterilmek suretiyle geçirimsizlik katsayısı ile ayrışma derecesi arasındaki doğrusal olmayan ilişki ortaya konulmuştur (Şekil 41). Grafikte görüldüğü gibi ayrışma derecesi arttıkça geçirimsizlik katsayısında da dereceli bir artış meydana gelmektedir. Aşağıda ;

$$k = 3 \times 10^{-9} e^{0.7 I_{pa}}, \quad r = 0.94$$

eşitliği elde edilen korelasyon katsayısının yüksek olması, geçirimsizlik katsayısı ile ayrışma derecesi arasında anlamlı bir ilişki olduğunun belirteçidir. Bu ilişkiden elde edilen geçirimsizlik katsayısı değerlerinin farklı ayrışma dereceleri için sınır değerleri Çizelge 23' te verilmiştir



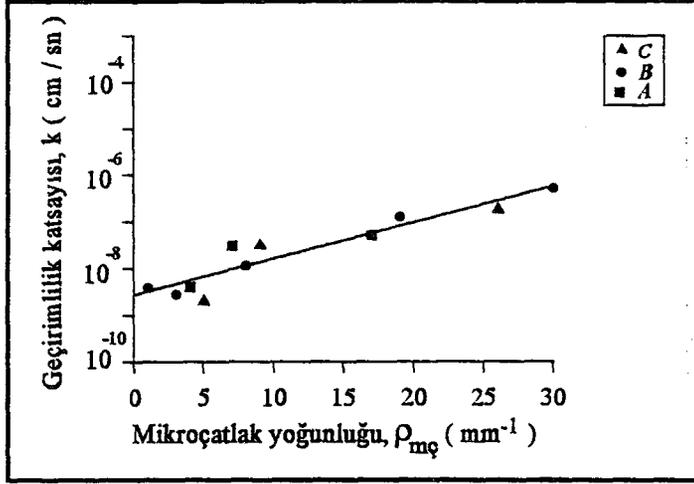
Şekil 41 : Geçirimsizlik katsayısının petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi

Geçirimsizlik katsayısının mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi de istatistiksel olarak belirlenmiştir (Şekil 42) . Bu ilişkinin eşitliği ;

$$k = 2.8 \times 10^{-9} e^{0.2 \rho_{m\check{c}}}, \quad r = 0.94$$

olup, ikisi arasında korelasyon katsayısının yüksek olması nedeniyle kuvvetli bir ilişki söz konusudur. Şekil 42'de görüldüğü gibi mikroçatlak yoğunluğu arttıkça, geçirimsizlik katsayısı da artış

göstermektedir.

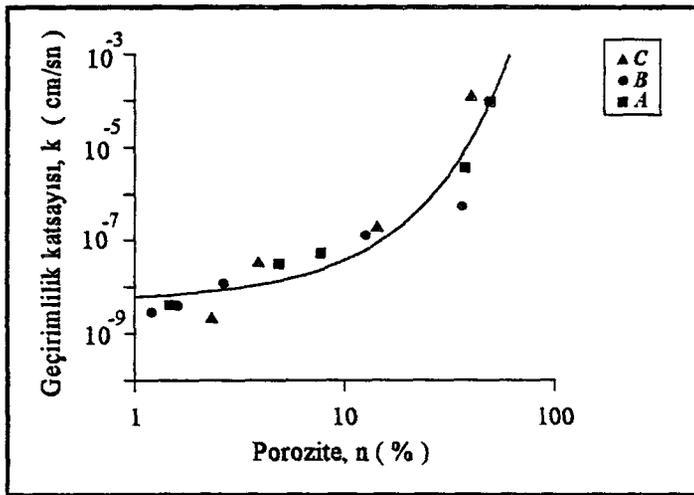


Şekil 42 : Geçirimsizlik katsayısının mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi

Araştırmada ayrıca, geçirimsizlik katsayısı ile porozite arasında da yine istatistiksel olarak doğrusal olmayan türde bir ilişki ortaya konulmuştur (Şekil 43). Bu ilişkinin eşitliği;

$$k = 5 \times 10^{-9} e^{0.2n}, \quad r = 0.95$$

şeklinde ifade edilir.



Şekil 43 : Geçirimsizlik katsayısının porozite ile ilişkisi

Şekil 43' te görüldüğü gibi, eğrinin başlangıçta yataya yakın olması, bazaltların taze iken boşluklarının bağlantılı olmaması ile ilgilidir. Porozite değerinin yaklaşık % 10' nu geçmesinden sonra geçirimsizlik katsayısının büyük oranda artması ise boşlukların belirli bir ayrışma derecesinden sonra bağlantılı hale gelmesi ile açıklanabilir.

3.4.7.3.2. Mekanik özelliklerin ayrışma ile ilişkisi

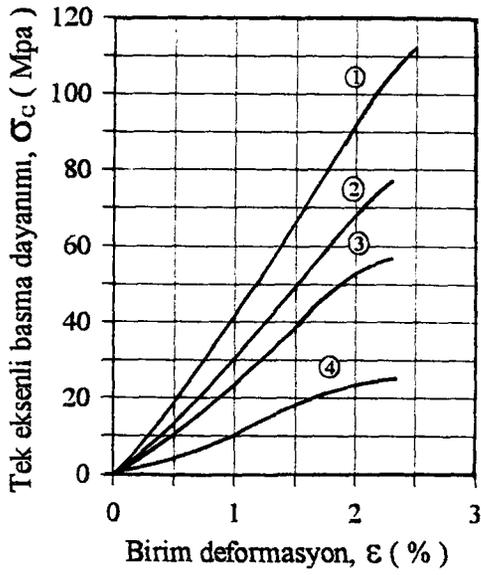
Taze ve ayrılmış bazaltların mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, ISRM (1981) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak, tek eksenli basma ve indirekt çekme (Brasilian) deneyleri yapılmıştır. Tek eksenli basma deney sonuçlarından yararlanmak suretiyle de teğet elastisite modülleri belirlenmiştir. Deneyler, boyu çapının iki katı olan, 3 cm çaplı karotlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Heterojenliğin yüksek olması sebebiyle büyük çaplı örneklerden kaçınılmıştır.

Ayrışma etkisi ile bazaltların mekanik özelliklerindeki değişimleri belirlemek amacıyla yapılan bu deney sonuçlarına aşağıda ayrıntılı olarak değinilecektir.

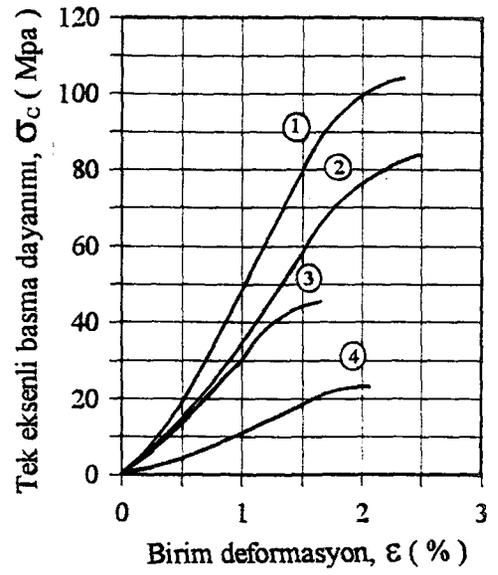
3.4.7.3.2.1. Tek eksenli basma dayanımının ayrışma ile ilişkisi

Bazaltların ayrışma sonucu değişen tek eksenli basma dayanımlarını belirlemek için yapılan deneylerden elde edilen her bir fasiyese ait "gerilme - birim deformasyon" grafikleri *Şekil 44 a,b,c'* de sunulmuştur.

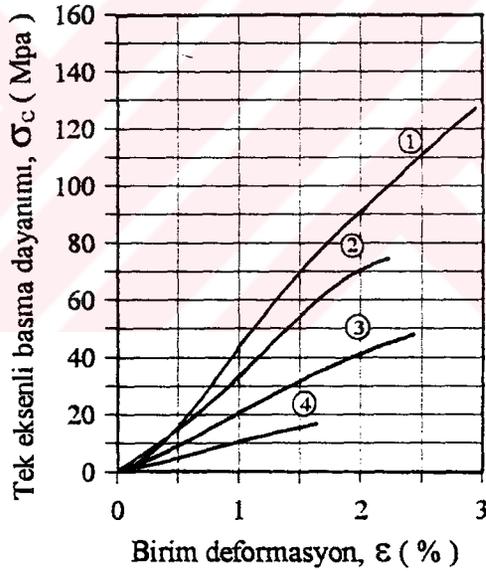
Grafiklerde görüleceği gibi, iri plajyoklas fenokristalli bazaltlar ile piroksen fenokristalli bazaltlar, elastik - gevrek karakterde olup, düşük gerilmelerde tam elastik davranış görülmektedir. Bu nedenle yenilmeler, büyük enerjinin serbest kalması ile oluştuğundan çoğu kez, patlama şeklinde gelişmiştir. Yenilme sırasında düşey kırıklar meydana gelmiştir. Küçük fenokristalli bazaltlara ait gerilme - birim deformasyon eğrileri ise yenilmeye yakın elastikten, plastik eğriye dönüşüm göstermektedir. Bu tür davranış iri fenokristallerin olmaması buna karşın matrisin diğer fasiyeslere oranla daha fazla olması ile ilgilidir. Tek eksenli basma deneylerinden elde edilen tüm sonuçlar ile bunların istatistiksel değerlendirmeleri *Çizelge 25'* te sunulmuştur.



(a)



(b)



(c)

Şekil 44 : Farklı ayrışma derecelerindeki a) İri plajioklas fenokristalli b) küçük fenokristalli c) İri piroksen fenokristalli bazaltların, gerilme - birim deformasyon grafikleri Grafiklerdeki numaralar; iri plajioklas fenokristalli bazaltlarda, 1: I, 2:IIA, 3:IIIC, 4:IIIB küçük fenokristalli bazaltlarda 1:I, 2:IIA, 3:IIIC, 4:IIIA, iri piroksen fenokristalli bazaltlarda ise, 1:I, 2:IIA, 3:IIIB, 4:IIIA ayrışma derecelerini ifade etmektedir.

Çizelge 25 : Değişik ayrışma derecelerindeki bazaltların tek eksenli basma ve çekme dayanımı değerleri ile teğet elastisite modülü değerleri

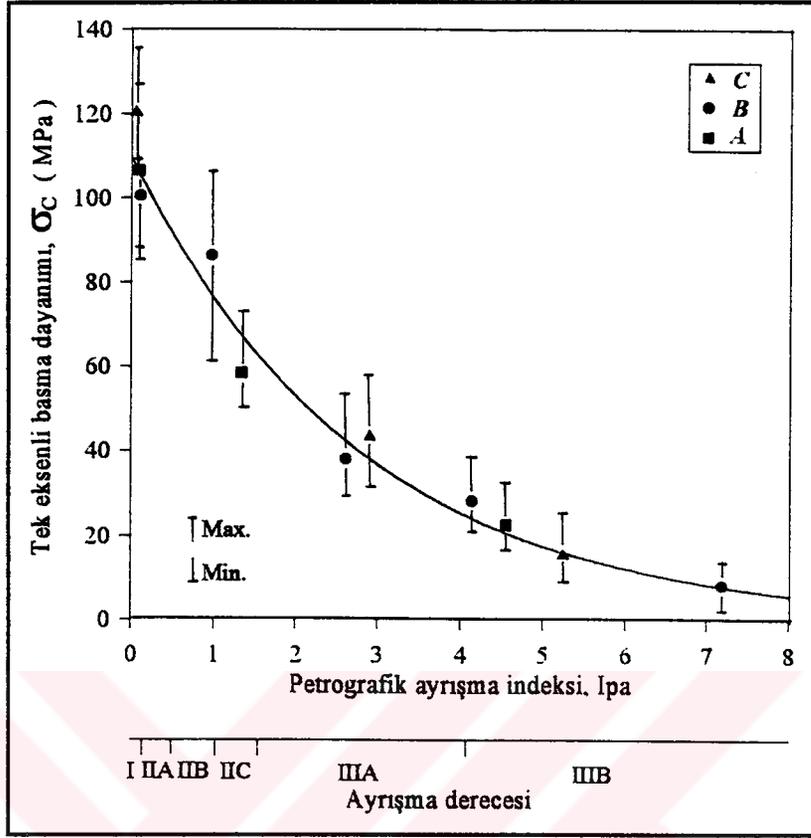
Ayrışma Derecesi	σ_c (MPa)			Standart Sapma	σ_t (MPa)			Standart Sapma	E_t (MPa)			Standart Sapma
	Min.	Max.	Ort.		Min.	Max.	Ort.		Min.	Max.	Ort.	
C - I	105.26	136.42	120.1	12.97	8.00	10.0	8.99	0.82	44000	57700	50127	5655
C - IIIA	30.00	54.95	43.03	10.30	3.00	5.00	3.86	0.83	14000	26100	20073	5528
C - IIIB	10.00	23.58	15.2	6.11	0.77	2.31	1.76	0.71	10500	19000	15093	4363
B - I	86.32	120.00	100.15	143.57	7.69	9.23	8.49	0.63	46000	81650	66101	14621
B - IIC	60.00	107.79	86.03	20.18	6.43	8.15	7.42	0.72	32000	56800	48073	10912
B - IIIA	27.37	52.63	37.71	10.77	3.11	4.77	4.01	0.68	20000	36000	28039	6795
B - IIIB	21.05	36.21	28	6.49	2.00	3.69	2.78	0.70	6000	21700	10800	6138
B - IIIC	4.21	16.84	7.9	5.98	-	-	-	-	-	-	-	-
A - I	88.42	129.05	106.19	17.19	8.08	9.54	8.79	0.60	44000	71000	56114	13890
A - IIC	44.21	70.00	58.12	10.88	5.00	7.08	6.13	0.89	24650	42600	36506	7066
A - IIIB	15.37	31.37	22.5	7.03	2.23	4.00	3.13	0.72	10000	21950	15000	5078
A - IIIC	3.69	16.26	6.9	6.24	-	-	-	-	5065	15600	8120	5004

Bazaltların tek eksenli basma dayanımlarının ayrışma derecesine bağlı değişimini belirlemek amacıyla tek eksenli basma deney sonuçlarının ortalama değerleri alınmak suretiyle, petrografik ayrışma indeksi değerlerine karşılık gelen tek eksenli basma dayanımı değerleri ile bir grafik hazırlanmıştır (Şekil 45). Buna göre, iki parametre arasında doğrusal olmayan bir ilişki saptanmıştır. Bu ilişkinin eşitliği:

$$\bar{\sigma}_c = 110 e^{-0.4 I_{pa}}, \quad r = -0.99$$

şeklinde olup, korelasyon katsayısı oldukça yüksek değerdedir. Bu nedenle herhangi bir ayrışma derecesindeki bazaltın petrografik ayrışma indeksi bilindiğinde tek eksenli basma dayanımı yukarıda verilen eşitlikle hesaplanabildiği gibi tersi de olabilir. Aynı konu üzerinde araştırma yapan DEARMAN vd. (1978), KOMOO ve YAAKUB (1990) ve ZHAO vd. (1994), magmatik ve metamorfik kayalarda benzer ilişkileri saptamışlardır. Ayrışmış bazaltların mekanik parametrelerini belirlemek amacıyla araziden numune almak oldukça zordur. Özellikle orta ayrışma derecesinden itibaren bu durum daha da güçleşmektedir. Bu nedenle petrografik ayrışma indeksi değerlerinin belirlenmesi, uygulamalarda büyük kolaylık sağlayacaktır.

Araştırmada ayrıca diğer özelliklerdeki değişimlerde olduğu gibi, her ayrışma derecesine karşılık gelen tek eksenli basma dayanım değerlerinin sınırları da aynı grafik üzerinde belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 23' te sunulmuştur.

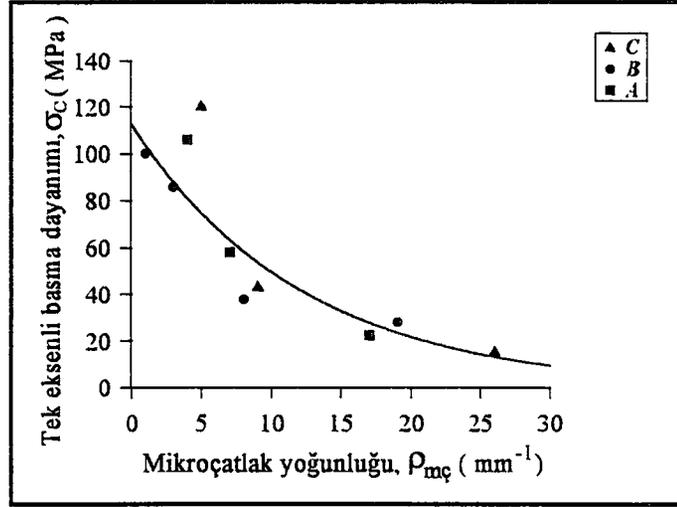


Şekil 45 : Tek eksenli basma dayanımı ile petrografik ayrışma indeksi ilişkisi

Tek eksenli basma dayanımının mikroçatlak yoğunluğu ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan basit regresyon analizleri sonucunda ;

$$\sigma_c = 110 e^{-0.08 \rho_{mç}} \quad r = -0.93$$

eşitliği elde edilmiştir. Yüksek korelasyon katsayısı veren bu ilişki Şekil 46' da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi mikroçatlak yoğunluğu arttıkça tek eksenli basma dayanımı doğrusal olarak düşmektedir. Mikroçatlak yoğunluğu 10 mm^{-1} ' in altına düşünce bazaltlar orta derecede veya daha az oranda ayrılmış olduklarından bu ayrışma derecesinden sonra tek eksenli basma dayanım değerlerin de hızlı bir artış gözlenmektedir. Bu durum bazaltların orta derecede ayrışma derecesinden sonra ayrılmış kayalık özelliklerini yitirmeleri ve rezidüel zemin özelliği kazanmaları ile ilgilidir. DIXON vd. (1969)' da granitler üzerinde yaptığı araştırmada benzer ilişkiyi elde etmiştir.



Şekil 46 : Tek eksenli basma dayanımı ile mikroçatlak yoğunluğu ilişkisi

Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların tek eksenli basma dayanımlarının kimyasal indeksler ile değışimleri de istatistiksel olarak belirlenmiştir. Buna göre tek eksenli basma dayanımı ile Parker indeksi ve ateş kayıpları arasındaki ilişkilerde aşağıdaki eşitlikler geçerlidir :

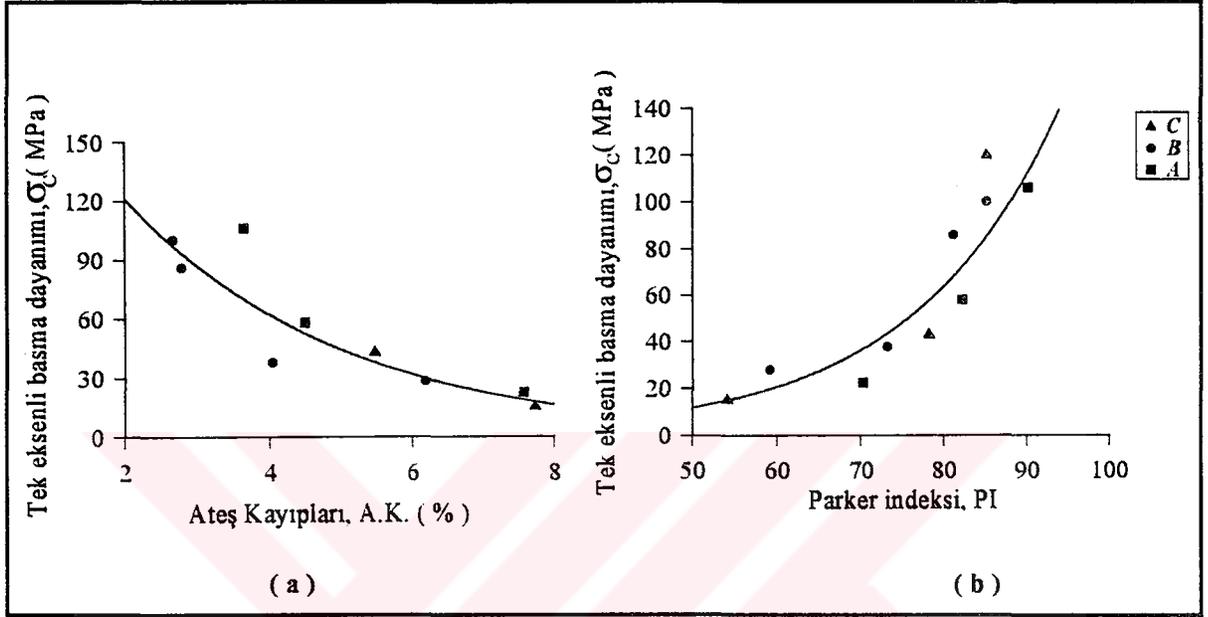
$$\sigma_c = 4 e^{-0.3 A.K.}, \quad r = 0.83$$

$$\sigma_c = 0.74 e^{0.06 PI}, \quad r = 0.92$$

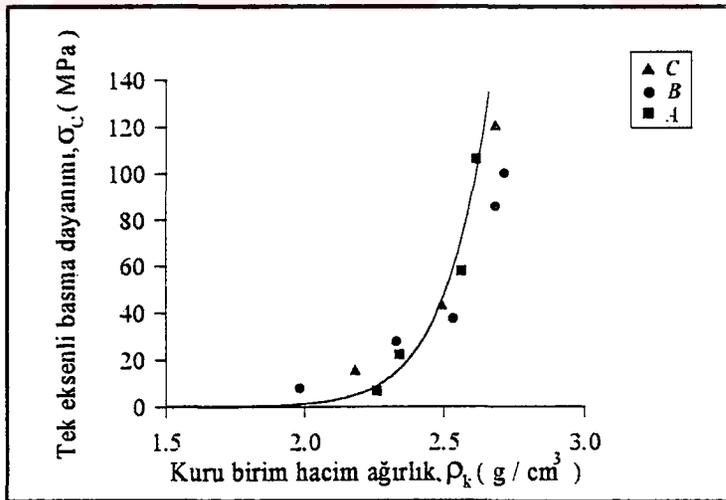
Bu eşitliklere göre, Parker indeksi ile tek eksenli basma dayanımı arasında ateş kayıplarına oranla korelasyon katsayısının yüksek olması nedeniyle daha bağımlı ilişkiler söz konusu olup bunlara ait grafikler Şekil 47 a ve b' de sunulmuştur. Şekillerde görüldüğü gibi tek eksenli basma dayanımı Parker indeksi ile doğru, ateş kayıpları ile ters orantılıdır. Bazaltlardaki ayrışma arttıkça Parker indeksi ve tek eksenli basma dayanımı düşmekte, ateş kayıpları ise artmaktadır. Parker indeksi değerinin düşmesi ayrışma ile bazaltın bileşimindeki CaO, Na₂O ve K₂O miktarlarının azalması ile ilgilidir.

Fiziksel özelliklerden kuru birim hacim ağırlık ile tek eksenli basma dayanımı arasında doğrusal olmayan bir ilişki söz konusudur. Şekil 48' de görüldüğü gibi kuru birim hacim ağırlık arttıkça, tek eksenli basma dayanımı da artmaktadır. Ancak orta derecede ayrışmış bazaltların, daha taze

olanlarında kuru birim hacim ağırlığın, diğerlerine göre küçük oranda artması, tek eksenli basma dayanımında büyük oranda artmaya neden olmaktadır. Bu ayrışma derecesinden daha çok ayrılmış olanlarda ise tersi görülmektedir. Bunun nedeni, orta ayrışma derecesinden sonra bazaltlardaki ayrılmış mineral içeriğinin, % 60' ın üzerine çıkmasıdır.



Şekil 47 : Tek eksenli basma dayanımının a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile ilişkisi



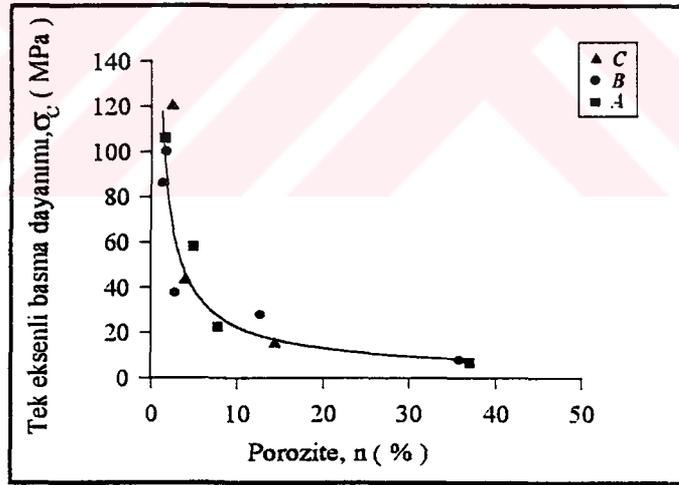
Şekil 48 : Tek eksenli basma dayanımının kuru birim hacim ağırlıkla ilişkisi

Her iki özellik arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir :

$$\sigma_c = 10^{-5} \rho_k^{16.7}, \quad r = 0.97$$

Yüksek korelasyon katsayısı elde edilen bu ilişkiden; herhangi bir ayrışma derecesindeki bazaltın kuru birim ağırlığının bilinmesi durumunda, tek eksenli basma dayanımı da belirlenebilir. Aynı durumu şeyller üzerinde araştıran GHAFORİ vd. (1993) ise, yine her iki özellik arasında doğrusala yakın bir ilişki elde etmişlerdir. Bunun nedeni, bazaltlardaki ayrışmanın şeyllere oranla daha belirgin bir şekilde gelişmesi ve belirli bir ayrışma derecesinden sonra özelliklerini büyük oranda kaybetmesi ile ilgilidir. Nitekim granitler üzerinde araştırma yapan DEARMAN ve YALÇIN (1978) da bazaltlara benzer ilişkiyi elde etmişlerdir.

Ayrışmada tek eksenli basma dayanımı ile porozite arasındaki ilişki de önemlidir. Ayrışmış bazaltlardaki boşluk çapları, daha taze olanlara oranla büyük olduğu gibi içerdikleri boşluk sayısı da fazladır. Bu durum yüzey alanının azalmasına neden olduğundan basma dayanımını da düşürmektedir. Her iki özellik arasındaki ilişki bir grafik üzerinde gösterilerek istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 49).



Şekil 49 : Tek eksenli basma dayanımının porozite ile ilişkisi

Değerlendirme sonuçlarına göre tek eksenli basma dayanımı ile porozite arasında,

$$\sigma_c = 134 n^{-0.8}, \quad r = -0.95$$

eşitliği ile ifade edilen doğrusal olmayan bir ilişki söz konusudur. İlişki korelasyon katsayısının yüksek

olması nedeniyle kuvvetlidir. *Şekil 49'* da, porozitenin % 8.5' tan yüksek olduğu, çok ayrışma derecesinden itibaren tek eksenli basma dayanımındaki az oranda azalmaya karşı, porozitede büyük artışların olduğu dikkati çekmektedir. Her ne kadar büyük artışlar orta derecede ayrışma sınıfından itibaren beklense de, bu durum, deneylerin orta derecede ayrışmış bazaltların çekirdek taşları üzerinde yapılmasından kaynaklanabilir. Bunun nedeni orta derecede ayrışmış bazaltlardaki çekirdek taşlarının özelliklerini korumalarıdır. DEARMAN (1974) doleritler, DEARMAN ve YALÇIN (1978) granitler ile LUMB (1983) granit ve doleritler üzerinde yaptıkları araştırmalarda benzer ilişkileri ortaya koymuşlardır.

3.4.7.3.2.2. Çekme dayanımının ayrışma ile ilişkisi

Ayrışma olayında tek eksenli basma dayanımının yanısıra çekme dayanımı da oldukça önemlidir. Bu amaçla laboratuarda çekme dayanımları da araştırılmıştır.

Farklı ayrışma derecesindeki bazaltlar üzerinde yapılan çekme deneyi sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçları çizelge halinde verilmiştir (*Çizelge 25*). Bunların yanında diğer özelliklerde olduğu gibi bu deney sonuçlarının aritmetik ortalamaları, grafik üzerinde petrografik ayrışma indeksleri ile birlikte değerlendirilmiştir (*Şekil 50*). Neticede ayrışma derecesinin artması ile birlikte bazaltların çekme dayanımlarında doğrusal yönde bir azalmanın olduğu belirlenmiştir. Çekme dayanımlarındaki bu azalma, ayrışmayla birlikte, özellikle mineraller ile matriks arasındaki gevşeme ve boşlukların gelişimi sonucu kayaç yapısının bozulması ile açıklanabilir. Yine her özellikte olduğu gibi hazırlanan grafikten yararlanmak suretiyle ayrışma dereceleri ile ilgili olarak çekme dayanımlarının değişim aralıkları da saptanmıştır (*Çizelge 23*). Diğer özelliklerde olduğu gibi çekme dayanımı ile ayrışma derecesi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla petrografik ayrışma indeksi ile çekme dayanımı değerleri arasında yapılan basit regresyon analizinden, % 98 korelasyon sağlayan ilişki elde edilmiştir. Bu ilişkinin eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_t = 9 e^{-0.3 I_{pa}}, \quad r = 0.98$$

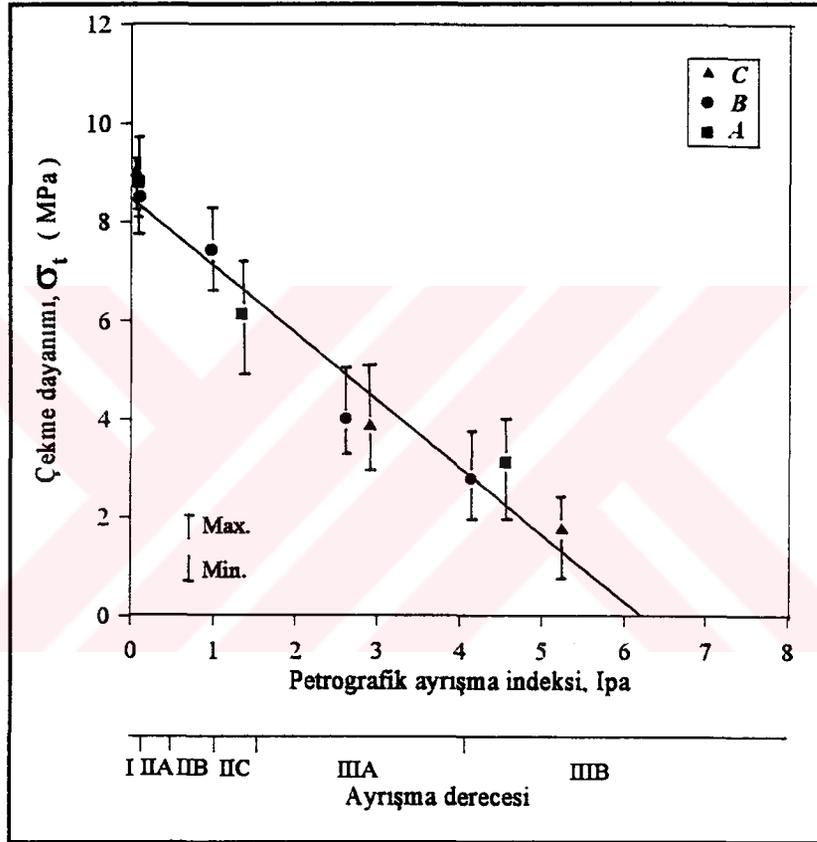
şeklinde ifade edilir.

Farklı derecelerde ayrışmış bazaltların çekme dayanımları, mikroçatlak yoğunluklarının yanısıra, kuru birim hacim ağırlıkları ile karşılaştırılmıştır. Özellikle mikroçatlaklar, mineraller arası bağı koparmaları nedeniyle, çekme dayanımı üzerinde önemli etkileri vardır. Bazaltlardaki

mikroçatlak yoğunluğu arttıkça çekme dayanımları da düşmektedir (Şekil 51). Her iki parametre arasında basit regresyon analizi yapıldığında;

$$\sigma_t = 9 e^{-0.07 P_{m\phi}}, \quad r = 0.94$$

eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitlik, yüksek korelasyon katsayısından dolayı uygulamada kullanılabilir.



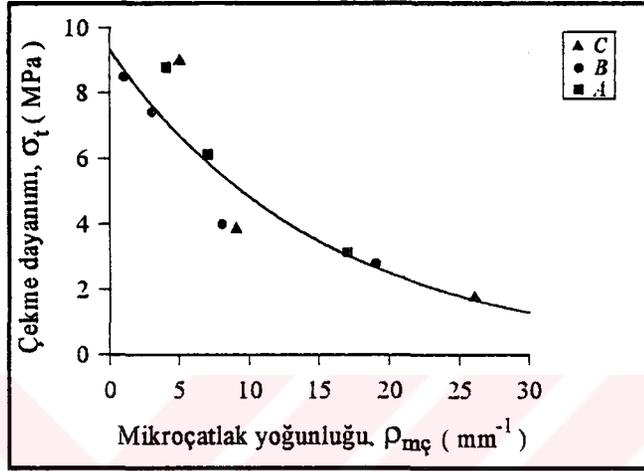
Şekil 50 : Çekme dayanımının petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi

Kuru birim hacim ağırlığın, tek eksenli basma dayanımına olduğu gibi çekme dayanımına da etkisi vardır. Ayrışma sonucu bazaltlardaki boşlukların artması ile birlikte kuru birim hacim ağırlık azalır. Kuru birim hacim ağırlığın azalması çekme dayanımını da düşürmektedir. Nitekim bu iki özellik arasındaki ilişki grafik üzerinde istatistiksel yöntemler ile sayısal olarak belirlenmiştir (Şekil 52).

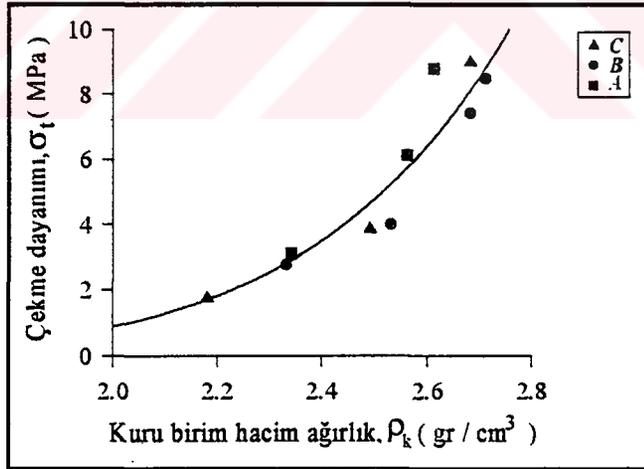
Buna göre çekme dayanımı ile kuru birim hacim ağırlık arasında doğrusal olmayan bir ilişki söz konusu olup,

$$\sigma_t = 4.5 \times 10^{-3} \rho_k^{7.6}, \quad r = 0.96$$

eşitliği elde edilmiştir. Bu ilişki de çekme dayanımının diğer fiziksel özelliklerle olan ilişkilerinde olduğu gibi yüksek korelasyon katsayısı vermesi nedeniyle kuvvetlidir.



Şekil 51 : Çekme dayanımının mikroçatlak yoğunluğu ile ilişkisi



Şekil 52 : Çekme dayanımının kuru birim hacim ağırlıkla ilişkisi

Araştırmada ayrıca çekme ve basma dirençlerinin ilişkileri de istatistiksel olarak belirlenmiştir. Şekil 53'te görüldüğü gibi her iki özellik arasında doğrusal bir ilişki söz konusu olup ;

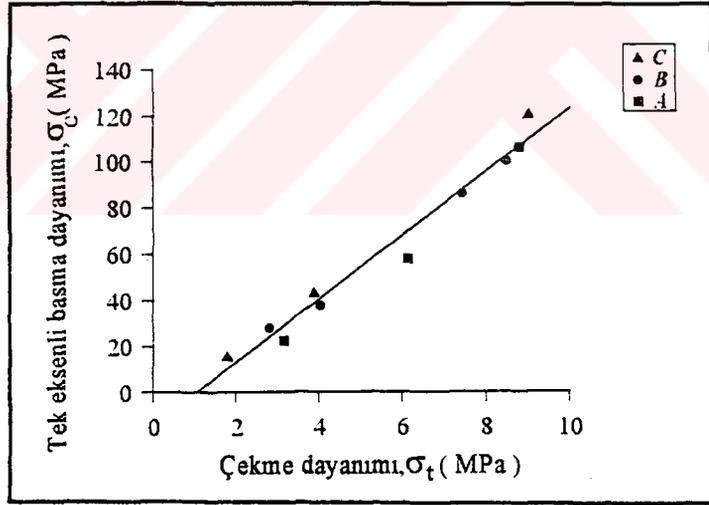
$$\sigma_c = 13.8 \sigma_t - 14.5, \quad r = 0.98$$

eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitlik genel olarak ;

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_t} = 13.8$$

şeklinde de ifade edilebilir. Her ne kadar GRIFFITH (1924) basınca dayanımla, çekmeye dayanım oranının 8 ve değişmez olduğunu öngörse de inceleme alanındaki bazaltlarda bu oran daha yüksektir. Bu durum tek eksenli basma deneyi sırasında çatlaklarda oluşan sürtünmeden kaynaklanmaktadır.

Ayrışmış bazaltların mekanik özellikleri araştırılırken aralarında kuvvetli bağımlılık bulunan bu iki özellikten sadece birinin belirlenmesi yeterli olabilmektedir.

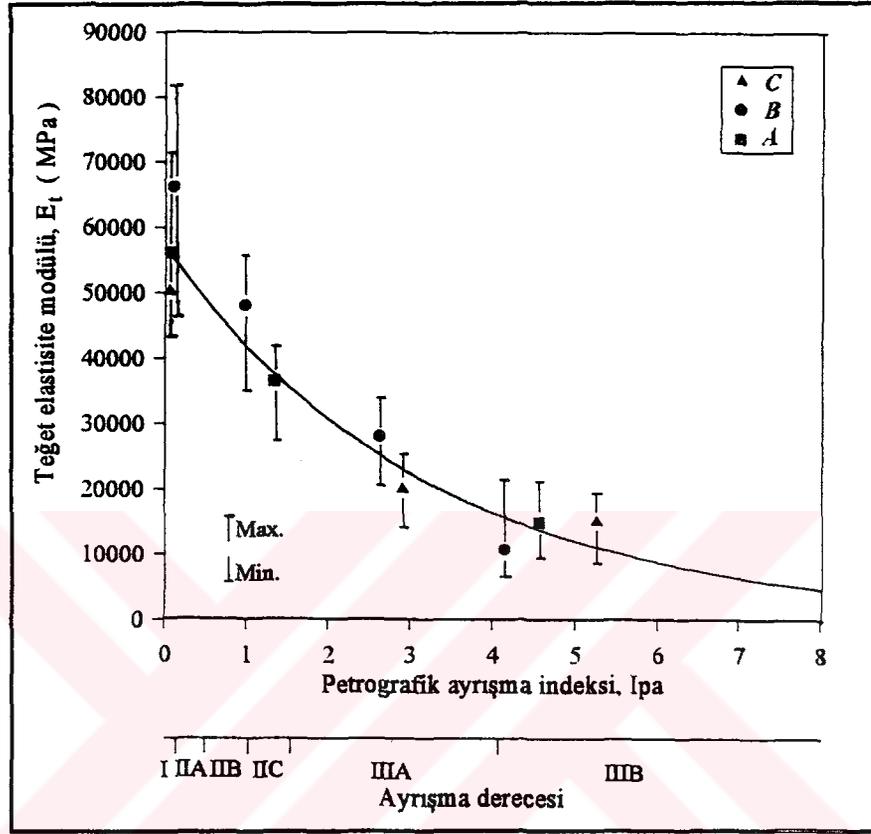


Şekil 53 : Çekme dayanımının tek eksenli basma dayanımı ile ilişkisi

3.4.7.3.2.3. Teğet elastisite modülünün ayrışma ile ilişkisi

Tek eksenli basma deneyleri sonucunda oluşturulan gerilme - birim deformasyon grafiklerinin eğimlerinden yararlanmak suretiyle teğet elastisite modülü değerleri belirlenmiştir (Çizelge 25). Bu

değerlerin petrografik ayrışma indeksi ve dolayısıyla ayrışma derecesi ile ilişkileri grafik üzerinde saptanmıştır (Şekil 54).



Şekil 54 : Teğet elastisite modülünün petrografik ayrışma indeksi ile ilişkisi

Grafikte görüldüğü gibi ayrışma derecesinin artması ile birlikte teğet elastisite modülünde, tek eksenli basma dayanımında olduğu gibi doğrusal olmayan şekilde bir azalma meydana gelmektedir. Bu ilişkinin eşitliği ;

$$E_t = 60000 e^{-0.3 Ipa} , \quad r = 0.95$$

şeklinde ifade edilmiştir.

Yine aynı grafikten belirlenen teğet elastisite modüllerinin ayrışma derecesi ile ilgili olarak değişim aralıkları da Çizelge 23 'te sunulmuştur. Şekil 54 ve Çizelge 25 'te görüldüğü gibi; farklı

derecelerde ayrılmış küçük fenokristalli bazaltlar en yüksek, iri plajiyoklas fenokristalli bazaltlar ise en düşük elastisite modülüne sahiptirler.

3.4.7.3.3. Ayrışma ürünü olarak gelişen rezidüel zeminlerin özellikleri

Çok fazla ayrılmış, tümüyle ayrılmış ve kalıntı toprak sınıfındaki malzemelerin indeks özelliklerini belirlemek amacıyla, inceleme alanındaki yarmalarda, yaklaşık 60 cm düşey ve 60 cm yatay yönde kazı yapılarak kazılan kesimin tabanına 5 cm çapında tüpler sürülmek suretiyle numuneler alınmıştır. Her ne kadar, çok ayrılmış kesimlerde çekirdek taşlarının arasında daneli malzeme gelişmişse de, bu kesimlerden tüp numunesi alınamamıştır. Bu numunelere ait elektron mikroskobu fotoğrafları *Foto 29, 30'* da sunulmuştur. Fotoğraflarda görüldüğü gibi bazaltların ayrışması ile gelişen rezidüel zeminlerdeki kil mineralleri gelişimlerini henüz tamamlamamışlardır.

Ayrışma sonucu gelişen rezidüel zeminlerin indeks özelliklerini belirlemek için ASTM (422 - 69)' a göre granülometri deneyleri ile ASTM (4318 - 93)' e göre likit ve plastik limit deneyleri yapılmıştır. İndeks özelliklerin dışında bu zeminlerin mekanik özellikleri ile birlikte boşluk suyu basınçlarının değişimlerini de belirlemek amacıyla ASTM (4767 - 88)' e uyularak konsolidasyonlu - drenajsız üç eksenli basma deneyleri (CIU) yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar ile rezidüel zeminlerin sınıflandırılmalarının yanısıra davranışları da ortaya konulmuştur.

İnceleme alanındaki bazaltların ayrışması ile gelişen rezidüel zeminlerin tüm özelliklerine aşağıda sırasıyla değinilecektir.

3.4.7.3.3.1. Rezidüel zeminlerin indeks özellikleri

Zeminlerde özellikle fiziksel ayrışma etkisi ile dane boyu küçüldükçe yüzey alanı artar. Yüzey alanındaki artma kimyasal ayrışmayı artırarak ön plana çıkarır (CAROLL, 1970). BAVER (1956)' in hesaplamalarına göre 1 cm^2 lik yüzeye sahip olan bir küp, birçok küp parçasına bölününce, ince kum boyutundaki (ortalama 0.125 - 0.25 mm çaplı) danelerin yüzey alanı 314 cm^2 , silt boyutundaki (ortalama 0.062 - 0.125 mm çaplı) tanelerin yüzey alanı 1570 cm^2 , kil boyutundaki ($< 62 \mu$) danelerin yüzey alanı 31416 cm^2 , kolloidal kil boyutundaki ($< 50 \mu$) danelerin yüzey alanı ise 628320 cm^2 olur. Bu yüzden kil boyutundaki ayrışma ürünlerinin kimyasal reaksiyonların gelişebileceği yüzey alanı ince kum boyutundaki danelerin yüzey alanından 100 kat fazladır. Bu olay ayrışmanın temellerinden birini oluşturmaktadır. Ayrışmanın son ürünlerindeki dane boyları, kimyasal



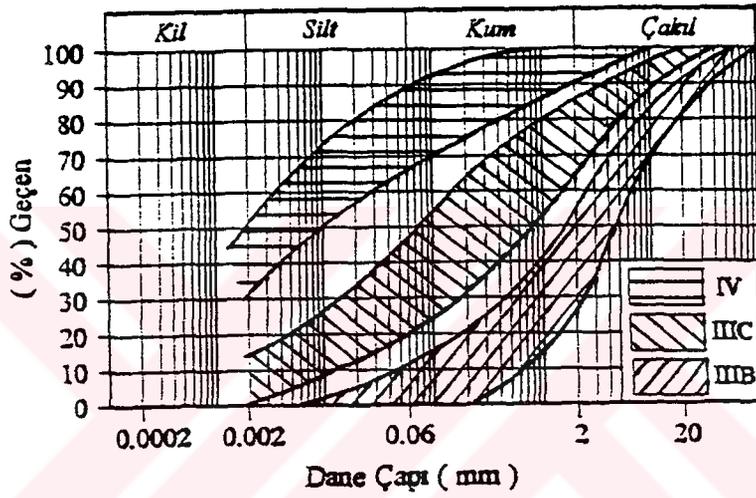
Foto 29 : Tümüyle ayrılmış küçük fenokristalli bazaltlardaki özşekilsiz taneler



Foto 30 : İri piroksen fenokristalli bazaltlara ait kalıntı toprak malzemesinde görülen karışık tabakalı killer

reaksiyonları arttırmalarının yanısıra bu malzemelerin mühendislik özelliklerini belirlemeleri ve sınıflandırılmaları açısından oldukça önemlidir.

Yukarıda belirtilen tüm özelliklerden dolayı bazaltlarda ayrışma ile gelişen rezidüel zeminlerin öncelikle granülometrik özellikleri belirlenmiştir. Elek ve hidrometre analizleri , çok fazla ayrışmış, tümüyle ayrışmış ve kalıntı toprak malzemelerinde yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar dane boyu dağılım eğrileri şeklinde gösterilmiştir (Şekil 55).

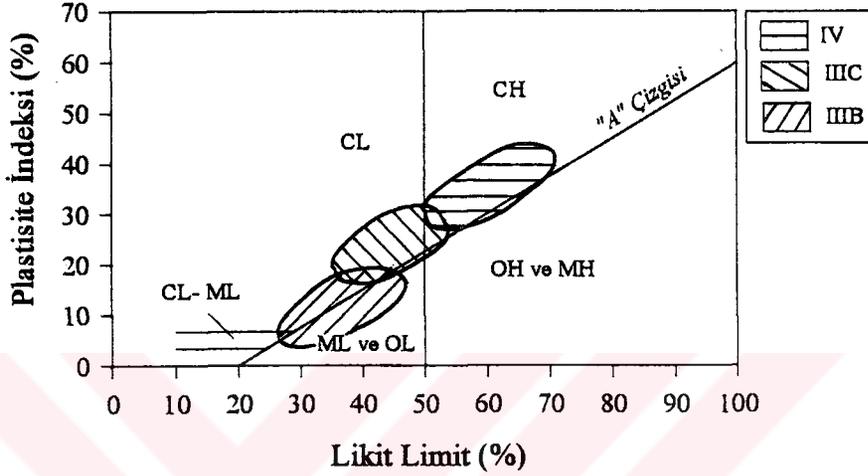


Şekil 55 : Rezidüel zeminlere ait dane boyu dağılımı

Şekilde görüldüğü gibi çok fazla ayrışmış malzemenin % 50' den fazla bir kesimini çakıl boyutunda malzeme oluştururken, tümüyle ayrışmış kesimde kum ve silt boyutunda, kalıntı toprakta ise kil boyutunda malzemeler çoğunluktadır.

Bazaltlar üzerinde gelişen rezidüel zeminlerin granülometrik özelliklerinin belirlenmesinin yanısıra, likit ve plastik limit değerleri de belirlenmiştir. Başta çok fazla ayrışmış malzemeler olmak üzere, tamamen ayrışmış malzemelerin de büyük kısmı plastik değildir. Deneylerden elde edilen veriler, CASAGRANDE (1948) nin geliştirdiği birleştirilmiş zemin sınıflama çizelgesine göre değerlendirilerek rezidüel zeminlerin sınıfı belirlenmiştir. Bu sınıflamaya göre çok fazla ayrışmış malzemeler genelde SM sınıfında, tamamen ayrışmış malzemeler SM - SC sınıfında, kalıntı toprak malzemeleri ise çoğunlukla ince daneli olup yer yer SC sınıfındadır. Ayrıca bu tür malzemelere ait ince daneli zeminler likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre plastisite kartında değerlendirilmiştir. Buna göre ince daneli

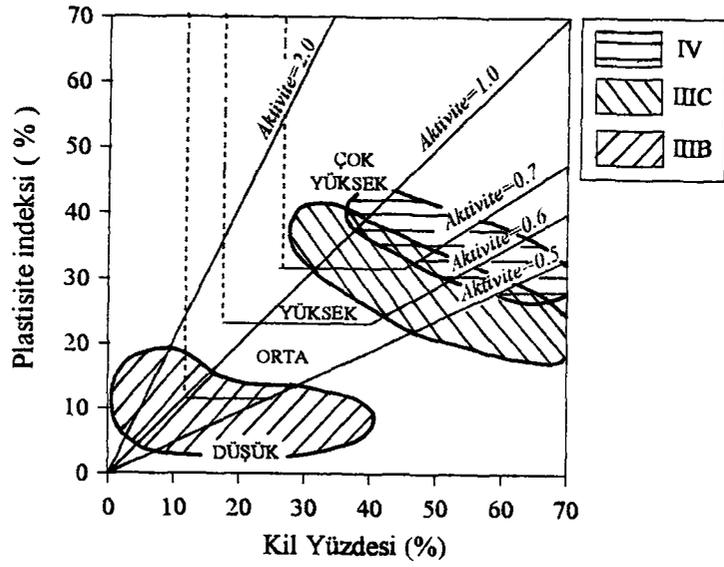
zeminler CL - ML ile ML - OL sınıfında, tümüyle ayrılmış malzeme gurubundaki ince daneli zeminler CL ve çok az oranda CL - ML sınıfında, kalıntı toprak gurubuna ait zeminler ise büyük oranda CH sınıfında yer almaktadır (Şekil 56).



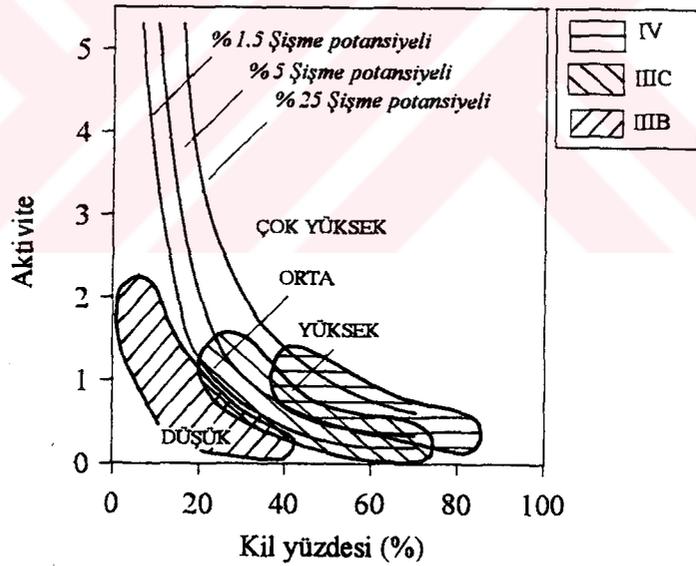
Şekil 56 : Ayırma sonucu gelişen ince daneli zeminlerin plastisite kartındaki yeri

Kıvam (Atterberg) limitlerinin yanısıra zeminlerin aktivite ve şişme potansiyelleri de belirlenmiştir. Killerin aktiviteleri, SKEMPTON (1963)' nun önerdiği abak yardımıyla belirlenmiş ve her ayırma sınıfındaki malzemelere ait değerler farklı alanlarla sınırlandırılmıştır (Şekil 57). Sonuçta çok fazla ayrılmış malzemelerin genelde düşük aktiviteli, tümüyle ayrılmış malzemelerin önemli bir bölümünün düşük ve orta aktiviteli, kalıntı toprak malzemesinin genellikle çok yüksek aktiviteli olduğu belirlenmiştir.

Zeminlerin şişme potansiyelleri de VAN DER MERWE (1964) tarafından verilen sınıflandırma abağı üzerinde değerlendirilmiştir (Şekil 58). Buna göre, çok fazla ayrılmış malzemeler ; düşük şişme potansiyelli, tümüyle ayrılmış malzemeler ; büyük oranda orta şişme potansiyelli daha az oranda da düşük ve yüksek şişme potansiyelli, kalıntı toprak malzemesi ise ; büyük oranda yüksek, kısmen de çok yüksek şişme potansiyellidir. Kalıntı toprak türündeki malzemelerin yüksek ve çok yüksek potansiyelli olmaları; bileşimlerindeki killerin X - ışınları kırınım analizleri sonuçlarına göre çoğunlukla montmorillonit türünde olmaları ve yerinde gelişmeleri ile ilgilidir.



Şekil 57: Bazaltların ayrışması ile gelişen rezidüel zeminlerin SKEMPTON, (1963)' un aktivite abağındaki dağılımı

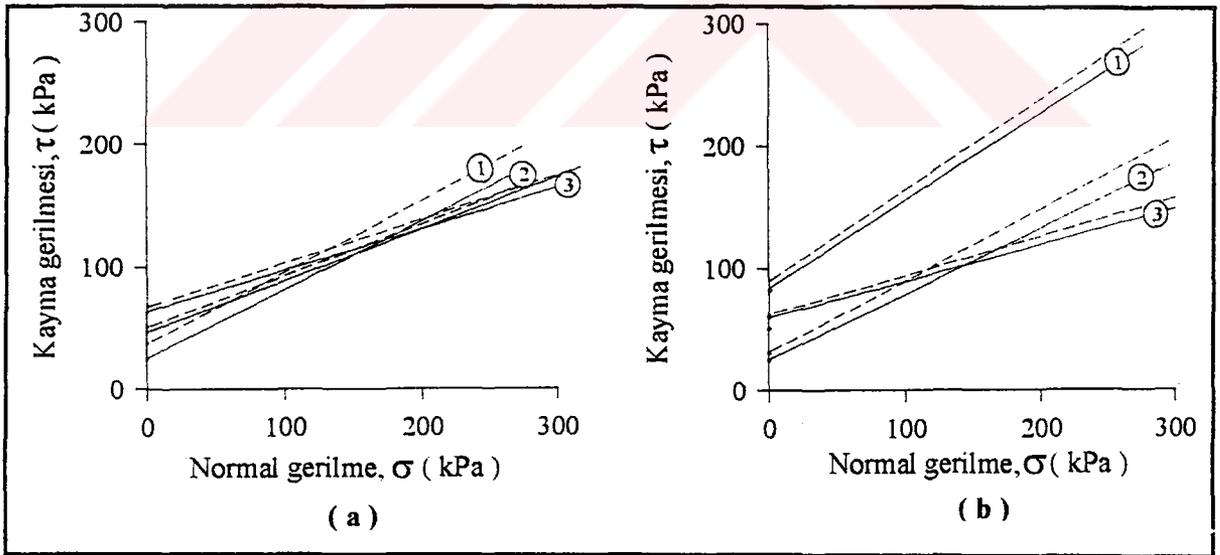


Şekil 58: Ayrışma ile gelişen rezidüel zeminlerin VAN DER MERWE (1964) sınıflandırma abağındaki dağılımı

3.4.7.3.3.2. Rezidüel zeminlerin mekanik özellikleri

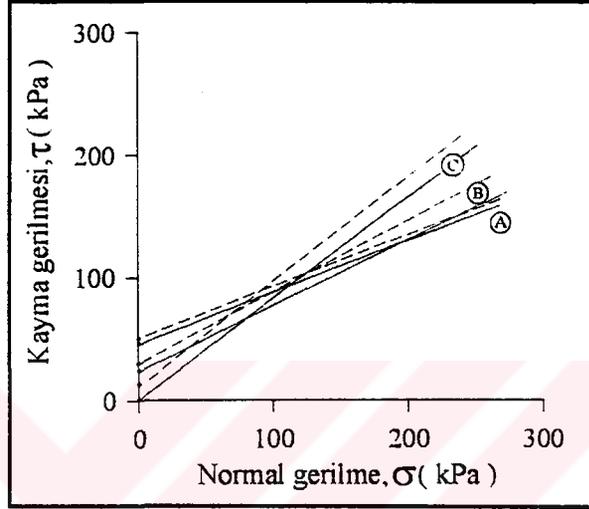
Kayaçlar zayıf çimentolu zemine ayrıştıkları zaman, dane sınırlarının açılmasının yanında mikrokırınlanma etkisi ile kohezyonlarının oldukça düşmesi ile birlikte içsel sürtünme açları da az

oranda düşer (BAYNES ve DEARMAN, 1978). Bu ayrışma safhasından sonra inceleme alanındaki rezidüel zeminlerin ayrışma derecesine bağımlı olarak mekanik özelliklerindeki değişimi belirlemek amacıyla laboratuvarında ASTM (4767 - 88)' ye göre konsolidasyonlu - drenajsız (CIU) üç eksenli basma deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler esnasında boşluk suyu basınçları, basınç ölçer (transducer) tarafından okunmuş ve elde edilen tüm veriler grafikler üzerinde değerlendirilmiştir. Farklı fasiyesteki bazaltlar üzerinde gelişen rezidüel zemin örnekleri üzerinde yapılan deneylerin sonuçları her ayrışma derecesi için yenilme zarfları çizilerek değerlendirilmiştir (Şekil 59 a,b). Bu yenilme zarflarından görüleceği gibi, iri plajiyoklas fenokristalli bazalt serisine ait çok fazla ayrılmış malzemeler en düşük kohezyon değerinin yanı sıra en yüksek içsel sürtünme açısına sahiptirler. Malzemede ayrışma arttıkça kohezyon değeri artmakta ancak içsel sürtünme açısının değeri düşmektedir. Bu da çok fazla ayrılmış malzemenin iri daneli, kalıntı toprağın ise ince daneli olmasının yanı sıra mineralojik değişimler ile danelerin kendi içerisinde zayıflaması ile ilgilidir. Çok fazla ayrışma derecesinden itibaren küçük çekirdek taşlarının dışındaki ayrılmış malzemede matriks ve daneler tamamen ayrılmış olup danelerin yüzeyi çoğunlukla ayrışma ürünleri ile kaplanmıştır. Bu olay ile içsel sürtünme açısı düşmektedir. BAYNES ve DEARMAN (1978), içsel sürtünme açısındaki bu düşmenin, minerallerin yuvarlaklığı ve daneler ile matriksin kenetlenmesinden çok mineral danelerinin yüzey pürüzlülüğünün ayrışma ile azalmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 59 : a) İri plajiyoklas fenokristalli, b) küçük fenokristalli, bazalt fasiyelerinde, çok fazla (1) ve tamamen ayrılmış (2) malzemeler ile kalıntı toprak malzemesine (3) ait yenilme zarfları

Ayrıca her üç fasiyese ait tamamen ayrıışmış numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre de iri piroksen fenokristalli bazaltlar üzerinde gelişen zeminin kohezyonsuz davrandığı görülmüştür (Şekil 60). Bu davranış kapiller kuvvetlerin kaybolması ile ilgilidir (LUMB, 1962). Diğer iki fasiyese ait tamamen ayrıışmış malzemeler üzerinde yapılan deney sonuçlarından da bu malzemelerin birbirine yakın kayma direnci parametrelerine sahip oldukları saptanmıştır.

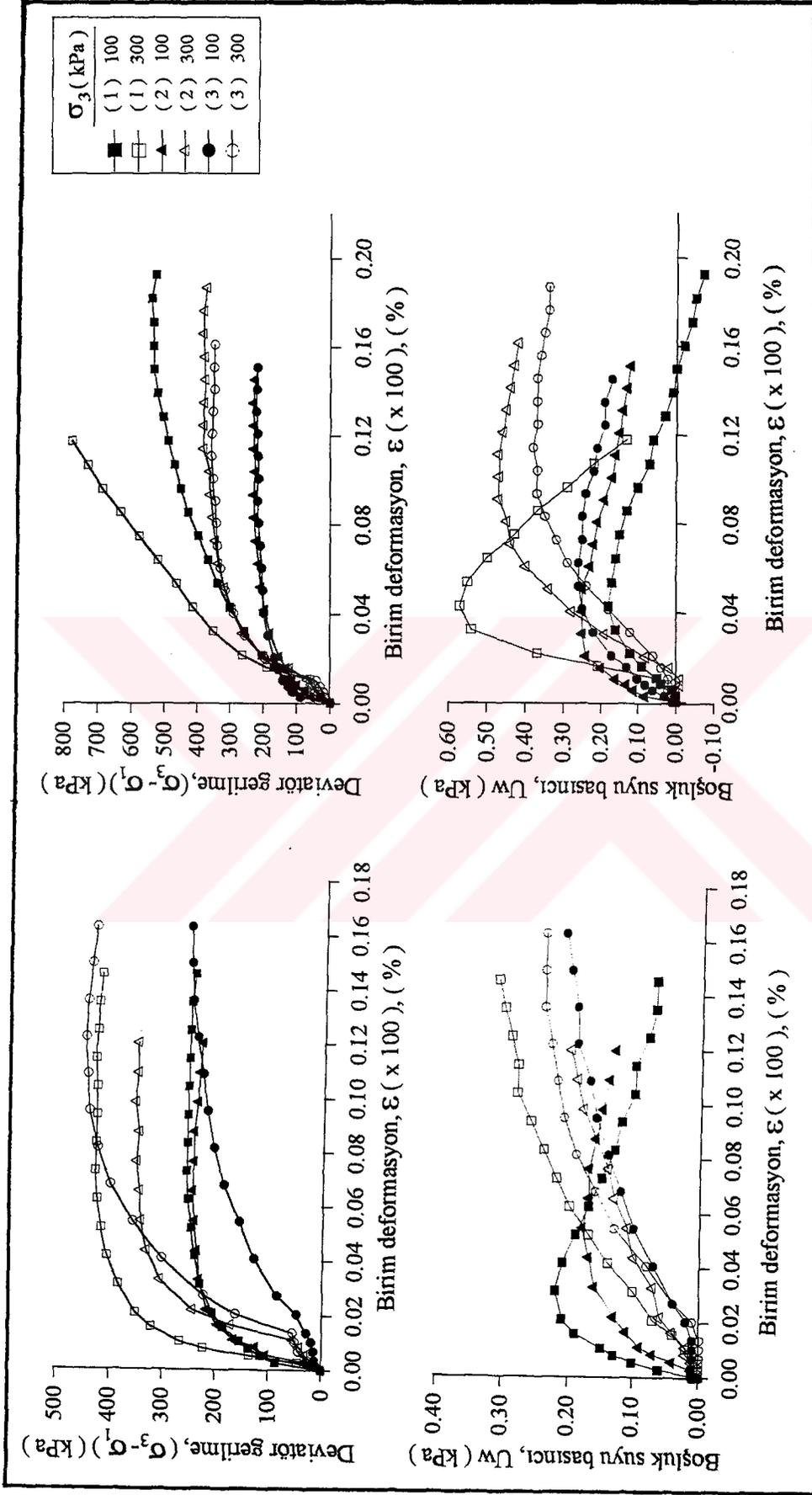


Şekil 60 : Her bir fasiyese ait tamamen ayrıışmış malzemelerin yenilme zarfları. (A: iri plajyoklas fenokristalli, B: küçük fenokristalli, C: iri piroksen fenokristalli, bazalt fasiyesleri)

Üç eksenli deneylerden elde edilen sonuçlar ; mohr diyagramlarının yanısıra, gerilme - birim deformasyon ve boşluk suyu basıncı - birim deformasyon eğrileri üzerinde de değerlendirilmiştir (Şekil 61 a,b ve 62). Bu diyagramlarda görüldüğü gibi az oranda ayrıışmış malzemeler diğerlerine oranla daha dayanımlıdır. Bunun yanında numunelerdeki boşluk suyu basınçlarının düşmesi ile birlikte deformasyon miktarları da büyük oranda artış göstermektedir.

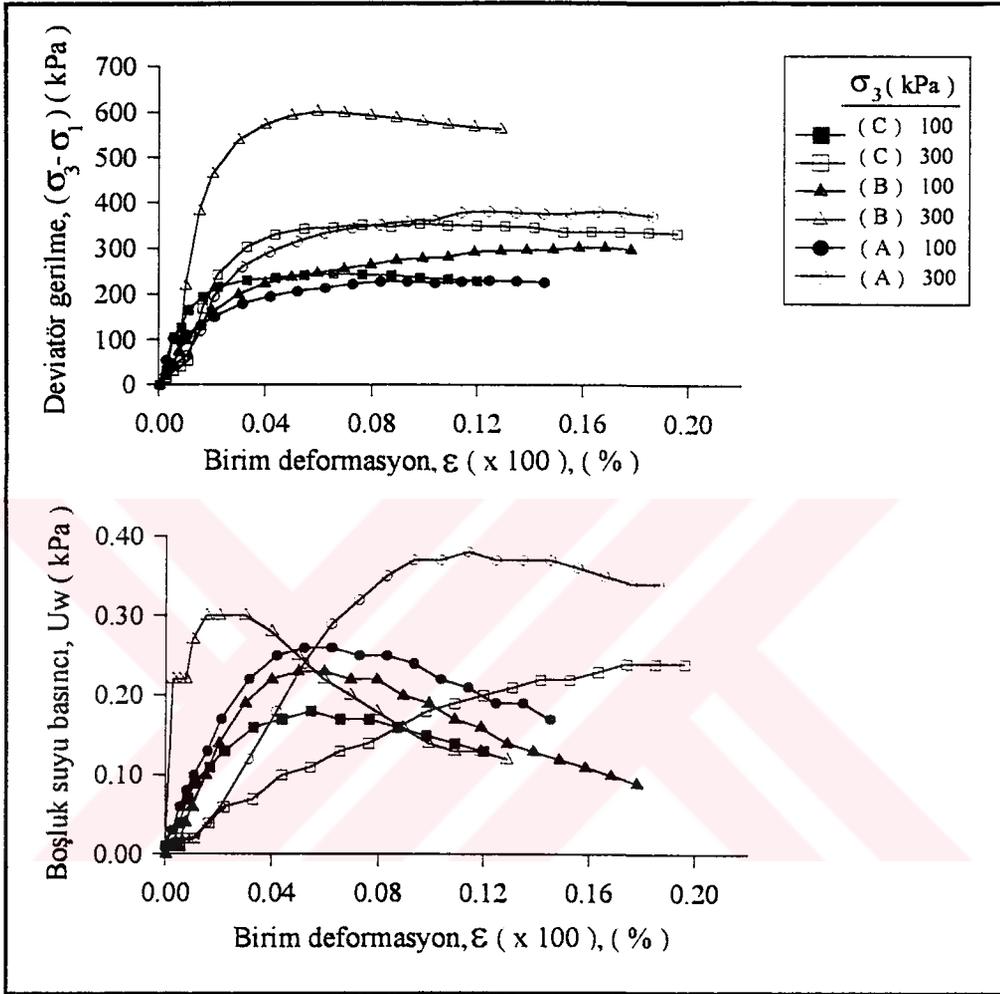
3.4.7.3.3. Boşluk suyu basınçlarının ayrıışma ile değişimi

Konsolidasyonlu - drenajsız (CIU) üç eksenli basma deneyleri sırasında boşluk suyu basınçlarının değişimi, farklı ayrıışma dereceleri için mikrofabrikteki değişimlerle ilgili ayrıntıları gösterir (BAYNES ve DEARMAN, 1978). Bu çalışmada mikrofabrikteki değişimler ile farklı ayrıışma



Şekil 61 : a) İri plajiyoklas fenokristalli b) Küçük fenokristalli bazaltlara ait çok fazla (1) ve tamamen ayrılmış (2) malzemeler ile kalınlık toprak (3) malzemelerinin gerilme - birim deformasyon ile boşluk suyu basıncı - birim deformasyon eğrileri

derecelerindeki malzemelerin konsolidasyon dereceleri hakkında yorum yapabilmek amacıyla boşluk suyu basınçları ölçülmüştür.



Şekil 62 : İnceleme alanındaki tüm bazalt fasiyeslerine ait tamamen ayrılmış malzemelerin a) gerilme - birim deformasyon, b) boşluk suyu basıncı - birim deformasyon eğrileri. (A : iri plajiyoklas fenokristalli, B : küçük fenokristalli C : iri piroksen fenokristalli, bazalt fasiyesleri)

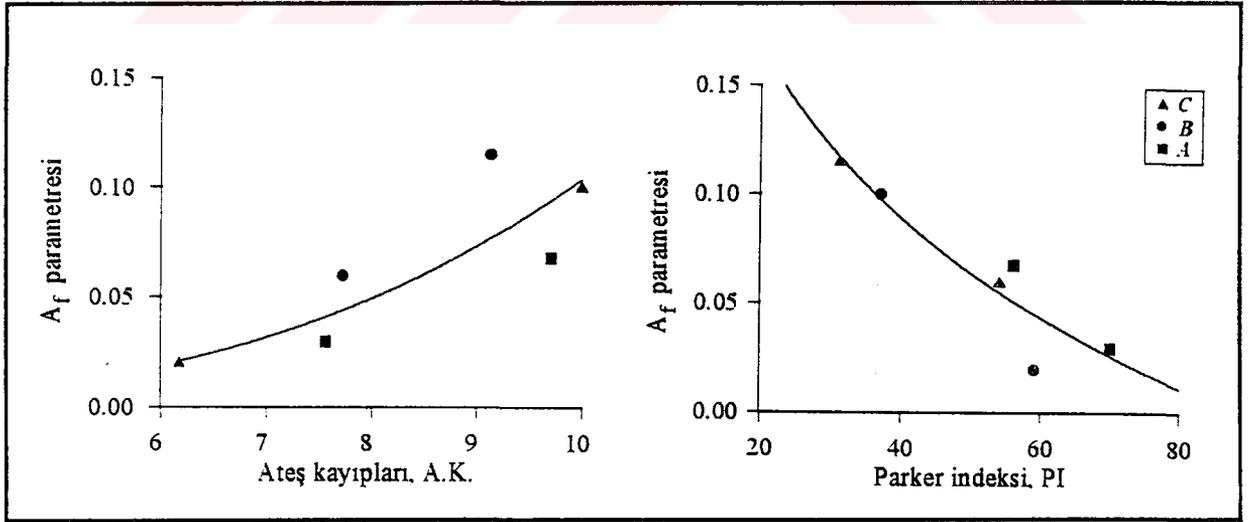
Boşluk suyu basınçlarındaki değişim miktarının, deviator gerilmedeki değişim miktarına oranı, SKEMPTON (1954) tarafından "A" parametresi olarak tanımlanmıştır. Yenilme anında bu değer (A_f), büyük oranda numunenin normal veya aşırı konsolide olması ile ilgilidir (BISHOP ve HENKEL, 1957). Bu olay mikrofabriğin temel karakterini yansıtır. Yenilme sırasında konsolidasyon meydana

gelip, boşluk suyu basıncının, dolayısıyla deneyler sonunda hesaplanan A_f değerinin pozitif değerler alması nedeniyle, örnekler normal konsolide zemin karakterine yakındır. CRAIG (1992)' in hazırladığı abağa göre; A_f parametresinin 0.003 - 0.14 arasında değişen değerler alması nedeniyle aşırı konsolidasyon oranları 3 - 4 arasında değişmektedir. Yine aynı araştırmacının yaklaşımı esas alındığında, inceleme alanındaki bazaltların ayrışması ile gelişen rezidüel zeminlerin 0 - 0.5 arasında değişen A_f değerlerine sahip olmaları nedeniyle düşük kompresibiliteli olabilecekleri düşünülmüştür. A_f parametresinin ayrışma ile ilişkisini belirlemek amacıyla bu parametre değerleri ile Parker indeksi ve ateş kayıpları arasında basit regresyon analizleri yapılarak :

$$A_f = 5 \times 10^{-5} AK^{3.3}, \quad r = 0.89$$

$$A_f = -0.11 \text{ Log} (PI) + 0.5, \quad r = 0.93$$

eşitlikleri elde edilmiştir. Bu eşitliklerde görüldüğü gibi A_f parametresi ile özellikle Parker indeksi arasında kuvvetli ilişki söz konusudur. Ayrışma ilerledikçe, Parker indeksinin azalmasına karşılık A_f parametresi artmakta, ateş kayıplarının artmasına karşılık ta A_f parametresi de artmaktadır (Şekil 63 a, b)



Şekil 63 : A_f parametresinin a) ateş kayıpları b) Parker indeksi ile değişimi

Çok fazla ayrışma derecesine ait zayıf çimentolu zeminde A_f parametresinin çok düşük olması; boşlukların sıkışma sırasında kapanması ve düşük hücre basınçlarında malzemelerin dayanımlarının yüksek olması ile ilgilidir. A_f değerinin pozitif olması ise özellikle çok fazla ayrışma sınıfındaki ayrışma ürünlerinin yer yer yüksek boşluk oranlarına sahip olmaları ile ilgilidir. Ayrıca ayrışma derecesinin artması ile birlikte A_f değerinin de artış göstermesi ; boşlukların artması dolayısıyla, yenilme sırasında, boşluk suyu basınçlarının, deviyör gerilmenin önemli oranını oluşturması ile açıklanabilir

3.4.8. Bazaltlardaki ayrışmanın mühendislikteki önemi

Mühendislik jeolojisi bölümünün girişinde de belirtildiği gibi, ayrışmanın, gerek malzeme yönünden, gerekse kütleli davranış yönünden mühendislik jeolojisindeki önemi büyüktür. Ayrışmanın mühendislikteki önemi aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir :

- (1) Malzeme araştırmaları yönünden ayrışmanın önemi
- (2) Kütleli davranış yönünden ayrışmanın önemi
 - (a) Ayrışma - erozyon ilişkisi
 - (b) Ayrışmanın şev duraylılığına etkisi
 - (c) Yeraltı kazılarında ayrışmanın önemi
 - (d) Kazı yönteminin ayrışma derecesine göre belirlenmesi

Yukarıda sıralanan maddelere aşağıda değinilmiştir.

3.4.8.1. Malzeme araştırmaları yönünden ayrışmanın önemi

Genelde yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan malzemelerde yüksek kalite arandığında, bazaltların taze veya çok az ayrışmış kayaç sınıfında olmaları gerekmektedir. Malzeme araştırmalarında kayaçların petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin malzemenin kullanım amaçlarına uygun deneyler ile desteklenmesi gerekir. İRFAN (1979), granit agregaları üzerinde uyguladığı mikropetrografik indekslerin, beton ve yol taşı için kullanılan agregaların sağlamlığını saptamakta uygulanan standart agrega deneylerinin sonuçları ile uyumluluk gösterdiğini belirtmiştir.

Mühendislik projelerinde çeşitli amaçlarla kullanılan bazaltlar kullanım süreçleri boyunca da bir takım ayrışma süreçlerinin etkisinde kalırlar. Fiziksel ayrışmanın dışında, kimyasal ayrışmanın da etkisi önemlidir. Özellikle yağışın bol olduğu inceleme alanının kuzeyinde bazaltların yapı malzemesi olarak kullanılması durumunda kimyasal etkenlerin bu kayalara etkisinin ayrıntılı araştırılması gerekmektedir.

3.4.8.2. Kütlesel davranış yönünden ayrışmanın önemi

Ayrışma kaya kütlelerinin davranışını belirleyen önemli parametrelerden biridir. Bu çalışmada kaya kütlelerindeki ayrışma değerlendirilirken aşağıdaki durumlar göz önüne alınmıştır :

- (a) Ayrışma derecesinin çok kısa mesafelerde farklılıklar sunması nedeniyle, inceleme alanı, ayrışma derecelerine göre as ayrılmıştır. Bu ayrımlar yapılırken her as alanda en çok gözlenen ayrışma derecesi dikkate alınmıştır.
- (b) Petrografik araştırmalar, IIIA ve IIIB ayrışma zonları için çekirdek taşları üzerinde gerçekleştirilmiştir.
- (c) Deneysel çalışmalar, IIIB ayrışma zonuna kadar ; orijinal kayaç ve çekirdek taşları üzerinde, IIIB ayrışma zonunda ; çekirdek taşları ve ayrık malzemenin her ikisinde, IIIC ve IV ayrışma zonlarında ise ; ayrık malzemeler üzerinde yürütülmüştür. Her ne kadar IIIA ayrışma zonunda ayrık malzemeler yoğunlukta olsa da, buradaki çekirdek taşlarının büyük boyutlu olmaları nedeniyle zemin araştırmaları için tüp örneği alınamamıştır. Bu amaçla bu zondaki araştırmalar çekirdek taşları üzerinde yapılmıştır. Nitekim kimyasal araştırma sonuçlarına göre, bu zondaki ayrık malzemeler ile çekirdek taşlarının bileşimi birbirine yakındır.
- (d) Geçiş zonu niteliğinde olan özellikle IIIA ve IIIB ayrışma zonlarında ayrık malzemenin egemen olmasından dolayı bu zonlar için yapılan genel değerlendirmelerde, çekirdektaşlarının yanısıra ayrık malzeme özellikleri de dikkate alınmıştır. Sonuçta, kütlenin davranışını büyük oranda ayrık malzemeler etkileyecektir.

Birçok araştırmada, kaya kütleleri değerlendirilirken kayaların tek eksenli basma dayanımları ve süreksizlik sıklıkları dikkate alınmıştır (JOHN, 1962; FRANKLIN vd., 1971; BIENIAWSKI, 1989). Buna göre, bu araştırmada incelenen farklı ayrışma derecelerindeki bazaltlar JOHN (1962)' nin

hazırladığı kaya kütlesi dayanım sınıflamasına göre değerlendirilmiş (Şekil 64) ve taze bazaltların sağlam, çok az ve az ayrılmış bazaltların orta derecede sağlam, diğerlerinin de zayıf oldukları belirlenmiştir. Ayrıca yine aynı sınıflama üzerinde görüldüğü gibi çok fazla ayrılmış bazaltların kırılmış ve parçalanmış kesimleri ile tamamen ayrılmış bazaltlar ve kalıntı toprakta zemin mekaniği prensipleri, diğerlerinde ise kaya mekaniği prensipleri geçerlidir.

KAYA SINIFLAMASI			TEK EKSENLİ BASMA DAYANIMI σ_c (MPa)	ÇATLAKLANMA								
Bu Araştırma	Sınıf	Tanımlama		Sık	Geniş	Kapalı	Çok kapalı	Kırılmış ve milanitlemiş	Çatlak ara uzaklığı (d)			
				1000cm	200	100	20	10	2	1	0.5	0.1
I	I	Sağlam	100									
II.A												
II.B												
II.C	II	Orta derecede sağ- lam, az ayrılmış	50									
III.A												
III.B	III	Zayıf ve ayrılmış	20									
III.C	? IV	Tamamen ayrılmış	10									
IV			2									

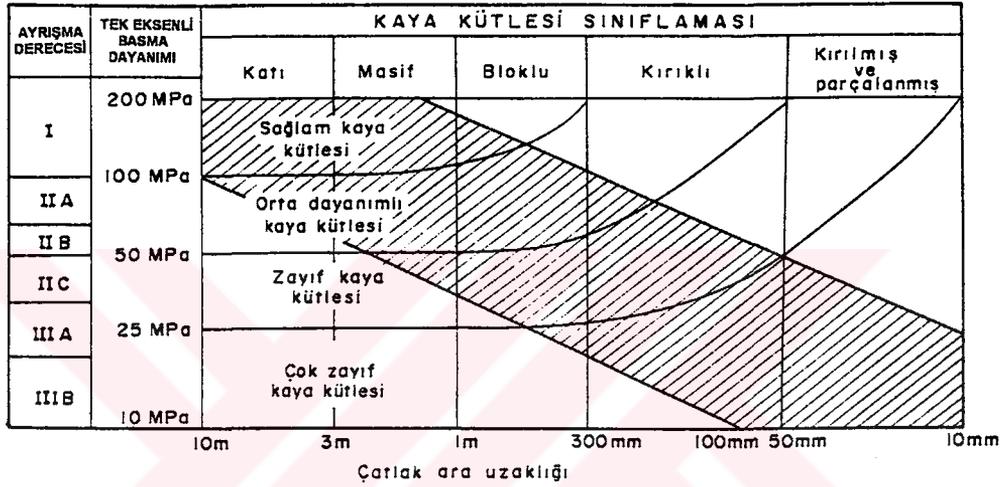
Şekil 64 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların JOHN (1962) sınıflamasına göre değerlendirilmesi

Yine değişik ayrışma derecelerindeki bazaltlara ait tek eksenli basma dayanımları ile çatlaklar arası uzaklık değerleri BIENIAWSKI (1989)'nin geliştirdiği kaya kütlesi sınıflaması üzerinde değerlendirilmiş ve bunların ayrışma ile değişen dayanım sınırları taralı alan içerisinde gösterilmiştir (Şekil 65). Bu sınıflamaya göre IIIB ayrışma derecesindeki ; bazaltlar çok zayıf, IIIA ayrışma derecesindeki bazaltlar ; çok zayıf ve zayıf, IIIC ayrışma derecesindekiler ; zayıf, IIA ve IIB ayrışma derecelerindeki bazaltlar ise ; orta dayanımlı ve sağlam kaya kütlelerini oluştururlar. Ancak bölgede tektonik aktivitenin etkin olması nedeniyle bazaltların ; özellikle Niksar Çevreyolu güzergahındaki kısıtlı alanlarda az ve orta derecede ayrılmış olmasına rağmen, kırılmış ve parçalanmış kesimleri de mevcut ise de, bu alanlar genel değerlendirmeye dahil edilmemiştir.

3.4.8.2.1. Ayrışma - erozyon ilişkisi

Kuzey Anadolu Fay zonunun içinden geçtiği inceleme alanı, yer hareketlerinin (tektonizma ve kütle hareketleri) çok etkin olduğu, yükselme, aşınım ve dolgu düzlükleri dışında, olgun veya yarı

olgun topoğrafyanın bulunmadığı, tersine genç jeomorfolojik birimlerin bulunduğu bir alandır. Kuvaterner öncesi ve Kuvaternerde gelişen tektonik olaylar, alanın morfolojisini belirlerken günümüzde etkisini sürdüren sismik aktivite morfolojide değişmelere neden olmaktadır. Genç yükselmelerden dolayı bölgenin morfolojisi henüz olgunlaşmamıştır. Yamaçlar dik ve suların aşındırma kuvveti yüksektir. Kısa sürede düşen sağanak yağışların büyük bir bölümü hızla yüzeysel akışa geçmekte ve gittikçe hızını artırarak büyük bir aşındırıcı güce sahip olmaktadır (ERDEM, 1987).



Şekil 65 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların BIENIAWSKI (1989) kaya kütleşi sınıflamasına göre değerlendirilmesi

İnceleme alanında fay zonlarının dışında, kalın toprak zonları gelişmemiştir. Bunun nedeni erozyon ile üstteki ayrışmış malzemenin taşınması sonucu alttaki kayacın açığa çıkması ve açığındaki kayacında zemine dönüşebilmesi için yeterli sürenin geçmemesidir. Bitki örtüsü, genelde belirli bir derecede ayrışmış kayacın üzerindeki bitkisel toprakta gelişmiştir. Ancak özellikle inceleme alanının kuzey kesimlerinde yer yer farklı tipte rezidüel toprak gelişimleri vardır. Genelde kalınlığı az olan bu topraklar, karbonatsız kahverengi orman toprakları, kestane rengi topraklar, kahverengi topraklar ile sık sık gözlenen yüksek dağ çayır topraklarıdır (ERDEM, 1987). Bu toprak tipleri erozyon açısından değerlendirilecek olursa ; karbonatsız kahverengi topraklarda organik madde az olup tamamında önlem alınmasını gerektiren erozyon mevcuttur. Karbonatsız kahverengi orman topraklarında da erozyon sorunu vardır. Kestane rengi topraklarda, humifikasyona uğramış organik madde birikmesi, eriyebilir tuz birikmesi toprağın toprak içi canlılar tarafından örselenmesi gibi toprak özelliklerine

rastlanmakta ve bu topraklarda ciddi erozyon sorunu ortaya çıkmaktadır. Kahverengi toprakların tabii durumunda toprak yüzü kısmen çıplak olup bunlar orta derecede erozyona uğramıştır. İnceleme alanının özellikle Kuzey kesimlerinde sık rastlanılan yüksek dağ çayır toprakları ise önlem almayı gerektiren eğim ve yetersiz derinliğe sahiptir.

Ayrışma ve erozyon birbirini geliştiren iki olaydır. İnceleme alanındaki yoğun erozyon, kalın toprak gelişmelerini engellemesinin yanısıra oluşturduğu jeolojik yük azalması ile yüzeyde topoğrafyaya paralel çatlaklar geliştirmiştir. Bu çatlaklar, yağış sularının yeraltına süzülmesini kolaylaştırmaları nedeniyle ayrışmayı arttırmışlardır. Buna karşın, ayrışma sonucu zayıflayan bazaltlar da kolayca erozyona uğramışlardır. Öte yandan, ayrışma ile gelişen rezidüel zeminler yağış ve yüzeyel akışın etkisi ile diğer zeminlere oranla daha hızlı bir yüzey erozyonuna maruz kalmaktadırlar.

3.4.8.2.2. Ayrışmanın şev duraylılığına etkisi

Ayrışma nedeniyle mineraller arasındaki bağlar zayıflar ve sonuçta parçalanma ve ufalanma meydana gelir. Ayrışma ile birlikte su ve diğer faktörler de heyelanların oluşumuna sebep olur. Kaya şevlerinde gelişen ayrışma profilleri, yamaçları oluşturan birimlerin dayanım ve geçirimsizlik karakteristiklerini değiştirirler. Böylece yamacın yenilmeye karşı hassasiyetini artırırlar. Çatlak, fay v.b. jeolojik yapılar da bunlara ek olarak yamacın stabilitesini azaltırlar. Bunların yanında, inceleme alanında yaygınca görülen süreksizliklerin çoğu ayrışma etkisi ile belirginliklerini yitirmiştir. Bu tip kalıntı süreksizlikler kolay ayırt edilmezse bunların sınırladığı blokların kayması söz konusu olabilir.

İnceleme alanında, Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltlarda şev duraysızlıkları, kütleli kaymalar ve dökülmeler şeklindedir (Foto 31, 32). Kütleli kaymalar çoğunlukla fayların etkisi ile gelişen kalın, kalıntı toprak zonları ve tümüyle ayrılmış kesimde meydana gelmektedir. Bunun dışında fayların kontrol etmediği, büyük oranda ayrışmanın etkisi ile oluşan kütleli kaymalar da mevcuttur. Dökülmeler ise genelde çok ayrılmış ve çok fazla ayrılmış zonlarda gelişmekle birlikte özellikle yaz aylarında tümüyle ayrılmış ve kalıntı toprak malzemesinde de meydana gelmektedir. İnceleme alanında her iki yol güzergahı boyunca görülen şev duraysızlığı ve bunların dağılımı ayrışma haritaları üzerinde gösterilmiştir (Şekil 28 a, b). Bu haritalarda görüldüğü gibi kütleli kaymalar büyük oranda kalıntı toprakta, daha az oranda ise çok fazla ve tümüyle ayrılmış bazaltlarda gelişmektedir. Kütleli kaymalar ayrışmanın dışında fayların etkisiyle de oluşmaktadır. Özellikle inceleme alanının kuzeyinde sık rastlanılan dökülmeler ise çoğunlukla çok fazla ve çok ayrılmış nadiren de tümüyle ayrılmış bazaltlarda görülmektedir.

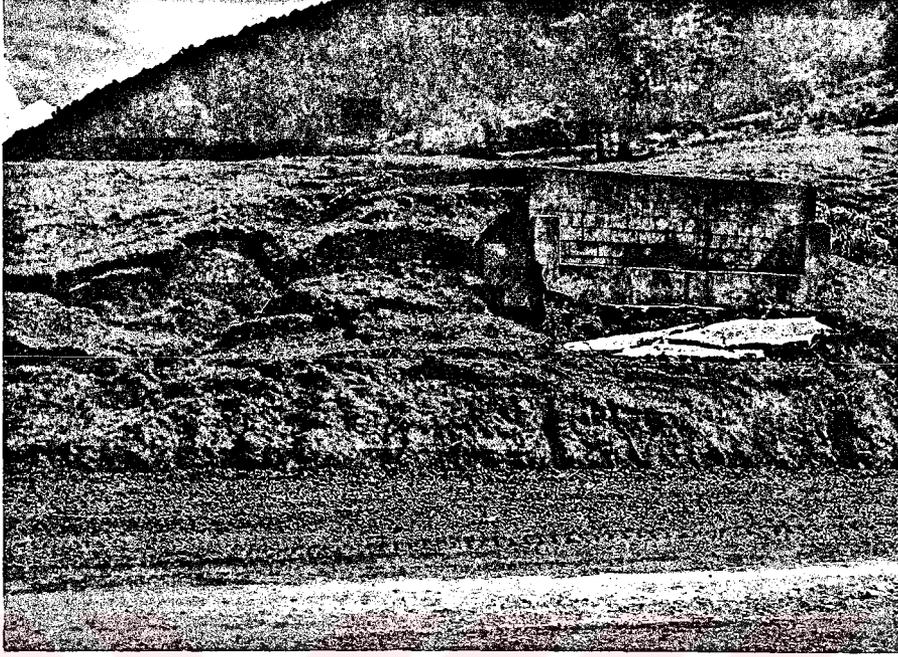


Foto 31 : Tifi deresi yakınında fay etkisi ile gelişmiş kalın toprak zonundaki kütleli kaymalar



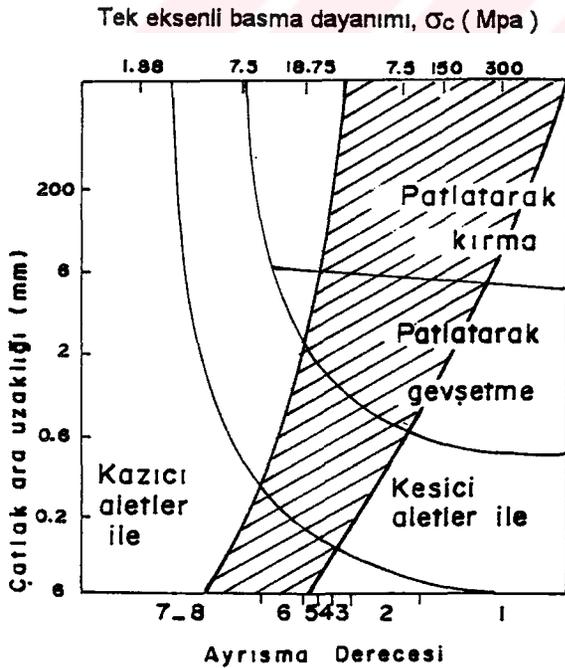
Foto 32 : Küçük fenokristalli bazaltların ayrışması sonucu gelişen kütleli kaymalar

3.4.8.2.3. Yeraltı kazılarına ayrışmanın etkisi

İnceleme alanındaki ayrışma zonu derinliğinin çok fazla olmaması sebebiyle, bu alanda yapılabilecek yeraltı kazılarının büyük bölümü taze, çok az ve az ayrışmış zonlarda gerçekleştirilecektir. Böylece inceleme alanındaki bazaltlarda kalın ayrışma zonları, genellikle fay zonları boyunca görüldüğünden, çoğun buralarda önem kazanacaktır. Ayrışma ayrıca bu kayaçlarda yeraltı kazıları sırasında tavandan dökülme ve düşmelere neden olabilecektir.

3.4.8.2.4 Kazı yönteminin belirlenmesinde ayrışmanın önemi

Kayaçların kazılabilirliği, başta litoloji, çatlak yoğunluğu ve ayrışma derecesi olmak üzere bunlara bağımlı olan tüm mühendislik özellikleri ile ilgilidir. Nitekim, DEARMAN vd. (1978), çatlak yoğunluğu ile tek eksenli basma dayanımı değerlerinden yararlanmak suretiyle kaya kütlelerinin kazılabilirliğini tahmin amacıyla bir diyagram geliştirmişlerdir (Şekil 66). Bu diyagram üzerine inceleme alanındaki çeşitli ayrışma derecelerindeki bazaltların çatlak aralıkları ile tek eksenli basma dayanım değerleri taralı alan içinde gösterilmiş ve bunların kazılabilirlikleri hakkında ön fikir edinilmiştir. Buna göre bu çalışmada incelenen, taze ve çok az ayrışmış bazaltlarda patlatma ile, çok az ve az ayrışmış bazaltlarda patlatma ve kesici aletler ile, çok fazla ayrışmış bazaltlarda kesici ve kazıcı aletler ile, diğer ayrışma zonlarında ise kazıcı aletlerle kazı yapmanın uygun olacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 66 : Farklı ayrışma derecelerindeki bazaltların ; çatlak aralıkları ve tek eksenli basma dayanım değerleri ile DEARMAN v.d. (1978)'e göre kazılabilirliklerinin tahmini (1 : I, 2 : IIA, 3 : IIB, 4 : IIC, 5 : IIIA, 6 : IIIB, 7 : IIIC, 8 : IV ayrışma sınıflarına aittir.)

IV- TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada, Niksar yöresindeki Eosen yaşlı Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltların özelliklerinde, ayrışma sonucu meydana gelen değişimler nedenleri ile birlikte ortaya konulmuştur. Elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda özetle verilmiştir.

1) İnceleme alanında, Hasanşeyh formasyonunun, Mudurnu, Bilecik, Vezirhan formasyonları ile olan ilişkileri faylı, Kusuri formasyonu ile uyumlu, Yolüstü formasyonu ile de yer yer uyumsuz ve faylıdır.

2) İnceleme alanı, yeraldığı bölgenin tektonik evrimi ile ilgili olarak birçok yapısal hareket geçirmiştir. Kuzey Anadolu Fay Zonu ve kuzeyinde yer alan inceleme alanında karmaşık kırık sistemi mevcuttur. Faylar, üç sınıfta değerlendirilmiştir. Bunlar; Kuzey Anadolu Fayına koşut faylar, Kuzey Anadolu Fay zonunu enine kesen faylar ile muhtemelen daha önceki dönemlerde gelişen diğer faylardır. Özellikle ana fay zonları arasında kalan kesimlerde kaya kütleleri yer yer tamamen parçalı ve kırıklıdır.

3) Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltlar kendi aralarında makroskopik olarak üç guruba ayrılmıştır. Bunlar; iri plajioloklas fenokristalli, küçük fenokristalli ve iri piroksen fenokristalli bazaltlardır.

4) Niksar çevreyolu güzergahının Ladik - Niksar - Bereketli Fay zonu içerisinde yer almasından dolayı, bu güzergahtaki kayalar, Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahında yer alanlara oranla daha kırıklı ve yer yer parçalanmış yapıdadır. Bu sebeple, Niksar çevreyolunda ayrışma daha etkin olup yüzeyden 50 metreye kadar ulaşabilmektedir.

5) Ayrışmanın gelişmesinde önemli bir rolü olan çatlaklar, oluşumları açısından, beş guruba ayrılmıştır. Bunlar; birincil çatlaklar, tektonik kökenli çatlaklar, ayrışma çatlakları, patlatma çatlakları ve küresel ayrışma kabuklarıdır.

6) İnceleme alanındaki bazaltlar, fiziksel parçalanmaya uğramalarının yanısıra kimyasal ve

biyolojik ayrışma ile hidrotermal alterasyona da uğramışlardır. Bu ayrışma türleri sürekli etkileşim halinde olup, biri diğerinin etkisini arttırmaktadır. Ancak, bunların kayaç üzerindeki etkileri inceleme alanında lokal olarak farklılıklar göstermektedir.

7) Kimyasal analiz sonuçlarına göre, ayrışma derecesi arttıkça, bazaltların bileşimindeki SiO_2 , CaO , Na_2O ve K_2O ' nun azaldığı MgO ' nun ise artmış olduğu saptanmıştır.

8) Yüzeyde bitkisel toprağın dışında, Niksar Çevreyolu güzergahında az ayrışmış başta olmak üzere, çok az ve çok ayrışmış kesimler çoğunluktadır. Kuzeydeki Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahında ise çok ayrışmış başta olmak üzere tümüyle ayrışmış ve az ayrışmış kesimler egemendir.

9) Bu incelemede araştırılan bazaltlar için yeni bir ayrışma sınıflaması geliştirilmiş ve bu sınıflamaya göre bazaltlardaki ayrışma sekiz sınıfa ayrılmıştır. Sınıflamada kullanılan ölçütler; kayaç kütlelerinin rengi, dokusu, kaya - zemin oranı, çekirdek taşlarının varlığı ve bunların renkleri ile şekillerinin yanısıra, süreksizlik yüzeylerinin rengi ve kayacın sertliğidir.

10) Bazaltların ayrışması çatlaklar boyunca başlayarak, çatlakların ayırdığı bloklar, kimyasal olarak kile dönüşüncüye kadar devam etmektedir. Üzerinde çalışılan bazaltlardan iri piroksen fenokristalli olanlar ayrışmaya en yatkın olanlardır. Bu durum iri piroksenlerin varlığı ile diğerlerine oranla daha fazla volkanik cam içeriği ile açıklanabilir.

11) İnceleme alanında, olgunlaşmış ayrışma profili ender olarak gelişmiştir. Üstteki toprak örtüsünün genelde aşınmış olması nedeniyle daha altındakiler yüzeylenerek, ayrışma ve dolayısıyla aşınmaya maruz kalmıştır. Aşınma ilerledikçe ayrışma profili yeni topoğrafya yüzeyine uygun olarak değişmekte ve ayrışma profilinin üst kesimleri vadilere doğru eğim kazanmaktadır. Bu yüzden ayrışma profili çoğunlukla düşey yönden çok radyal olarak yamaçların kenarına doğru değişim göstermektedir.

12) Petrografik incelemelerde, ayrışmayı sayısal olarak ifade edebilmek amacıyla petrografik ayrışma indeksi (İpa) tanımlanmıştır. Bu indeks inceleme alanındaki bazaltların ayrışma derecelerini belirleyici bir indeks olarak kullanılabilir.

13) Bazaltlardaki ayrışma, mineralojik değişime bağlı olarak tanımlanabildiği gibi, bünyelerindeki makro ve mikroçatlak yoğunluğu ile de ifade edilmiştir. Mikroçatlak yoğunluğu

($\rho_{m\phi}$) ile petrografik ayrışma indeksi (I_{pa}) arasında;

$$\rho_{m\phi} = 3.7 I_{pa} + 2.4$$

eşitliği ile ifade edilen doğrusal bir ilişkinin varlığı saptanmıştır.

14) Kimyasal bileşim değişimlerinin ayrışma ile ilişkisini ortaya koymak amacıyla hesaplanan kimyasal indekslerden, Parker indeksi (PI) bazaltlardaki ayrışmanın artması ile birlikte düzenli bir değişim göstermesinden dolayı, bunların ayrışma koşullarını belirlemenin yanısıra diğer araştırmalara ışık tutması açısından uygulamada kullanılabilir. Bundan başka ateş kayıpları ($A.K.$) da

$$A.K. = 0.9 I_{pa} + 3$$

$$PI = - 5.6 I_{pa} + 88$$

eşitlikleri yardımıyla ayrışma derecesini belirleyici bir parametre olarak kullanılabilir.

15) Bazaltlarda ayrışma ilerledikçe fiziksel özelliklerden kuru birim hacim ağırlık (ρ_k) azalmakta, porozite (n) ve geçirimsizlik katsayısı (k) ise artmaktadır. Mekanik özelliklerden ise tek eksenli basma dayanımı (σ_c) , çekme dayanımı (σ_t) ve elastisite modülünde (E_t) azalma meydana gelmektedir. Bu parametrelerden özellikle kuru birim hacim ağırlık, porozite ve tek eksenli basma dayanımı arasında,

$$\rho_k = - 0.09 I_{pa} + 2.7$$

$$n = 1.35 e^{0.4 I_{pa}}$$

$$\sigma_c = 110 e^{-0.4 I_{pa}}$$

eşitlikleri ile ifade edilen anlamlı ilişkiler söz konusu olup, ayrışma derecesini sayısal olarak belirlemek amacıyla uygulamalarda kullanılabilir.

16) Bazaltlar taze iken az veya çok az gözeneklidir. Özellikle ayrılmış bazaltlardaki poroziteyi mikroçatlaklar ile tane içinde, matriks - tane arasında ve matriks içindeki boşluklar oluşturmaktadır. Bazaltlar taze iken az veya çok az gözeneklidir. En az ayrılmış iri plajiolklas fenokristalli bazalt örneğinde, 40 - 300 µm çapındaki makrogözenekler, en fazla ayrılmış örnekte ise 0.001 - 0.004 µm çapında mikrogözenekler çoğunluktadır. Diğer fasiyes türlerinde de aynı durum söz konusudur.

17) Ayrışma sonucu, artan mikroçatlak yoğunluğu ($\rho_{m\check{c}}$) ile ilgili olarak, değişen fiziksel özelliklerden kuru birim hacim ağırlık (ρ_k), porozite (n) ve geçirimsizlik katsayısı (k) değerleri aşağıdaki eşitlikler ile belirlenebilir.

$$\rho_k = -0.02 \rho_{m\check{c}} + 3$$

$$n = 1.35 e^{0.1 \rho_{m\check{c}}}$$

$$k = 2.8 \times 10^{-9} e^{0.2 \rho_{m\check{c}}}$$

18) Ayrışma ile porozitenin yanısıra geçirimsizlik katsayısı da değişir. Bazaltlar için her iki özellik arasında,

$$k = 5 \times 10^{-9} e^{0.2 n}$$

eşitliği geçerlidir.

19) Ayrışma sonucu, mekanik özelliklerden tek eksenli basma dayanımı, mikroçatlak yoğunluğu, kuru birim hacim ağırlık ve porozite ile ilgili olarak büyük oranda değişir. Bu değişim, aşağıdaki eşitlikler ile belirlenebilir.

$$\sigma_C = 110 e^{-0.08 \rho_{m\check{c}}}$$

$$\sigma_C = 10^{-5} \rho_k^{16.7}$$

$$\sigma_C = 134 n^{-0.8}$$

20) Çekme dayanımının, mikroçatlak yoğunluğu ve kuru birim hacim ağırlık ile ilişkisi önemlidir. Bu özellikler arasındaki ilişkiler aşağıdadır.

$$\sigma_t = 9 e^{-0.07 \rho_{m\phi}}$$

$$\sigma_t = 4.5 \times 10^{-3} \rho_k^{7.6}$$

21) Bazaltlara ait tek eksenli basma dayanımı (σ_c) ile çekme dayanımı (σ_t) arasında aşağıdaki ilişkinin varlığı saptanmıştır.

$$\sigma_c = 13.8 \sigma_t - 14.5$$

22) Elek ve hidrometre analizi sonuçlarına göre; çok fazla ayrılmış malzemenin % 50' den fazla bir kesimini çakıl boyutunda malzeme oluştururken, tümüyle ayrılmış kesimde kum ve silt boyutundaki malzemeler ve kalıntı toprakta ise kil boyutundaki malzemeler çoğunluktadır.

23) Çok fazla ayrılmış malzeme gurubuna ait ince daneli zeminler CL - ML ile ML - OL sınıfında, tümüyle ayrılmış malzeme gurubundaki ince daneli zeminler CL ve çok az oranda CL - ML sınıfında, kalıntı toprak gurubuna ait zeminler ise büyük oranda CH sınıfındadır.

24) Çok fazla ayrılmış malzemelerin genelde düşük aktiviteli, tümüyle ayrılmış malzemelerin büyük çoğunluğunun düşük ve orta aktiviteli, kalıntı toprak malzemesinin ise çoğunlukla çok yüksek aktiviteli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çok fazla ayrılmış malzemeler düşük, tümüyle ayrılmış malzemeler büyük oranda orta, daha az oranda düşük ve yüksek, kalıntı toprak malzemesi ise büyük oranda yüksek, daha az oranda ise çok yüksek şişme potansiyellerine sahiptir.

25) Konsolidasyonlu - drenajsız üç eksenli basınç deneyleri sonuçlarına göre; iri plajiyoklas fenokristalli bazalt serisine ait çok fazla ayrılmış malzemeler en düşük kohezyon değerinin yanısıra en yüksek içsel sürtünme açısına sahiptirler. Daneli malzemelerde ayrışma arttıkça kohezyon değeri artmaktadır. Bu da çok fazla ayrılmış malzemenin iri daneli, kalıntı toprağın ise ince daneli olmasının yanısıra mineralojik değişimler ile danelerin kendi içerisinde zayıflaması ile ilgilidir.

26) Ayrışmanın bazaltlardaki etkileri düzenli bir şekilde artmadığından ayrışma derecelerinin ve bununla ilgili olarak mühendislik parametrelerinin değişimini saptamak için, ayrışmanın petrografik indeksler veya porozite gibi ayrışma ile oldukça değişim gösteren fiziksel parametrelerden yararlanma gereği vardır.

27) İnceleme alanındaki yoğun erozyon, kalın toprak gelişimlerini engellemesinin yanısıra, oluşturduğu jeolojik yük azalması ile yüzeyde topoğrafyaya paralel çatlakları geliştirmiştir. Ayrışma ile gelişen rezidüel zeminler, yağış ve yüzeysel akışın etkisi ile diğer zeminlere oranla daha hızlı bir yüzey erozyonuna maruz kalmaktadır.

28) Araştırma alanındaki şev duraysızlıkları, kütleli kaymalar ve dökülmeler şeklindedir. Kütleli hareketler çoğunlukla fayların etkisi ile gelişen kalın, kalıntı toprak zonları ile tümüyle ayrılmış kesimde oluşmaktadır. Ayrıca büyük oranda ayrışma ve suyun etkisi ile oluşan kütleli kaymalar da mevcuttur. Dökülmeler ise çoğun çok ayrılmış ve çok fazla ayrılmış zonlarda gelişmekle birlikte, özellikle yaz aylarında, tümüyle ayrılmış ve kalıntı toprak malzemesinde de gelişebilmektedir.

29) Ayrışma zonu derinliğinin çok fazla olmaması nedeniyle, inceleme alanında yapılabilecek yeraltı kazılarının büyük bölümü, taze, çok az ve az ayrılmış kesimlerde gerçekleştirilecektir. Kalın ayrışma zonları genellikle fay zonları boyunca görüldüğünden yeraltı kazılarına ilişkin olası sorunlar ancak bu faylı kesimlerde önem kazanacaktır.

30) Bu sınıflamada esas alınan kazı sınıflamasına göre, inceleme alanındaki taze ve çok az ayrılmış kayaç gurubunda ve yine çok az ve az ayrılmış kayaçlarda çoğun patlatma ile , yer yer süreksizlik yoğunluğu ile ilgili olarak kesici aletler ile, çok fazla ayrılmış zona kadar genelde kesici ve kazıcı aletlerle, diğer ayrışma zonlarında ise kazıcı aletlerle kazı yapmanın uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

V. ÖZET

NIKSAR YÖRESİNDEKİ BAZALTLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE AYRIŞMANIN ETKİLERİ

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji programında doktora tezi olarak hazırlanan bu araştırmanın amacı; Ayrışmanın, Niksar yöresindeki bazaltların mühendislik özelliklerine etkilerinin değerlendirilmesidir. Bu amaca yönelik yürütülen arazi çalışmaları ile Niksar ve dolayının 1 / 25 000 ölçekli jeoloji harita ve enine kesitlerinin yanısıra, ayrıntılı araştırmaların gerçekleştirildiği Niksar Çevre yolu ile Ünye - Akkuş - Niksar yol güzergahları için 1 / 2000 ölçekli ayrışma haritaları hazırlanmıştır.

İnceleme alanı, Tokat ili sınırları içinde, Niksar ve Akkuş ilçeleri arasında yer almakta ve yaklaşık 209 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Canik dağlarının güney eteklerinde yer alan bu alan, kısmen tektonizmaya, kısmen de litolojiye bağımlı olarak engebeli bir morfolojiye sahiptir. Niksar - Akkuş dolayında yanıtropikal (Akdeniz iklimi) ile nemli orta enlem iklimlerine geçiş iklimi etkindir.

Çalışma alanındaki en yaşlı kayaç grubunu, Alt - Orta Jura yaşlı Mudurnu formasyonu oluşturmaktadır. Volkanik kaya elemanlı çakıl taşları ile başlayan bu birim, kumtaşı, çamurtaşı, tuf, aglomera ve mamlardan oluşan karışık bir seri görünümündedir. Mudurnu formasyonu ile uyumlu olan Bilecik kireçtaşı ise Orta Jura - Alt Kretase yaşlı olup, çört yumrulu kireçtaşları ile temsil edilir. Bilecik kireçtaşının üzerinde uyumsuz olarak Üst Kretase yaşlı kireçtaşı - killi kireçtaşı - mam ve tuf ile temsil edilen Vezirhan formasyonu yer alır. Bu formasyonun üzerinde yine uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı kumtaşı, kumlu killi kireçtaşı, kıltaşı ve mamlardan oluşan Kusuri formasyonu bulunmaktadır. Kusuri formasyonu, üzerinde bulunan Hasanşeyh formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Bu formasyon bazalt, aglomera, otoklastik breş, tuf, tüffit, kumtaşı ve mamlardan oluşur. Bölgenin faylanma tektoniği ile ilgili olan Yolüstü formasyonu, altında bulunan Hasanşeyh formasyonu ile ilişkisi yer yer uyumsuz ve faylıdır. Kelkit vadisi boyunca geniş alanlarda görülen ve Niksar ovasını dolduran aüvyon ise Kelkit ırmağı ve yan kollarının taşıdığı tutturulmamış veya gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kilden oluşur.

Kuzey Anadolu Fay Zonu ve bu zonun kuzeyinde yer alan inceleme alanı, bölgenin genel tektonik yapısına uygun olarak ileri derecede kırıklı ve faylıdır. Faylar, Kuzey Anadolu Fay Zonuna koştur ve fay zonunu enine kesen faylar ile diğerleri olmak üzere, üç grup altında incelenmiştir. Alanda karmaşık bir kırık sistemi mevcuttur. Özellikle ana fay zonları arasında kalan kesimlerde yoğun çatlak düzlemleri gelişerek kayaç kütleleri yer yer tamamen parçalı - kırıklı bir hal almıştır.

Araştırmaların üzerinde gerçekleştirildiği Hasanşeyh formasyonuna ait bazaltlar, kendi aralarında makroskopik olarak üç fasiyese ayrılarak incelenmiştir. Bunlar; iri plajyoklas fenokristalli bazaltlar, küçük fenokristalli bazaltlar ve iri piroksen fenokristalli bazaltlardır.

İnceleme alanının, tektonik açıdan aktif bir bölge içinde yer alması, bu alandaki ayrışmada jeolojik yapının önemini arttırmıştır. Araştırmaların gerçekleştirildiği, Niksar çevreyolu güzergahının Ladik - Niksar - Bereketli Fay Zonuna yakın yer almasından dolayı, bu güzergahtaki kayaçlar Ünye - Akkuş - Niksar karayolu güzergahında yer alan kayaçlara oranla daha kırıklı ve yer yer parçalanmış durumdadır. Çatlaklar oluşumları açısından beş guruba ayrılmış olup; birincil çatlaklar, tektonik kökenli çatlaklar, küresel ayrışma kabukları, ayrışma çatlakları ve yapay (patlatma vd.) çatlaklar şeklinde değerlendirilmiştir.

Bazaltlarda, ayrışmaya bağlı olarak gelişen zonlar, genellikle topoğrafya yüzeyine paraleldir. kalıntı toprak, ayrışmış ve ayrışmamış kayaç seviyelerinden oluşan ayrışma profili, topoğrafik açıdan arazinin yüksek kesimlerinde korunmuştur.

Araştırma konusu olan bazaltlar, fiziksel parçalanma ile birlikte kimyasal ve biyolojik ayrışmanın yanında hidrotermal alterasyona da uğramışlardır. Birbirleri ile sürekli etkileşim halinde olan bu ayrışma türlerinin etkisini birbirinden ayırmak oldukça güçtür. Fiziksel ayrışma, kayaçta kütleli gevşemenin yanısıra, önceden var olan çatlakların büyümesine, süreksizlik sayısının artmasına ve ayrıca kayacın parçalanma ve ufalanmasına sebep olmuştur. Bunun sonucunda hacim ve yüzey alanında artış, dane boyunda ise küçülme gözlenmiştir. Bazaltların çoğunlukla, ayrışmaya karşı duraylılığı az olan minerallerden oluşması, ayrışabilirliklerini arttırmıştır. Kimyasal ayrışma ile bu kayaçlardaki SiO_2 , CaO , Na_2O ve K_2O azalmış, MgO ise artmıştır.

Araştırmalarda, taze kayaya genelde yol yarmalarında rastlanılmıştır. Topoğrafya, tektonizma etkileri, yeraltısuyu kotu ve iklimin çok kısa mesafelerde değişmesinden dolayı, ayrışmanın her yerde aynı gelişmediği ve farklı derinliklere ulaştığı görülmüştür. Niksar çevreyolu güzergahında, yüzeyde bitkisel toprağın dışında, az ayrışmış kesimler başta olmak üzere, çok az ve çok ayrışmış

kesimler çoğunluktadır. Kuzeydeki Ünye - Akkuş - Niksar yolu güzergahında ise çok ayrılmış kesimler başta olmak üzere, tümüyle ayrılmış ve az ayrılmış kesimler çoğunluktadır.

Arazi verilerine göre, inceleme alanındaki bazaltlar için yeni bir ayrışma sınıflaması geliştirilmiş ve bu sınıflamaya göre, bazaltlardaki ayrışma sekiz sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflama oluşturulurken kullanılan ölçütler; kaya kütleinin rengi, dokusu, "kaya / zemin" oranı, çekirdek taşlarının bulunması, bunların renkleri ve şekilleri ile birlikte süreksizlik yüzeylerinin özellikleridir.

Bazaltlardaki ayrışmayı sayısal olarak ifade etmek amacıyla petrografik ayrışma indeksi tanımlanmış ve bu indeks her ayrışma derecesindeki örnekler için belirlenmiştir. Bunun yanısıra, önceki araştırmacıların geliştirdikleri mikroçatlak yoğunluğu ile kimyasal indeksler de kullanılmıştır. Petrografik ve kimyasal indekslere ek olarak, fiziksel ve mekanik özellikler de belirlenmiştir. Deneylelerden elde edilen değerler basit regresyon analizleri yapılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve aralarındaki ilişkinin önem derecesi araştırılmıştır. Buna göre, bazaltların ayrışma dereceleri arttıkça, kuru birim ağırlıkları ile çekme dayanımlarının doğrusal olarak azaldığı, porozite ile geçirimsizlik katsayılarının doğrusal olmayan bir şekilde arttığı, tek eksenli basma dayanımları ile teğet elastisite modüllerinin ise doğrusal olmayan bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir.

Çok fazla ayrılmış, tümüyle ayrılmış ve kalıntı toprak malzemeleri üzerinde yapılan granülometri deneylelerinden elde edilen sonuçlara göre; çok fazla ayrılmış malzemelerin % 50' den fazla bir kesimini çakıl boyutunda malzemelerin, tümüyle ayrılmış kesimlerin çoğunu kum ve silt boyutundaki malzemelerin, kalıntı toprak malzemelerini ise çoğun kil boyutundaki malzemelerin oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre; çok fazla ayrılmış malzemeler genelde SM, tamamen ayrılmış malzemeler SM - SC, kalıntı toprak malzemeleri ise çoğun ince daneli olup yer yer SC sınıfında yer almaktadır. Plastisite abağında ise, çok fazla ayrışma derecesindeki malzemelere ait ince daneli zeminler CL - ML ile ML - OL sınıfında, tümüyle ayrılmış malzeme gurubundaki ince daneli zeminler CL ve çok az oranda CL - ML sınıfında, kalıntı toprak gurubundakiler ise çoğun CH sınıfındadır. Öte yandan, çok fazla ayrılmış malzemelerin çoğun düşük aktiviteli - düşük şişme potansiyelli, tümüyle ayrılmış malzemelerin genelde düşük ve orta aktiviteli - orta, düşük ve yüksek şişme potansiyelli, kalıntı toprak malzemesinin ise çoğun çok yüksek aktiviteli - yüksek ve çok yüksek şişme potansiyelli olduğu saptanmıştır. Yine aynı malzemeler üzerinde yapılan konsolidasyonlu - drenajsız üç eksenli basma deneylelerinin sonuçlarına göre, çok fazla ayrılmış malzemelerin, tamamen ayrılmış ve kalıntı toprak malzemelerine oranla daha dirençli ve daha düşük kompressibiliteli oldukları belirlenmiştir.

Ayrıca üzerinde çalışılan bazaltların ayrışma ürünlerinin gözlenen davranışları ve bazı mühendislik parametreleri esas alınarak, çalışma alanında yapılacak değişik amaçlı mühendislik projelerinde karşılaşılması olası sorunlar özetle tartışılmıştır.



SUMMARY

THE EFFECTS OF WEATHERING ON THE ENGINEERING PROPERTIES OF BASALTS IN THE NIKSAR REGION

This research was prepared as a Ph.D thesis in the Applied Geology program at the Graduate Institute and the Geological Department of the Istanbul University. The main scope of the research is to determine the effect of weathering on the engineering properties of basalt rocks in the Niksar region, besides a 1/25000 scaled geological mapping. A 1/2000 scaled detailed weathered rocks mapping project was carried out along the Niksar surrounding roads and Ünye-Akkuş-Niksar highway alignment.

The area of study is located within the boundaries of Tokat province and between Niksar and Akkuş counties. Its surface area is approximately 209 km². The area situates on the Southern slopes of Canik mountains and it has an irregular land morphology depending on the lithology and the tectonics of the region. Around Niksar and Akkuş counties, the climatic condition is subtropical and it changes to the middle latitude climate with the humidity.

The oldest rock stratum is the Lower and Middle Jurassic aged Mudurnu formation in the study area. At the bottom level, this stratum has gravel derived from the volcanic rocks and in the field it appears as a complex series that consists of sandstone, mudstone, tuff, agglomerate and marl. The Bilecik limestone with chert nodules has a conformity with the Mudurnu formation. The age of these deposits is Middle Jurassic and Lower Cretaceous. Upper Cretaceous aged Vezirhan formation disconformably rests upon Bilecik limestone. Vezirhan formation comprises limestone, clayey limestone, marl and tuff. Middle Eocene aged Kusuri formation consists of sandstone, sandy clayey limestone, claystone and marl. These deposits disconformably locate at the top of Vezirhan formation. In the area, at some places lateral and at the others vertical transitions exist between the Kusuri formation and the Hasanşeyh formations. The main rock types, which are basalt, agglomerate, autoclastic breccia, tuff, tuffite, sandstone and marl constitute Hasanşeyh formation. Depend on the fault tectonics of the region; Hasanşeyh formation shows partly unconformed partly faulted relation with the overlying Yolüstü formation. Alluvial deposits cover the large areas along the Kelkit valley as well as the Niksar plane. This alluvium is composed of uncemented, loose or cemented gravel, sand and clay deposits, which were transported by the Kelkit river and its branches.

The study area is extremely fractured and faulted depends on the general tectonic system of the region. The faults in the area are divided in three groups, which are; faults parallel to the North Anatolian Fault Zone, faults crossing the North Anatolian Fault Zone, and the others. It shows a complex fracture system. Due to having dense joint planes at the some sections of the area, particularly between the main fault zones, the rocks are partially and at some places completely fractured.

The basalt in the Hasanşeyh formation has been investigated by dividing it into three facies. These are basalt with coarse plagioclase phenocrystals, basalt with fine phenocrystals and basalt with coarse pyroxene phenocrystals.

In point of the active tectonic in the study area, the geological structures came into prominence for the weathering processes. The rocks along the Niksar surrounding road alignment have more fractures than the out crops along the Ünye - Akkuş - Niksar highway alignment, due to the Niksar road runs along the Ladik-Niksar-Bereketli Fault Zone. Depending on their genesis, fractures were divided in five groups; primary fractures, fractures have tectonic origins, exfoliation fractures, weathering fractures and artificial (blasting) fractures.

The weathering zones are generally parallel to the topographical surface. According to the relief conditions, weathering profile, which consists of residual soils, weathered and unweathered rock levels, is protected in the areas where the elevation is high.

The basalt rocks that are the main topic of this research have been subjected to the physical disintegration together with the chemical and biological weathering and hydrothermal alteration. Establishing their effect on the rock is quite difficult since, there has been an interaction between these different weathering processes. The physical disintegration caused the loosening the mass, enlarging of the previous fractures, increasing the amount of the discontinuities, crumbling and breaking down of the rock into small pieces. As the result of these phenomena, while the volume and surface area of the rock have increased, the grain size of the rock has decreased. The abundance of the unstable minerals in the basalt reduces the rock strength. In these rocks the amounts of the SiO₂, CaO, Na₂O and K₂O have diminished while the amount of MgO rose with chemical weathering.

It has been observed that, dissimilar weathering effects reach down to different depths of the fresh rocks cropped-out at the cut areas of the roads. The reason behind this is the differentiated effects of the topography, tectonics, groundwater, and microclimate. Along the Niksar ring road, besides the top soil, range of the weathered rocks are; slightly weathered, relatively unweathered and extremely weathered respectively. On the other hand, to the North, along the Ünye-Akkuş-Niksar

highway the largest quantity of weathered rocks belongs to the extremely weathered group. The others, which follow the above group are completely and slightly weathered sections respectively.

Considering the data obtained from the field, a new weathering classification system has been developed for the basalt rocks. According to this classification, the basalt rocks are divided in eight classes. During the preparation of this classification system, the criteria, which were taken into consideration are; the color and the texture of the rock masses, the "rock/soil" ratio, existence of the corestones and their color, shapes together with the features of the discontinuities.

To give a quantitative description to the weathering degrees in the basalt rocks, petrographical weathering index was distinguished for the each sample, which was effected in different rates by the weathering processes. Apart from this index, microfracture density and chemical indexes, which were determined by the previous researchers were used to test the accuracy of the new classification system. In addition to the petrographical and chemical indexes, physical and mechanical properties were evaluated. The experimental data were turn to account by using statistical regression analysis and the importance of the relation between these data was investigated. The result of the statistical analysis proves that while the degree of weathering increases, the dry density and the tensile strength of the rock decreases linearly. The porosity and the permeability coefficients increase with non linear relation and the unconfined pressure strength, tangent modulus elasticity of the rock decreases with a non linear relationship.

In accordance with the results of the grain size distribution tests, which were carried out on the extremely and completely weathered rocks and on the residual soils, the following characteristics were obtained. The extremely weathered rocks contain more than 50% gravel size. The completely weathered rocks consist of mostly sand and silt size material and the residual soils are composed of mostly clay size material. According to the United Soil Classification system, the extremely weathered materials are generally in the SM group. The completely weathered materials are SM-SC type soils and the residual soils, which have mostly fine materials are partially in the SC group. On the plasticity chart, fine grained part of the extremely weathered materials are CL-ML and ML-OL type soils and fine grain part of the completely weathered group are CL class soils but rarely they are in the CL-ML classes. Finally, the residual soils are in the CH group on the plasticity chart. On the other hand, it was defined that, the extremely weathered materials mostly show low activity and low swelling potential. The completely weathered materials generally give low to moderate activity and low to high swelling potential while the residual soils mostly show extremely high activity and

high to extremely high swelling potential. The interpretations, depending on the consolidated-undrained triaxial test results, indicate that the more weathering processes effect the rock, the more the rock losses its strength and the more the rock gains compressibility.

Additionally, the possible engineering problems encountered in the study area, during the construction of different projects have been briefly discussed on the basis of the new products, which have been derived from the basalt rocks by the weathering processes.



VI. KAYNAKLAR

- AKTİMUR , H.T. , TEKİRLİ , M.E. , YURDAKUL , M.E. , ATEŞ , Ş. , ÜRGÜN , B.M. TEOMAN M.Ş. , KEÇER , M. , TURŞUCU , A. , GENÇ , S. , (1989) :** Niksar , Erbaa ve Destek dolayımın jeolojisi , MTA Raporu , derleme No.8894 Ankara (yayınlanmamış)
- ALLEN, C.R. (1980) :** Comparisons Between the North Anatolian Fault Zone of California. Multidisciplinary Approach to Eartquake Prediction (Proceedings of the International Symposium on Earthquake Prediction in the North Anatolian Fault Zone Held in İstanbul. Friedr. Wiewing and Sohn, Braunschweig/Weisbaden, 1982, pp. 67-85
- ALTINLI, İ.E. (1965) :** Yenişehir Havzasının Jeolojisi ve Hidrojeolojisi, İ.Ü. Fen Fak. Mecm., Seri B, Cilt XXX, Sayı 1-2, S. 31-51
- AMBRESEYS , N.N. (1970) :** Some Characteristic Features of the North Anatolian Fault Zone, Tectonophysics 9, 143 - 165
- ANON (1977) :** The Description of Rock Masses for Engineering Purposes, Working Party Report, Quarterly Journal of Engineering Geology, No. 10, pp. 355-388
- ANON (1990) :** Tropical Residual Soils, Geological Society Engineering Group Working Party Report, Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol. 23, No. 1
- A.S.T.M. (422-69) :**Dane Dağılım Analizi
- A.S.T.M. (4767-88) :** Kohezyonlu Zeminde (CU) Üç Eksenli Deney
- A.S.T.M. (4318-93) :** Likit, Plastik Limit ve Plastisite İndisi
- AYDIN , M. , SERDAR , H. S. , ŞAHİNTÜRK , Ö. , (1982) :** Orta Karadeniz Bölgesi Jeolojisi ve Petrol Olanakları , Türkiye Altıncı Petrol Kongresi , S. 63 - 71 Ankara
- BARATA, F.E. (1969) :** Landslides in the Tropical Region of Rio de Janeiro, Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engr., Mexico, Vol. II, pp. 507-516
- BARKA, A.A. (1985) :** Büyük Magnitüdü Depremlerin Episantr Alanlarını Önceden Belirleyebilecek Bazı Jeolojik Veriler, Türkiye Jeol. Kur. Bül. 26/1, s. 21-30
- BARKA , A.A. (1993) :** The North Anatolian Fault Zone , Anneles Tectonicae
- BARKA , A.A. , KADINSKY , C. (1988) :** Strike - slip Fault Geometry in Turkey and its Influence on Earthquake Activity, Tectonics, 7.3, pp. 663 - 684
- BART, T.W.F. (1952) :** Theoretical Petrology, John Wiley and Sons, N.Y.
- BAVER, L.D. (1956) :** Soil Physics, 3rd ed. John Wiley and Sons, New York
- BAYNES, J. , DEARMAN, W.R. (1978) :** The Microfabric of a Chemically Weathered Granite, Bulletein of International Association of Engineering Geology, No.18, pp. 91-100

- BAYNES, J., DEARMAN, W.R. (1978) :** The Relationship Between the Microfabric and the Engineering Properties of Weathered Granite, Bulletin of International Association of Engineering Geology, No. 18, pp. 191-198
- BAYNES, J., DEARMAN, W.R. (1978) :** Scanning Electron Microscope Studies of Weathered Rocks: A Review of Nomenclature and Methods, Bulletin of International Association of Engineering Geology, No.18, pp. 199-203
- BEJERMAN, N.J. (1994) :** Landslide Possibility Index System, 7th International IAEG Congress, Balkema, Rotterdam
- BIENIAWSKI, Z.T. (1973) :** Engineering Classification of Jointed Rock Masses, Trans. S. Afr. Int. Civ. Eng., Vol. 15, pp. 335 -344
- BISHOP, A.W., HENKEL, D.J. (1957) :** The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test, Edward Arnold (Publishers) Ltd. 228 pp.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1989) :** Engineering Rock Mass Classification, Mc Graw Hill, New York, 237 p.
- BIRKELAND, P.W. (1974) :** Pedology, Weathering and Geomorphological Research, Oxford, New York
- BIRKELAND, P.W. (1984) :** Soils and Geomorphology, Oxford, New York
- BLACKWELDER, E. (1925) :** Exfoliation as a Phase of Rock Weathering, Jour. Geology, Vol. 33, No. 8, pp. 793-806
- BLUMENTHAL, M.M. (1945) :** Die Kelkit - Dislokation und Ihre Tektonische Rolle. M.T.A Mecm. S. 2 - 34, pp. 372 - 386
- BLUMENTHAL, M.M. (1950) :** Beitrage Zur Geologie des Landschaiten Ammittleren und Unteren Yeşilirmak (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar), M.T.A Yayını, Seri D., No.4,
- BOWLES, J.E. (1984) :** Physical and Geotechnical Properties of Soils, McGraw- Hill International Editions, 2nd Editions
- BRANNER, J.C. (1896) :** Decomposition of Rocks in Brazil, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 7, pp. 255-314
- BROCK, R.W. (1943) :** Weathering of Igneous Rocks Near Hong Kong, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 54, pp. 717-738
- CANİK (1992) :** Niksar'ın Jeolojisi, Deprem Tehlikesi ve Tarihte Geçirdiği Depremler, Niksar Deprem Semineri, Niksar Belediyesi, Eğitim Yayın No.6
- CARROLL, D. (1970) :** Rock Weathering, Plenum Press. New York - London
- CASSAGRANDE, A. (1948) :** Classification and Identification of Soils, Trans. ASCE, 113, pp. 901- 992
- CHESWORTH, W. DEJOU, J. and LARROQUE, P. (1981) :** The Weathering of Basalt and Relative Mobilities of the Major Elements at Belbex, France, Geochimica et Cosmochimica Acta Vol.45(7) pp. 1235 - 1243
- COATS, R.R. (1962) :** The Crust of the Pacific Basin. Am. Geophys. Union Geophys., Monog .6

- COLE, W.F., SANDY, M.J. (1980) :** A Proposed Secondary Mineral Rating for Basalt Road Aggregate Durability. Australian Road Research, 10 (3), pp. 27-37
- COUNTY ROADS BOARD, VICTORIA (1982) :** Test Method CRB 373.01. Secondary Mineral Content Using a Petrological Microscope. Manual of Testing Procedures, Vol. III. Victoria, Australia, pp.1-6.
- COX, K.G., BELL, J.D., PANKHURST, R.J. (1979) :** The Interpretation of Igneous Rocks, London, Allen and Unwin
- CRAIG, R.F. (1992) :** Soil Mechanics; Chapman and Hall, Fifth edition
- DARTON SOFTWARE, (1987) :** SPLOT For the Analysis of Structural Data - User's Manual, Darton Software , Rapid City , U.S.A. , 34 p.
- DAVIS, G.H. (1984) :** Structural Geology of Rocks and Regions, John Wiley and Sons, New York
- DEARMAN, W.R. (1974) :** Weathering Classification in the Characterisation of Rock for Engineering purposes in British Practice, Bull. Int. Ass. Eng. Geol., No. 9, pp. 33-42
- DEARMAN , W.R. (1991) :** Engineering Geological Mapping Butterworth - Heinemann , 1 st published.
- DEARMAN , W.R., BAYNES , F.J. , İRFAN T.Y. (1978) :** Engineering Grading of Weathered Granite Engineering Geology , Vol. 12 , pp. 345 - 374
- DEERE , D.U. ,PATTON ,F.D. (1971) :** Slope Stability in Residual Soils, Reprinted From Proceedings of The Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering , San Juan, Puerto Rico
- DERBY, O.A. (1896) :** Decomposition of Rocks in Brazil, Jour. Geol., Vol. 4, No. 5, pp. 529-540
- DEWEY , J.F. , BIRD , J.M. (1970) :** Mountain Belts and the New Global Tectonics . J. Geophys Res. V. 75 pp. 2625 - 2647
- DIXON, H.W. (1969) :** Decomposition Products of Rock Substances, Proposed Engineering Geological Classification, Rock Mechanics Symp. Stephen Roberts Theatre, Univ. Sydney, pp. 39-44
- DMİ (1989) :** Türkiye Klima Atlası , Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müd., Ankara
- DOBEREINER, L., DURVILLE, J.L., RESTITUITO, J. (1993) :** Weathering of the Massiac Gneiss (Massif Central, France), No. 47, pp. 79-96
- DSİ (1990) :** Aşağı Kelkit Projesi Master Plan Raporu , Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü , VII. Bölge Müd. Samsun
- ERCAN , T. ve GEDİK , A. (1983) :** Pontidlerdeki Volkanizma , Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 18 , S. 3 - 22
- ERDEM, F. (1987) :** Kelkit Havzasında Erozyon - Sediment İlişkileri, Jeomorfoloji Dergisi, Sayı 15, S. 65-72
- ERENTÖZ , C. (1950) :** Türkiye Jeoloji Haritası 1:100000 Ölçekli Reşadiye 44 - 2 paftası M.T.A. (Yayınlanmamış)
- ERİNÇ , S. (1965) :** Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis , İst. Üniv. Coğrafya Enst. Yayın No. 41-51

- EROSKAY, S.O. (1966) :** Paşalar Boğazı - Gölpaazarı Sahasının Jeolojisi, İ.Ü. Fen Fak. Mecm., Seri B, Cilt XXX, Sayı. 3-4, S. 135-170
- FOOKES, P.G., DEARMAN, W.R., FRANKLIN, J.A. (1971) :** Some Engineering Aspects of Rock Weathering With Field Examples From Dartmoor and Elsewhere, Q.Jl Engng. Geol. Vol.4, pp. 139 - 185
- FOOKES, P.G. (1970) :** Discussion on Engineering Grade Zones, Proc. Conf. on In-situ Investigations in Soils and Rocks, British Geotech. Soc., London, pp. 53-57
- FOOKES, P.G., GOURLEY, C.S., OHIKERE, C. (1988) :** Rock Weathering in Engineering Time, Quarterly Journal of Eng. Geo. London., Vol.21, pp. 33 - 57
- FRANKLIN, J.A., BROCH, E., WALTON, G. (1971) :** Logging the Mechanical Character of Rock, Inst. Min. and Metall., Trans., Sec. 80, Bull. 770, pp. A1-A9
- GARY, M., McAFEE, R. Jr., WOLF, C.L. (1972) :** Glossary of Geology, Washington, D.C. (American Geological Institute)
- GEDİK, A., ERCAN, T., KORKMAZ, S. (1984) :** Orta Karadeniz (Samsun - Sinop) Havzasının Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi, MTA Dergisi, 99/100, s. 34-50
- GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON (1977) :** The Description of Rock Masses for Engineering Purposes, Q.J.Eng. Geol. , V.10 , pp. 355 - 388
- GHAFOORI, M., MASTROPASQUA, M., CARTER, J.P., AIREY, D. W. (1993) :** Engineering Properties of Ashfield Shale, Australia, Bulettein of the International Association of Engineering Geology, No. 48, pp. 43-58
- GOLDICH, S.S. (1938) :** A Study in Rock weathering, J. Geol.,vol.46, pp.17-58
- GÖKSU, E. (1960) :** 1:500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun paftası , M.T.A. yayını , Ankara
- GÖZÜBOL, A.M.G. (1980) :** Geological Investigation of the Mudurnu - Dokurcun - Abant Area (Bolu Province), İstanbul Üniv.Fen.Fak. Mec., Seri B, 45, S.. 9 - 34
- GRANİT, Y., TINTANT, H. (1960) :** Observations Préliminaire Sur Le Jurassique De La Region De Bilecik (Turquie), Lab. de Géol. Faculté Des Sciences, Dijon
- GRIFFITH, A.A. (1924) :** Theory of Rupture, Proc. 1st. ICO Appl. Mech., 55
- GÜRPINAR, O. (1976) :** Bilecik - İnegöl - Yenişehir Arasının Jeolojisi ve Bilecik Kireçtaşının Mühendislik Özellikleri , İ.Ü. Fen Fakültesi , Tatbiki Jeoloji Kürsüsü , Doktora tezi , İstanbul
- HAKYEMEZ, H.Y., TEKİN, F., ERKAL, T., KARABIYIKOĞLU, M., MENGİ, H. (1989) :** Çarşamba (Samsun) Dolayının Jeolojisi , MTA Raporu , Derleme No.8895 (Yayınlanmamış).
- HALL, K. (1986) :** Rock Moisture Content in The Field and The Laboratory and its Relationship to Mechanical Weathering Studies , Earth Surface Processes and Landforms , Vol.11 , pp.131 - 142
- HAMROL, A. (1961) :** A Quantitative Classification of the Weathering and Weatherability of Rocks , Proc. Int. Cong. Soil Mech. Found. Eng. V.2 , pp. 771 - 774
- HARNOIS, L. (1988) :** The CIW Index, Sedi. Geology, 55, pp. 319-322
- HUNT, C.B. (1972) :** Geology of Soils, W.H. Freeman, San Fransisco

- I.S.R.M., (1981) : Rock Characterization , Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods , Pergamon Press , Oxford , Brown , E.T. (ed) , 211 p.**
- İRFAN , T.Y., DEARMAN , W.R. (1978) : The Engineering Petrography of a Weathered Granite in Cornwall , England, Q.J. Eng. Geol., Vol. 11, pp. 233 - 244**
- İRFAN , T. Y. (1979) : Ayrışmış Bir Granitte Agreganın Niteliğinin Mikropetrografik İndeksler ve Standart Agreganın Deneyleriyle Saptanması , Jeoloji Mühendisliği, S. 17-21**
- İRFAN , T. Y. (1981) : Ayrışma ve Ayrışma Sınıflamaları, Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Dizisi, No .19**
- JACKSON, J., MCKENZIE, W.S. (1988) : The Relationship Between Plate Motions and Seismic Moment Tensors and The Rates of Active Deformation in The Mediterranean and Middle East, Geophysics, 93, pp.45-734**
- JOHN, K.W. (1962) : An Approach to Rock Mechanics, Proc. Am. Soc. Civ. Eng., J. Soil Mech. Found. Eng. Div., Vol. 88, No. SM4, pp. 1-30**
- K.G.M. (1988) : Niksar Çevreyolu km 97+100 - 106+003 Arası Zemin ve Ocak Etüd Raporu, Karayolları Genel Müdürlüğü araştırma raporu**
- K.G.M. (1989) : Ünye - Akkuş - Niksar Karayolu km 66+510 - 79+466 Arasına Ait Zemin ve Ocak Etüd Raporu, Karayolları Genel Müdürlüğü araştırma raporu**
- KETİN, İ. (1948) : Über Die Tektonisch-Mechanischen Folgerungen aus den Grossen Anatolischen Erdbeben des Letzten Dezenniums, Geol. Rundsch. 36, 77-83**
- KETİN , İ. (1969) : Kuzey Anadolu Fayı Hakkında MTA Enstitüsü Dergisi Sayı 72 , p. s : 1 - 27**
- KETİN , İ., GÜMÜŞ , A. (1962) : Sinop - Ayancık Arasında III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi , TPAO. Rapor No. 213 - 288**
- KIERSCH, G.A., TREASHER, R.C. (1954) : Investigations Areal and Engineering Geology - Folsom Dam Project, Central California, Econ. Geology, Vol. 50, No. 3, pp. 271-310**
- KNILL, J.L., JONES, K.S. (1965) : The Recording and Interpretation of Geological Conditions in the Foundations of the Roseires, Kariba and Latiyan Dams, Geotechnique, Vol. 15, No. 1, pp. 94-124**
- KOMOO, L, YAAKUB, J. (1990) : Engineering Properties of Weathered Metamorphic Rocks in Peninsular Malaysia, 6th International IAEG Congress, Balkema, Rotterdam**
- KORZHENKO, L.L, SHWETS, V.B. (1965) :Discussion, Proc.6th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engr., Montreal, Vol. III, pp. 293-294**
- KRAUSKOPF, K.B. (1967) : Introduction to Geochemistry, McGraw - Hill Book Company, Inc.**
- LE MAITRE, R.W. (1984) : A Proposal by The IUGS Subcommittee on The Systematics of Igneous Rocks For a Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on The Total Alkali Silica (TAS) Diagram, Australian J. Earth Sci., 31, pp. 243-255**
- LITTLE, A.L. (1969) : The Engineering Classification of Residual Tropical Soils, Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engr., Mexico, Vol.I, pp. 1-10**
- LUMB, P. (1962) : The Properties of Decomposed Granite, Geotechnique, 12, 226-243**

- MAUCHER, A., SCHULTZE - WESTRUM, H. H., ZANKL, H. (1962):** Geologisch Lagerstaettenkundliche Untersuchungen im Ostpontischen Gebirge - Bayerische Akademie Der Wissenschaften Math - Natur. Klas., Abhandlungen, Neue Folge, Heft 109., München.
- MIDDLEMOST, A.K.E. (1975):** The Basalts Clan, Earth Science Review 11, pp. 337-364
- MIYASHIRO, A. (1978):** Nature of Alkalic Volcanic Rock Series, Contr. Min. Petr., 66, pp. 91-104
- MOYE, D.G. (1955):** Engineering Geology For Snowy Mountain Scheme, Jour. Instit. of Engineers, Australia, Vol. 27, pp. 287-298
- NESBITT, H.W., YOUNG, G.M. (1982):** Early Proterozoic Climates and Plate Motions Inferred from Major Element Chemistry of Lutites, Nature, 299, pp. 715-717
- OLLIER, C.D. (1969):** Weathering, Geomorphology Texts, 1st edn. Oliver and Boyd. Edinburgh.
- OLLIER, C.D. (1984):** Weathering, Geomorphology Texts, 2nd edn. Oliver and Boyd, Edinburgh
- ÖZCAN, A., ARMAĞAN, F., ERKAN, A. KESKİN, E., ORAL, A., ÖZER, S., SÜMENGİN, M., TEKELİ, O. (1980):** Kuzey Anadolu Fayı ile Kırşehir Masifi Arasında Kalan Alanın Temel Jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No.6722, (Yayınlanmamış).
- ÖZTÜRK, A. (1979):** Ladik, Destek Dolayının Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni. 22/1, S. 27-34
- PAREJAS, E., AKYOL, İ.H., ALTINLI, E. (1942):** Le Tremblement de Terre d'Erzincan du 27 Decembre 193., Revue Fac. Sci. Univ. of İstanbul, Ser. B., VI., Fasc. 3-4, pp. 177 - 222
- PARKER, A. (1970):** An Index of Weathering For Silicate Rocks, Geol. Mag., pp. 501- 504
- PAVONI, N. (1961):** Die Nordanatolische Horizontal Verschiebung, Geol. Rund, Band. 51, pp. 122-139
- PECCERILLO, A., TAYLOR, S.R. (1976):** Geochemistry of Eocene Calc - alkaline Volcanic Rocks From Kastamonu Area, Northern Turkey, Contr. Mineral. Petrol., 68,63-81
- PENMAN, H.L. (1950):** The Water Balance of the Stour Catchment Area, J. Inst. Water Eng., 4. pp. 457-469
- PELTIER, L. (1950):** The Geographic Cycle in Periglacial Regions as it is Related to Climatic Geomorphology, Ann. Assoc. Am. Geog. 40, pp. 214-236
- RAHN, P.H. (1986):** Weathering and Soil - Forming Processes, Engineering Geology, An Environmental Approach, Elsevier, New York, Amsterdam, Oxford.
- REICHE, P. (1943):** Graphic Representation of Chemical Weathering, Jour. Sed. Petr.,13, pp. 53-68
- REICHE, P. (1950):** A Survey of Weathering Processes and Products, Univ. New Mexico Publications in Geol., No. 3
- ROALDSET, E. (1972):** Mineralogy and Geochemistry of Quaternary Clays in the Numedal Area, Southern Norway, Narsk Geol., Tidsskr., 52, pp. 335-369
- RUXTON, B.P. (1968):** Measures of the Degree of Chemical Weathering of Rocks, J. of Geol., Vol. 76, pp. 518-527

- RUXTON, B.P., BERRY, L. (1957)** : Weathering of Granite and Associated Erosional Features in Hong Kong, Bull. Geol. Soci. Amer., Vol. 68, pp. 1263-1292
- SERDAR, S.H., AYDIN, M., YAZMAN, M. (1985)** : Orta Pontidlerin Jeolojisi, Türkiye Jeol. Kur.38., Bilimsel Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri, S. 45 -46
- SEYMEN, İ. (1975)** : Kelkit vadisi kesiminde Kuzey anadolu Fay zonunun Tektonik Özelliği, İTÜ Maden Fak. Doktora tezi.
- SKEMPTON, A.W. (1963)** : The Behaviour of Saturated Clays During Sampling and Testing, Geotechnique, Vol.13, No. 14
- SOWERS, G.F. (1954)** : Soil Problems in The Southern Piedmont Region, Proc. ASCE, Vol. 80, Separate 416, 18 pp.
- SOWERS, G.F. (1963)** : Engineering Properties of Residual Soils Derived From Igneous and Metamorphic Rocks, Proc. 2nd Panamer. Cong. Soil Mech. and Foun. Engr., Brazil, Vol I, pp. 39-61
- SOWERS, G.F. (1967)** : Discussion, Proc. 3rd Panamer. Cong. Soil Mech. and Found. Engr., Caracas, Vol. III, pp.135-161
- STOJANOV, R. (1973)** : Pontidler'de Harşit Nehri Sahasında Volkanik Taşların Petrolojisi, Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı, S. 490 - 517
- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., BORAY, A. (1987)** : Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremselliği MTA Derleme, No. 8174
- ŞENGÖR, A.M.C. (1981)** : Kimmerid Orojenik Sisteminin Evrimi, Orta Mesozoyikte Paleo-Tetisin Kapanması Olayı ve Ürünleri, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri Kitabı, S. 45 - 46
- ŞENGÖR, A.M.C. ve YILMAZ, Y. (1981)** : Tethyan Evolution of Turkey, A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics, 75, pp. 181 - 241
- TCHIHATCHEFF, P.de (1867)** : Asie Mineure, Géologie İstanbul, Paris
- TCHIHATCHEFF, P.de (1869)** : Asie Mineure, Géologie II. Paris
- TERLEMEZ, İ., YILMAZ, A. (1980)** : Ünye - Ordu - Koyulhisar - Reşadiye Arasında Kalan Yörenin Stratigrafisi, Türkiye Jeol. Kur. Bül., 23, s. 179-192
- TERZİOĞLU, N. M. (1983)** : Reşadiye - Aybastı - Gököy - Mesudiye - Koyulhisar İlçeler Arasındaki Sahada Yer Alan Eosen Volkanitlerinin Petrolojik - Petrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, TÜBİTAK, Temel Araştırma Gurubu, Proje No. TBAG - 137, (Yayınlanmamış)
- TERZİOĞLU, N.M. (1985)** : Reşadiye (Tokat) Kuzeyindeki Eosen Yaşlı Hasanşeyh Platobazaltının Mineralojik - Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, C.Ü. Müh. Fak., Yer Bilimleri Derg., C. 2 Sayı.1
- THORNHWAITE, C.W. (1948)** : An Approach Toward a Rational Classification of Climate Geographical Review, Vol.38, No.1, pp.55 - 94
- TOKAY, M. (1973)** : Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz Arasındaki Jeolojik Gözlemler, Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu, M.T.A. Yayını, Ankara.
- T.S.E. (1987)** : Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deney Metodları, T.S. 699, UDK 691.2, Ankara

- TUCKER, R.L., POOR, A.R. (1978) :** Field Study of Moisture Effects on Slab Movements, Proceedings of The American Society of Civil Engineers, Journal of Geotechnical Engineering, No. 104, pp. 403-414
- TUNA, S (1974) :** Çatak, Soğukçam (Bolu ili) Alanının Jeoloji İncelemesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Tatbiki jeoloji Kürsüsü Arşivi
- TUTKUN, S.Z., İNAN, S. (1982) :** Niksar - Erbaa (Tokat) Yöresinin Jeolojisi, KTÜ Yer Bil. Der. Jeoloji, Cilt.2, Sayı 1-2, S.51-67
- VALETON, I (1970) :** Paleoenvironment of Lateritic Bauxites with Vertical and Lateral Differentiation, In. WILSON, R.C.L. (ed.) Residual Deposits, Surfaca Related Weathering Processes and Materials. Geological Society London, Special Publication 11, pp.77-90
- VAN DER MERWE, D.H. (1964) :** The Weathering of Some Basic Igneous Rocks and Their Engineering Properties Civ. Eng. in S. Africa 6, pp. 213-222
- VARGAS, M., SILVA, F.P., TUBIO, M. (1965) :** Residual Clay Dams in The State of Sao Paulo, Brazil, Proc. 6th Int. Conf., Soil Mech. and Found. Engr., Montreal, Vol. II, pp. 578-582
- VOGEL, D.E.(1973) :** Precambrian Weathering in Acid Metavolcanic Rocks From the Superior Province, Villebond Township, Southcentral Quebec., Can. J. Earth Sci., 12, pp. 2080-2085
- VOGT, T. (1927) :** Sulitjelmefeltets Geologiog Petrografi, Nor. Geol. Unders., 121, pp. 1-560
- VUTKURI, V.S., LAMA, R.D., SALUJA, S.S. (1984) :** Handbook on Mechanical Properties of Rocks, Trans. Tech. Publ. Clausthal, Germany
- WILLIAMSON, D.A., KUHN, C.R. (1988) :** The Unified Rock Classification System, Rock Engineering Systems for Engineering Purposes, ASTM STP 984, Louis Kirkaldie, Ed., American Society for Testing Material, Philadelphia, pp. 7-16
- YOLDAŞ, R., KESKİN, B., GRANİT, S., KORKMAZ, S., DİDİK, S., KALKAN, İ., AĞRIDAĞ, D.S., BESBELLİ, B. (1985) :** Samsun ve Dolayının (Kızılırmak - Yeşilirmak Arasındaki Bölgenin) Jeolojisi ve Petrol Olanakları, MTA Raporu, Derleme No. 8130, (Yayınlanmamış)
- ZANETTIN, B. (1984) :** Proposed New Chemical Classification of Volcanic Rocks, Episodes, 7, pp. 19-20
- ZHAO, J., BROMS, B.B., ZHOU, Y., CHOA, V. (1994) :** A Study of the Weathering of the Bukit Timah Granite; Part B : Field and Laboratory Investigations, Bulletein of the International Association of Engineering Geology, No. 50, pp. 105-113
- ZUFFA, G. (1985) :** Provenance of Arenites, Nato ASI Series C, Mathematical and Physical Sciences, 148, pp. 115-135
- YOKOTA, S. (1992) :** Mathematical Models of Weathering Process in Jointed Rock Masses, Jour. Geol. Soc., Japan 98, pp. 155-163

VII . EKLER

EK - 1 Nıksar - Akkuş arasının jeoloji haritası

EK - 2 Nıksar - Akkuş arasının jeoloji enine kesitleri



VIII . ÖZGEÇMİŞ

Atiye (UĞURLU) TUĞRUL , 1966 yılında Diyarbakır' da doğmuştur. İstanbul, Kuvayi Milliye İlkokulunda başladığı ilköğrenimini 1977 yılında bitirmiştir. Orta öğrenimini, 1977 - 1983 yılları arasında İstanbul Suadiye Lisesinde tamamladıktan sonra, 1983' te İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesinde yüksek öğrenimine başlamıştır. Bu fakülteden Haziran 1987' de “ Jeoloji Mühendisi” olarak birincilikle mezun olmuştur. Yüksek lisans derecesini, yine aynı üniversitenin Fen bilimleri Enstitüsünden, 1990 yılında “Atatürk Barajı Enjeksiyon Galerilerindeki Kaya Niteliğinin Mukayeseli Sınıflaması” adlı tezi ile almıştır.

1988 - 1989 yılları arasında “İstanbul Boğazi İkinci Karayolu Geçişi” projelendirme işinde Kalite Kontrol Mühendisi olarak laboratuvar ve arazi işlerini yürütmüştür. 1989 yılında, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji ana bilim dalında, Araştırma görevlisi olarak atanmıştır. Halen bu görevi sürdürmektedir.

NIK SAR- AKKUŞ ARASININ

JEOLOJİ HARİTASI

Geological map of the

Niksar - Akkuş area

ATİYE TUĞRUL
1995



AÇIKLAMALAR - Explanations

SENZOYİK		TERŞİYER		KRETASE		JURA	
Kvaterner		Tersiyer		Kretase		Jura	
Qal	ALÜVYON Alluvium	Th	HASANSEYH FORMASYONU Hasanseyyh formation	Th	HASANSEYH FORMASYONU Hasanseyyh formation	Th	HASANSEYH FORMASYONU Hasanseyyh formation
Pl	PLİYOSEN Pliocene	Tk	KUSURİ FORMASYONU Kusuri formation	Tk	KUSURİ FORMASYONU Kusuri formation	Tk	KUSURİ FORMASYONU Kusuri formation
Yol	YOLÜSTÜ FORMASYONU Yolüstü formation	Ust	ÜST EOSEN Upper Eocene	Ust	ÜST EOSEN Upper Eocene	Ust	ÜST EOSEN Upper Eocene
Ust	ÜST KRETASE Upper Cretace.	Orta	ORTA EOSEN Middle Eocene	Orta	ORTA EOSEN Middle Eocene	Orta	ORTA EOSEN Middle Eocene
Ust	ÜST JURA Upper Jura.	Alt	ALT JURA Lower Jurassic	Ust	ÜST JURA Upper Jura.	Ust	ÜST JURA Upper Jura.
Orta	ORTA JURA Middle Jurassic	Alt	ALT JURA Lower Jurassic	Orta	ORTA JURA Middle Jurassic	Orta	ORTA JURA Middle Jurassic
Alt	ALT JURA Lower Jurassic	Alt	ALT JURA Lower Jurassic	Alt	ALT JURA Lower Jurassic	Alt	ALT JURA Lower Jurassic

İŞARETLER - Symbols

- Dokanak
Contact
- Katman doğrultusu ve eğimi
Strike and dip of bed
- Eğim doğrultusu ve eğimi
Strike and dip of joint
- Düsey eklemler doğrultusu
Strike of vertical joint
- Fay
Fault
- Yeri yaklaşık fay
Fault, approximate location
- Süpheli fay
Fault, existence uncertain
- Enine kesit doğrultusu
Strike of cross sections
- Yollar
Roads
- Çalışılan yol güzergahı
Studied road alignment
- Kaynak
Spring
- Dere
Stream

1000 500 0 500 1000m.

