T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYRIŞMANIN İSTANBUL ÇATALCA BÖLGESİNDE YÜZEYLENEN KUVARSİTLERİN FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Emre PAKSOY

DANIŞMAN
Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2021

Bu çalışma 19.08.2021 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Atiye TUĞRUL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi-Cerrahapaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında Çatalca bölgesindeki kuvarsitlerin ayrışma ile mekanik ve fiziksel özelliklerinde değişimler incelenmiş ve ayrışma profili oluşturulmuştur.

Bu tez çalışması için bilgi ve deneyimlerini aktaran, her süreçte bana yol gösteren ve bu çalışmanın danışmanlığını yapan değerli hocam Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL'e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Kayaların XRD çekiminde yardımcı olan Ersin KAYGISIZ'a, XRD yorumlamalarında katkıda bulunan hocam Doç. Dr. Namık AYSAL'a, ince kesitlerin değerlendirilmesinde sorularımı cevapsız bırakmayan hocam Prof. Dr. Timur USTAÖMER'e, laboratuvar çalışmaları konusunda bilgilerini benimle paylaşan hocalarım Arş. Gör. Erdi AVCI ve Arş. Gör. Murat BEREN'e teşekkür ederim.

Örneklerin deneylere hazır hale getirilmesi ve deneyde uygulanmasına yardımcı olan İstanbul Teknik Üniversitesi'nde görevli teknisyen Yüksel ILGAR'a teşekkür ederim.

Bölgede bulunan Türk Ytong A.Ş. Çatalca fabrikası kuvarsit işletme mühendisi Hilmi KARA'ya teşekkür ederim.

Tüm bu süreçte her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ağustos 2021 Emre PAKSOY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **xii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xiv**
ÖZET ..... **xvi**
SUMMARY ..... **xviii**
1. GİRİŞ **1**
1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITIMI 1
1.1.1. Konum 1
1.1.2. Morfoloji 2
1.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü 2
1.1.4. Ekonomi 4
1.1.5. Ulaşım 4
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI 4
2. GENEL KISIMLAR **6**
2.1. İNCELEME ALANI İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 6
2.2. ARAŞTIRMA KONUSU İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 16
3. MALZEME VE YÖNTEM **33**
3.1. SAHA ÇALIŞMALARI 33
3.2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI 33
3.2.1. Örnek Hazırlama 33
3.2.2. Fiziksel Deneyler 34
3.2.3. Mekanik Deneyler 37
3.2.3.1. Schmidt Çekici Deneyi *38*
3.2.3.2. Nokta Yük Dayanımı İndeksi Deneyi *38*
3.2.3.3. Tek Eksenli Basınç Deneyi *40*
3.2.4. Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar 40
3.2.5. Kimyasal Analizler 42
3.2.5.1. Kızdırma Kaybı Deneyi (LOI) *42*

3.3. BÜRO ÇALIŞMALARI 44
4. BULGULAR 45
4.1. BÖLGESEL JEOLOJİ 45
4.2. İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ 47
4.2.1. Şermat Kuvarsiti 47
4.2.2. Soğucak Formasyonu 49
4.2.3. İhsaniye Formasyonu 50
4.2.4. Taraça ve Alüvyon 51
4.3. AYRIŞMANIN GENEL ÖZELLİKLERİ 51
4.3.1. Ayrışma Tipleri 53
4.3.1.1. Fiziksel Ayrışma 54
4.3.1.2. Kimyasal Ayrışma 55
4.3.1.3. Biyolojik Ayrışma 56
4.4. ŞERMAT KUVARSİTLERİNDE AYRIŞMAYI DENETLEYEN FAKTÖRLER VE AYRIŞMA SÜREÇLERİ 57
4.4.1. Litolojik Özellikler 57
4.4.2. Petrografik Özellikler 57
4.4.3. Yapısal Özellikler 58
4.4.4. Yeraltı ve Yüzey Suları 58
4.4.5. İklim 60
4.4.6. Topoğrafya ve Bitki Örtüsü 61
4.5. AYRIŞMANIN ARAZİ ÇALIŞMASI İLE BELİRLENMESİ 62
4.6. AYRIŞMANIN LABORATUVAR ÇALIŞMALARI İLE BELİRLENMESİ 63
4.6.1. Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar 63
4.6.1.1. Petrografik özelliklerdeki değişimler 63
4.6.1.2. Mikroçatlaklarda meydana gelen değişimler 67
4.6.1.3. Mineralojik araştırmalar 67
4.6.2. Fiziksel ve Mekanik Deneyler 71
4.6.3. Kimyasal Analizler 79
4.7. AYRIŞMA PROFİLLERİ 80
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 85
KAYNAKLAR 93
EKLER 107
EK 1. Çalışma Alanının 1/25.000 ölçekli Jeoloji Haritası ve Enine Kesiti 107
ÖZGEÇMİŞ 108

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası. 2

Şekil 3.1: Fiziksel değerlerin tespit edilmesi amacıyla a) suya doyurulmuş örneklere, b) etüvde kurtulmuş örneklere ait görüntüler. 35

Şekil 3.2: Örneklerin parçalanmasında kullanılan çeneli kırıcıya ait görüntü. 36

Şekil 3.3: Örneklerin toz hale getirilmesi için kullanılan agat havanın a) önden b) içinde örnek olduğu haldeki üstten görüntüleri. 37

Şekil 3.4: Cam piknometrelerde vakum pompası ile havası çekilmiş örneklerin görüntüleri. 37

Şekil 3.5: Proceq marka schmidt çekicine ait bir görüntü. 38

Şekil 3.6: Düzensiz şekilli örneklerin boyutlandırılma esası (ISRM, 2007).....39

Şekil 3.7: Nokta yük deney aletinin görünümü.....39

Şekil 3.8: 30 mm çaplı silindirik örneklerden bir kısmına ait görüntüler. 40

Şekil 3.9: Leica marka polarizan mikroskoba ait görüntü. 41

Şekil 3.10: Shimadzu marka AUX220 model $x10^{-5}$gr hassasiyetli teraziye ait görüntü.....43

Şekil 3.11: Kızdırma kaybı deneyinde kullanılan krozelerin a) genel görünümü b) numune eklenmiş görünümü. 43

Şekil 3.12: Protherm furnaces marka PC442 model yüksek sıcaklık fırınına ait görüntü. 44

Şekil 4.1: Anadolu ve yakın dolayındaki tektonik birlikler ve sütur zonlarını gösteren harita (Okay ve Tüysüz, 1999). 45

Şekil 4.2: Şermat kuvarsitine ait a) Çatalkaya Tepe bölgesindeki beyaz, açık kahve renkli görünümü b) bazı örneklerde gözlenen mika pulcuklarına ait görüntü c) Çatalkaya Tepe bölgesindeki kırık ve çatlaklı yapısına ait görünüm. 48

Şekil 4.3: Şermat kuvarsitine ait a) kapalı süreksizlik içeren görünmü b) yer yer gözlenen kuvars damarı c) Uzun Dere mevkiinde gözlenen fillat ardalanması d) Çatalkaya Tepe T3 rüzgar gülü bölgesinde likenlerle kaplı görünümü. 49

Şekil 4.4: Soğucak Formasyonun çalışma alanındaki genel görünümü. 50

Şekil 4.5: Ayrışmayı geliştiren etmenler ve farklı ayrışma türlerine etkileri (Ündül, 2007).....54

Şekil 4.6: Farklı ayrışma tiplerini oluşturan etkenler (Bilen, 2020). 55

Şekil 4.7: Çatalkaya Tepe bölgesinde a) beyaz renkli taze seviyeye ait görünüm b) düzenli çatlak yapısına sahip ileri derecede ayrışmış seviyeye ait görünüm c) ince bir zon olarak gözlenen rezidüel zemine ait görünüm d) gün yüzündeki kısmı likenlerle kaplı gri renkli, toprak altındaki kısmı kahverenkli ve kuvars damarı içeren kuvarsitin görünümü.....57

Şekil 4.8: Kuvarsit ince kesitlerinin genel görünümü a) çift nikol b) tek nikol.....58

Şekil 4.9: Çatalca yağış örneklerinde mevsimlik hacim ağırlıklı pH ortalamaları (https://www.mgm.gov.tr).....59

Şekil 4.10: 2005-2020 Çatalca aylık asit yağmur oranı (https://www.mgm.gov.tr).....60

Şekil 4.11: Çalışma alanının iklim verilerinin Peltier (1950) diyagramlarında gösterimi. 61

Şekil 4.12: T1 rüzgâr gülü tepesinde yoğun bitki örtüsü ile kaplı mostra görüntüsü. 62

Şekil 4.13: Ayrışma seviyeleri arasındaki keskin geçiş. 63

Şekil 4.14: Taze seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri 65

Şekil 4.15: Az ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri.....65

Şekil 4.16: Orta derecede ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri. 65

Şekil 4.17: İleri derecede ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri. 66

Şekil 4.18: Tamamen ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri. 66

Şekil 4.19: Rezidüel zemin seviyesine ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri. 66

Şekil 4.20: Taze (I) kuvarsite ait XRD grafiği. 68

Şekil 4.21: Az ayrışmış (II) kuvarsite ait XRD grafiği. 69

Şekil 4.22: Orta derecede ayrışmış (III) kuvarsite ait XRD grafiği. 69

Şekil 4.23: İleri derecede ayrışmış (IV) kuvarsite ait XRD grafiği. 70

Şekil 4.24: Tamamen ayrılmış (V) kuvarsite ait XRD grafiği. 70

Şekil 4.25: Rezidüel zemine (VI) ait XRD grafikleri. 71

Şekil 4.26: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait özgül ağırlık değerlerinin değişimi. 72

Şekil 4.27: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait kuru birim hacim ağırlık değerlerinin değişimi. 73

Şekil 4.28: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait doygun birim hacim ağırlık değerlerinin değişimi. 74

Şekil 4.29: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait ağırlıkça su emme değerlerinin değişimi. 75

Şekil 4.30: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait etkin (görünür) gözeneklilik değerlerinin değişimi. 76

Şekil 4.31: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait schmidt çekici geri sıçrama değerlerinin değişimi. 77

Şekil 4.32: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait nokta yük dayanımı değerlerinin değişimi. 78

Şekil 4.33: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin değişimi. 79

Şekil 4.34: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlerin kızdırma kaybı değerlerinin değişimi. 80

Şekil 4.35: İnceleme alanındaki kuvarsitlerin ayrışma profili. 82

Şekil 4.36: İnceleme alanında kuvarsitlerin hakim ayrışma profili. Orta derecede ayrışmış seviyeler önceki topoğrafyaya bağlı olarak ve bitki köklerinin etkisi ile az ayrışmış seviyelerden daha altta gözlenmektedir. 83

Şekil 4.37: Çalışma alanındaki ayrışma seviyelerini gösteren mostra görüntüleri (Roma rakamları ile verilen sayılar ayrışma seviyelerini göstermektedir). 84

Şekil 5.1: Kuru birim hacim ağırlık ile doygun birim hacim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması....86

Şekil 5.2: Kuru birim hacim ağırlık ile mikropetrografik indeks değerlerinin karşılaştırılması....87

Şekil 5.3: Ağırlıkça su emme ile etkin gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması. 88

Şekil 5.4: Nokta yük dayanımı indeksi ile mikropetrografik indeks değerlerinin karşılaştırılması....89

Şekil 5.5: Nokta yük dayanımı indeksi ile mikroçatlak yayılımı değerlerinin karşılaştırılması....89

Şekil 5.6: Tek eksenli basınç dayanımı indeksi ile mikropetrografik indeks değerlerinin karşılaştırılması.....90

Şekil 5.7: Tek eksenli basınç dayanımı indeksi ile mikroçatlak yayılımı değerlerinin karşılaştırılması.....90

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: İstanbul'un sıcaklık, güneşlenme süresi, yağış verilerinin aylara göre dağılımı (https://www.mgm.gov.tr).....3

Tablo 4.1: Uniform malzemeler için ayrışma sınıflaması (Anon, 1995).....52

Tablo 4.2: Heterojen kütleler için ayrışma sınıflaması (Anon, 1995). 52

Tablo 4.3: Ayrışmayı oluşturan etkenler ve sonuçlar (Tuğrul, 1995). 53

Tablo 4.4: Farklı derecelerde ayrışmış kuvarsitlere ait petrografik özellikler.....64

Tablo 4.5: Farklı ayrışma seviyelerine ait kuvarsitlerin mikropetrografik indeks değerleri.....67

Tablo 4.6: Farklı ayrışma seviyelerine ait kuvarsitlerin mikroçatlak yayılımı değerleri. 67

Tablo 4.7: Farklı ayrışma seviyelerine ait kuvarsitlerin bolluk sırasına göre mineral içeriği.....68

Tablo 4.8: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait özgül ağırlık değerleri.....71

Tablo 4.9: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait kuru birim hacim ağırlık değerleri.....72

Tablo 4.10: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait doygun birim hacim ağırlık değerleri.....73

Tablo 4.11: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait ağırlıkça su emme değerleri. 74

Tablo 4.12: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait etkin (görünür) gözeneklilik değerleri.....75

Tablo 4.13: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait schmidt çekici geri sıçrama değerleri.....76

Tablo 4.14: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait nokta yük dayanımı değerleri.....77

Tablo 4.15: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri.....78

Tablo 4.16: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlerin kızdırma kaybı değerleri.....79

Tablo 4.17: Çalışma alanındaki tek tip (uniform) malzemeli kuvarsitler için arazide gözlenen ayırtman özellikler. 81

Tablo 4.18: Çalışma alanında kuvarsitlerden oluşan kaya kütleleri için arazide gözlenen ayırtman özellikler. 81

Tablo 5.1: Doğrusal ilişkilerle elde edilmiş korelasyon katsayıları. 85

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
°C	: Derece santigrat
Ar	: Argon
Ba	: Baryum
Cu	: Bakır
Gs	: Özgül ağırlık
Hc	: Hidrasyon katsayısı
Hr	: Geri sıçrama değeri
I_{mob}	: Mobil indeks
I_p	: Mikropetrografik indeks
$I_{s(50)}$	: Nokta yük dayanımı değeri
K	: Potasyum
kPa	: Kilopascal
Lc	: Sızıntı katsayısı
LOI	: Kızdırma kaybı
LSI	: Kayıp slake indeksi
m_i	: Hoek-Brown sabiti
Mo	: Molibden
MPa	: Megapascal
N	: Schmidt çekici geri sıçrama değeri
Nb	: Niyobyum
n_e	: Etkin (görünür) gözeneklilik
Rb	: Rubidyum
R_s	: Kuvvet tutma oranı
S_{mf}	: Mikroçatlak yayılımı
Sr	: Stronsiyum
Th	: Toryum
U	: Uranyum
W	: Tungsten
w_a	: Ağırlıkça su emme
W_D	: Yüzeyi kurutulmuş ağırlık

W_K : Etüv kuru ağırlığı

W_{SA} : Sudaki ağırlık

γ_d : Doygun birim hacim ağırlık

γ_k : Kuru birim hacim ağırlık

μ : Mikro

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı

Φ : İçsel sürtünme açısı

Kısaltmalar	**Açıklama**
A.B.D	: Anabilim dalı
B	: Batı
B.H.A	: Birim hacim ağırlık
cm	: Santimetre
D	: Doğu
G	: Güney
gr	: Gram
K	: Kuzey
km	: Kilometre
m	: Metre
mm	: Milimetre
My	: Milyon yıl
UCS	: Tek eksenli basınç dayanımı
WIP	: Parker'ın ayrışma indeksi (weathering index of Parker)
WPI	: Ayrışma potansiyeli indeksi (weathering potential index)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYRIŞMANIN İSTANBUL ÇATALCA BÖLGESİNDE YÜZEYLENEN KUVARSİTLERİN FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Emre PAKSOY

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL

İstanbul ve çevresinde farklı formasyonlara ait yüksek dayanım gösteren kuvarsitlerin mühendislik projelerinde çeşitli sorunlar oluşturduğu rapor edilmektedir. Bu çalışmada İstanbul'un batısında Çatalca bölgesinde yüzeylenen Şermat Kuvarsitlerinin ayrışmasının, fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan arazi çalışmalarında ayrışma seviyeleri tespit edilmiş ve örneklemeler yapılmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda örnekler üzerinde yapılan laboratuvar değerlendirmeleri sonucunda ayrışma seviyeleri oluşturulmuş, ayrışma profili geliştirilmiş ve her ayrışma seviyeleri için mineralojik, petrografik, mekanik ve fiziksel özelliklerdeki değişimler tanımlanmıştır.

Kuvarsitlerin mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri incelenerek bileşimi, dokusu, tane boyutlarındaki değişimler tespit edilmiş ayrıca bu değerlerin sayısal olarak da belirlenebilmesi amacıyla mikropetrografik indeks ve mikroçatlak yayılımı değerleri tespit edilmiştir. Daha sonra her ayrışma seviyesindeki kayaçlar için özgül ağırlık, kuru ve doygun birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, etkin (görünür) porozite, kızdırma kaybı, Schmidt çekici geri sıçrama değerleri, nokta yük dayanımı ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri hesaplanmıştır.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle özgül ağırlık, kuru ve doygun birim hacim ağırlık, Schmidt çekici geri sıçrama değerleri, nokta yük dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, mikropetrografik indeks değerlerinde azalma, ağırlıkça su emme, etkin (görünür) porozite, kızdırma kaybı, mikroçatlak yayılımı değerlerinde artış tespit edilmiştir.

Yapılan değerlendirmelere göre ayrışmaya bağlı değişimler basit regresyon analizleriyle istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Kuru birim hacim ağırlık, doygun birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, nokta yük dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, mikropetrografik indeks ve mikroçatlak yayılımı değerlerinin birbirleri ile karşılaştırılması sonucunda yüksek korelasyon katsayısı verdikleri tespit edilmiştir.

Ağustos 2021, 124. sayfa.

Anahtar kelimeler: Ayrışma, kuvarsit, fiziksel-mekanik özellikler

SUMMARY

M.Sc. THESIS

THE EFFECT of WEATHERING on the PHYSICAL and MECHANICAL PROPERTIES of QUARTZITES OUTCROPPING in İSTANBUL ÇATALCA REGION

Emre PAKSOY

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ömer ÜNDÜL

It is reported that quartzites with high strength belonging to different formations in and around Istanbul around various problems in engineering projects. In this study, the effects of weathering of Şermat Quartzites outcropping in the Çatalca region in the west of Istanbul on their physical and mechanical properties were investigated. In the field studies, weathering levels were determined and take samples. As a result of laboratory assessment conducted on samples as a result of field studies, weathering levels were created, the weathering profile was devepoled, and changes in mineralogical, petrographic, mechanical and physical properties were defined for each weathering levels.

Mineralogical, petrographic and chemical properties of quartzites were examined and changes in composition, texture and grain sizes were determined. Also in order to determine these values numerically, micropetrographical index and microcrack propagation values were determined. Then, each weathering level rocks for in specific gravity, dry and saturated unit weight, water absorption by weight, the active (visible) porosity, loss of ignition, Schmidt rebound hammer test values, point load strength and uniaxial compressive strength values were calculated.

By evaluating the obtained data of specific gravity, dry and saturated unit weight, Schmidt rebound hammer test values, point load strength, uniaxial compressive strength, a decrease in

the value micropetrographical index, water absorption by weight, the active (visible) porosity, loss of ignition, microcrack propagation have been found to increase in value.

According to the evaluations, the weathering-related changes were statistically evaluated by simple regression analysis. Dry unit weight, saturated unit weight, water absorption by weight, point load strength, uniaxial compressive strength, micropetrographical index and microcrack propagation with each other as a result of comparison, it was determined that gave the highest correlation coefficient.

August 2021, 124. pages.

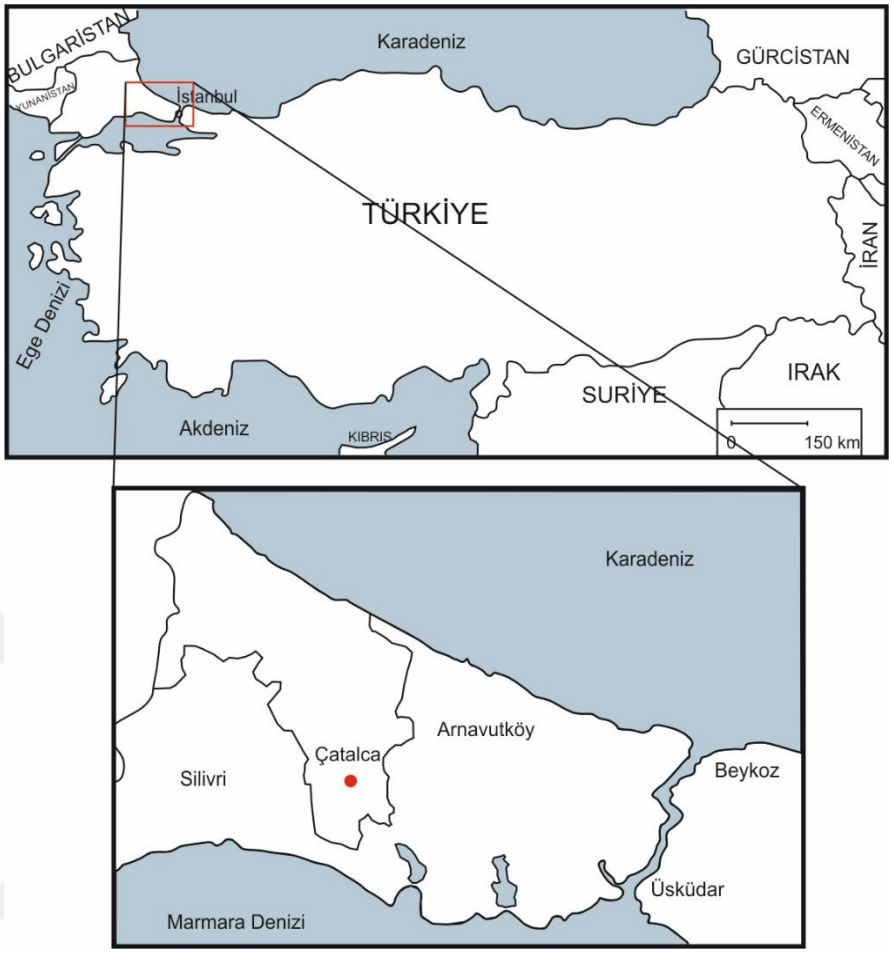
Keywords: Weathering, quartzite, physical-mechanical properties

1. GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITIMI

1.1.1. Konum

Çalışma alanı İstanbul ilinin kuzey batısında yer alan Çatalca ilçesi Gökçeali Mahallesinin kuzeyi ve Çatalca merkezin batısında bulunan rüzgâr türbinlerinin bulunduğu alanının bir kısmını kapsamaktadır. Çatalca ilçesi doğusunda Arnavutköy, güneyinde Büyükçekmece ve Silivri ilçeleriyle, batısında ise Tekirdağ ili ile komşudur (Şekil 1.1). Yüzölçümü itibarıyla İstanbul'un en büyük ilçesi olan Çatalca'nın yüzölçümü 1.142 km^2 olup nüfusu 73.718'dir (https://biruni.tuik.gov.tr).



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.1.2. Morfoloji

Çalışma alanı Gökçeali ilçesinin kuzeyinde Çatalkaya Tepe (187m), Sivrikaya Tepe (137m), Çatalca merkezinin batısında KB-GD uzanımlı Devetaşı Tepe (300m), Şehitlik Tepe (324m), Sazlı Tepe (324m) gibi birçok tepeden ve Uzun Dere, Hükümet Dere, Sazlı Dere gibi daha az oranda derelerden oluşmaktadır.

1.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

İstanbul bölgesi iklimi Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre nemli, De Martonne kuraklık indeksine göre yarı kurak-nemli arası, Erinç iklim sınıflandırmasına göre yarı nemli, Thorntwaite iklim sınıflandırmasına göre yarı nemli, Köppen iklim sınıflandırmasına göre kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi), Köppen-Trewatha iklim sınıflandırmasına

göre yazları sıcak, kışları serin, subtropikal kuru yaz iklimi, Akdeniz iklimi olarak sınıflandırılmıştır (https://www.mgm.gov.tr). Marmara Bölgesi'nin iklimi Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında geçiş özelliği taşıdığından nemli iklim ormanları ve maki elemanları yan yana görülebilmektedir. Çatalca bölgesinde ise nemli-ılıman Karadeniz kıyı kuşağı iklimi hakim olduğundan ormanlık alanlar geniş bir alan kaplamaktadır (Garipağaoğlu ve Duman, 2018).

İstanbul bölgesinde 1929-2019 yılları arasında yapılmış ölçümlerde en yüksek sıcaklık Temmuz ayında 41.5°C, en düşük sıcaklık ise Şubat ayında -16.1°C olarak ölçülmüştür. En fazla yağışlı gün Ocak ayında, en az yağışlı gün Temmuz ayında gerçekleşmektedir. Aralık ayında 105.3 mm, Temmuz ayında 22.6 mm ortalama yağış gözlenmiştir (Tablo 1.1).

Bölge başlıca çalılık, otluk, sazlık ve ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Düşük eğimli topoğrafyalardan ise tarım alanı olarak yararlanılmaktadır. Ormanlık alanları oluşturan türler ibreli orman (kızılçam, karaçam, fıstık çamı, sedir, servi), yapraklı orman (meşeler, doğu kayını, adi gürgen, dişbudak, vd.), karışık orman olmak üzere üçe ayrılmıştır (Çelik ve diğ., 2018).

Tablo 1.1: İstanbul'un sıcaklık, güneşlenme süresi, yağış verilerinin aylara göre dağılımı (https://www.mgm.gov.tr).

	Ocak	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Aralık**
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.9	5.9	7.6	11.9	16.7	21.3	23.8	23.9	20.3	16	11.9	8.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.8	9.3	11.6	16.7	21.7	26.3	28.7	28.9	25.2	20.3	15.5	11.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.2	3.1	4.3	7.9	12.3	16.5	19	19.3	16	12.4	8.8	5.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.2	4.4	6.1	8.3	10.2	10.9	10.1	8.1	5.5	3.6	2.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.2	13.2	11.7	8.9	6.6	4.7	3	3.4	5.5	9	11.2	14.5

Tablo 1.1 (devam): İstanbul'un sıcaklık, güneşlenme süresi, yağış verilerinin aylara göre dağılımı (https://www.mgm.gov.tr).

Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	86.8	72.1	62.3	44.1	31.3	24.8	22.6	27.7	44.1	70	86.1	105.3
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.4	24.6	29.3	33.6	36.4	40.2	41.5	40.5	39.6	34.2	27.8	25.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-13.9	-16.1	-11.1	-2	1.4	7.1	10.5	10.2	6	2.2	-7.2	-11.5

1.1.4. Ekonomi

Kırsal yerleşimin fazla olması sebebiyle geniş düzlüklerde tarımsal faaliyetler, ormanlık alanların geniş bölgeler kaplaması ile ormancılık faaliyetleri ve ek olarak hayvancılık ve sanayi, bölgenin ana ekonomisini oluşturmaktadır (Garipağaoğlu ve Duman, 2018). Yöre halkının bir kısmı, bölgedeki taş ocaklarında çalışmaktadır.

1.1.5. Ulaşım

İstanbul-Edirne E80 yolunu kullanarak Çatalca-Büyükçekmece yönünden çıkış yaparak D569 otoyoluna bağlanıp 5 km sonra Çatalca merkeze ulaşılabilmektedir.

İstanbul-Edirne karayolundan (E-5) Büyükçekmece'de D569 otoyoluna bağlanarak 15 km yolculuktan sonra Çatalca merkeze ulaşılabilmektedir.

Kuzey Marmara (O-7) veya D020 otoyolu kullanılarak Gökçeali yönünden çıkış yapılarak çalışma alanına ulaşım sağlanabilmektedir.

401 numaralı belediye otobüsü ile Yenibosna-Çatalca/Çatalca-Yenibosna olmak üzere karşılıklı yaklaşık 10 dakikada bir seferler yapılmakta ve ortalama 108 dakika süren yolculukla Çatalca merkeze ulaşmak mümkündür (https://iett.istanbul).

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada İstanbul'un batısında oldukça yaygın olarak yüzeylenen Istranca Masifi'nin (Pamir ve Baykal, 1947) Çatalca bölgesindeki Şermat Kuvarsitlerinin (Yurtsever ve diğ., 1993) ayrışma özellikleri incelenmiştir. Mühendislik açısından önemli sonuçlar doğuran ayrışma

süreci sırasıyla, ayrıntılı saha, laboratuvar ve büro çalışmalarının verileri ışığında değerlendirilmiştir.

Arazi çalışmaları ile kuvarsitlerin ayrışma seviyeleri saptanmış ve belirlenen her ayrışma seviyesinden el örnekleri ve blok örnekler alınıp laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler üzerinde içyapı analizleri ile kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler yardımıyla Şermat Kuvarsitlerinin fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik olarak ayrışması ile mekanik ve fiziksel özelliklerinin değişimi belirlenip, elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve arazi gözlemleri ile birlikte sentezlenmesi ile kuvarsitler için çalışma alanındaki tipik ayrışma profili ile hakim ayrışma profilleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Oluşturulmuş ayrışma profilleri, bölgede yapılacak mühendislik çalışmalarında tasarım parametrelerinin belirlenmesi için saha araştırmalarında maliyet ve zaman tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca literatürde diğer kayalara nazaran daha az oranda çalışılmış olan kuvarsit kayalarının ayrışmasının incelenmesi önemli bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. İNCELEME ALANI İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hochstetter (1870) Trakya bölgesini Bizans Yarımadası, Ergene Havzası, Tekirdağ, Rodos ile Gelibolu Yarımadası ile Saroz Körfezi arasındaki kıyı zinciri, Tunca Masifi ile Istranca Dağları, Burgaz ve Jamboli arasındaki bölge olmak üzere beş jeolojik kısma ayırmıştır.

Pamir ve Baykal (1947) Istranca Masifinin Karadeniz'in güney batı dağlarını teşkil ettiğini, GD-KB doğrultulu uzandığını vurgulamışlardır. Kısmen alüvyonlarla ve Neojen yaşlı birim ile örtülü olduğunu bu havzanın kuzeyinde, bazen dar ve bazen genişleyen bir Nümülitik şeridi Istranca'ların eteklerini takip ettiğini, masifin otokton ve kristalen şist serisinden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Istranca dağlarını stratigrafik bakımdan metamorfik ve fosilli formasyonlar olmak üzere iki formasyon grubuna ayırmışlardır. Metamorfik formasyonları Kırklareli gnaysları, Fatmakaya gnaysları, fillat, kuvarsit, mikaşistler ve mermerler olmak üzere dört seviyeye, fosilli formasyonları Kretase ve Tersiyerden oluşan birimler olmak üzere iki seviyeye ayırmış ve fosilleri saptamışlardır. Metamorfizmanın en şiddetli derecesinin, Istranca'ların çekirdeğini teşkil eden Kırklareli gnayslarında görüldüğünü tespit etmişlerdir.

Sönmez Gökçen (1964) Çatalca bölgesinde yaptığı çalışmada Eosen resif kalkerleri üzerine diskordansla Congerialı seviye ve üstüne tedrici olarak Balıklı serinin geldiğini, onun üstünde tamamen Balıklı seri tipinde tabakalar geldiğini tespit etmiştir. Congerialı seri ve Balıklı seri Ostracodların çalışmasından Oligosen yaşlı olduğunu saptamıştır. Eosen resif kalkerindeki Ostracodlardan genus Bairdoppilata, kumlu sahil fasiyesini, genus Xestoleberis litoral denizi, mercanların da sıcak sahil denizini karakterize ettiğini saptamıştır. Eosen denizinin sığ olduğunu Oligosende denizin derinliğinin azalıp lagün, göl fasiyeslerinin oluştuğunu tespit etmiştir.

Bürküt (1969) Istranca Masifinde yaptığı çalışmada formasyonların şiddetli bölgesel metamorfizma geçirdiğini tespit etmiştir. Sedimantasyon yaşını Permiyen ve daha yaşlı olarak saptamıştır. Masifin güneyinde kristalin kompleks üzerine uyumsuz olarak fosilli Tersiyer'in geldiğini tespit etmiştir. Istranca Masifi'ndeki gnayslarda muskovit ve biyotitin hakim olduğunu, çeşitli yapısal özellikler gösterdiğini, anateksi ve migmatitleşme geçirdiğini

belirterek bunların İstanbul bölgesinde arkoz serisi olarak bilinen grovak ve konglomeralardan oluşan seriye benzediğini tespit etmiştir.

Üşümezsoy (1982) Istranca bölgesinin magmatik ve metamorfik jeolojisinin evrimi ve jeotektonik ortamını araştırmış, bölgenin jeolojik haritasını ve ince kesitlerini oluşturmuş ve incelemiştir. Istranca bölgesinin, granitik temel ve onu çevreleyen periferik metamorfik kuşaktan oluştuğunu tespit etmiştir. İkizlertepe yataklarında stok tipi molibdenit ve skarn tipi Cu-W mineralizasyonu olmak üzere iki tip mineralizasyon geliştiğini tespit etmiş en önemli mineralizasyonun Mo-Cu-W yatakları olduğunu vurgulamıştır.

Taner ve Çağatay (1983) Istranca Masifinde çok sayıdaki maden yataklarının hidrotermal kontakt tipi cevherleşme sonucunda oluşmuş skarn zonlarında bulunduklarını tespit etmişlerdir. Granodiyorit porfilerinin %0.24 Cu, %0.01 Mo içerdiğini, tenörün çok değişmekte olduğunu ve devamlılığın olmadığını tespit etmişlerdir. Kübanit ve valleriit cevherleşmenin 250°-300°C'de oluştuğunu ve yatakların mezokatatermal sıcaklıkta oluştuğunu saptamışlardır.

Hakyemez ve Erkal (1994) Trakya'nın Karadeniz kıyılarında yaptıkları çalışmada plaser rutilin kış kumsalında en yoğun olduğunu ve başlıca Üst Miyosen yaşlı Ergene formasyonundan oluşan kaynak alandan beslenen Ormanlı kıyısında diğer kumsal bölgelerine oranla daha yüksek oranda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Sakınç (1994) Istranca ve Çatalca masiflerinin doğusunda yaptığı çalışmada Geç Eosen sonrası karalaşmadan sonra Erken Oligosen dönemi başlarında faylanma ile gelişen transgresyonun, havzalaşmayı plaj fasiyesi ile başlattığını ve Oligosen ortalarına doğru da sığ denizelden derin denizele kadar olan ortamsal koşullar geliştiğini saptamış ve bu dönemin sonunda regresyonun başlaması ile de Geç Oligosen-Erken Miyosen delta fasiyeslerinin meydana geldiğini saptamıştır.

Yılmaz ve diğ. (1997) Türkiye'nin en kuzeyindeki tektonik bölümünü oluşturan Pontidlerin iç bölümlerini ve evrimini ayrıntılı bir biçimde açıklamışlardır. Pontidleri Batı, Orta ve Doğu Pontidler olmak üzere üç tektonostratigrafik birime ayırmışlardır. Batı Pontidleri Istranca Masifi, İstanbul-Zonguldak Zonu, Armutlu-Almacık Zonu ve Sakarya kıtası, Doğu Pontidleri magmatik kuşak, yay önü havza dolgusu, metamorfik masif kuşağı, ofiyolitik sütur zonu ve kalıntı havza dolgusundan oluşan doğu-batı uzanımlı bir tektonik kuşak, Orta Pontidleri ise Doğu ve Batı Pontid birimlerinin tektonik olarak yanyana gelmiş tektonik bir topluluğu temsil

ettiğini saptamışlardır. Pontidlerin Kimmer ve Alpin orojenik olaylarının kaydını taşıyan Tetis sisteminin segmentlerini temsil ettiğini saptamışlardır.

Şen ve diğ. (1998) Küçükçekme-Çatalca-Selimpaşa bölgesindeki istifin Trakya havzası kuzey şelfinin devamı olduğunu tespit etmişlerdir. Bölgedeki birimlerin Orta Eosen-Erken Alt Oligosen'de derinleşen şelf ortamında, geç alt Oligosen'den alt Miyosen'e kadar sığlaşan delta alanında ve üst Miyosen'de akarsu, gölsel-lagüner ortamında çökeldiğini belirtmişlerdir. Orta Eosen, Alt Oligosen ve Üst Miyosen dönemindeki tektonik hareketlerden etkilenmiş olduğu tespit edilmiştir.

Erdoğan ve diğ. (1999) Silivri bölgesinin kuzeyinde yaptıkları çalışmada Ergene formasyonunun agrega ve malzeme özelliklerini incelemişlerdir. Formasyonun %70, %80 oranında kum ve %20, %30 oranında çakıldan oluştuğunu ve Üst Miyosen yaşında olduğunu saptamışlardır. Milyar m^3 dolayında rezerv tespit etmişler ve agrega potansiyelinin yüksek olduğunu saptamışlardır.

Yenipazar (2000) Silivri bölgesinde Çantaköy Formasyonu içerisindeki bentonit üzerinde yaptığı çalışmada bentonitin döküm ve sondaj sanayine uygun olmadığını, Büyükkılıçlı bentonitinin ağartma toprağı olduğunu tespit etmiştir.

Okay ve diğ. (2001) Istranca Masifinin Geç Variskan ve Geç Jura-Erken Kretase orojenezleri sırasında deforme olmuş ve bölgesel metamorfizma geçirmiş kompozit bir orojenik kuşak olduğunu tespit etmişlerdir. Erken Permiyen orojenezinin, amfibolit fasiyesi, bölgesel metamorfizma, kabuk aneteksi ve granit oluşumunu ve yerleşimini barındırdığını saptamışlardır. Erken Triyas döneminde temel, granitlerden ve gnayslardan kaynaklı iri taneli sedimentler ile kaplandığını transgresif örtünün Jura ortasına kadar uzadığını, kıtasal ve sığ deniz sedimantasyonu ile karakterize edildiğini tespit etmişlerdir. Geç Jura ve Erken Kretase döneminde hem örtü hem de temel, yeşil şist fasiyesinde deforme olmuş ve bölgesel metamorfizma geçirdiğini saptamışlardır.

Toraman (2002) Elmacık-Erikler bölgesi civarında yaptığı çalışmada temel ve örtü birimlerin arasında deformasyon stilleri açısından farklılık olmadığını, bölgedeki tüm kayaların yüksek dereceli ve çok evreli deformasyon geçirdiğini ve Mesozoyik yaşlı birimlerde üç ayrı deformasyon evresi tespit etmiştir. Deformasyonun kuzeybatıya doğru bir hareket gösterdiğini saptamıştır.

Elmas (2002) Istranca Masifinin temel kayalarının yüksek dereceli metamorfik gnays ve bunları kesen granitik kayalardan oluştuğunu ve temel kayaların Erken Permiyen döneminde metamorfizma geçirdiğini vurgulamıştır. Temel kayaların kuzey ve kuzeydoğuya doğru derinleşen havzada oluşmuş Triyas-Orta Jura yaşlı transgresif birimler ile örtüldüğünü ve tüm kalınlığı boyunca granodiyoritik birimler tarafından kesildiğini ve düşük dereceli metamorfizmaya uğradığını tespit etmiştir. Istranca Masifi metamorfik kayalarını ilk örten birimin, Trakya Paleojen Havzasının doğu kesimlerine ait olan Orta-Geç Eosen ve Oligosen yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar olduğunu saptamıştır. Bu çökellerin KB-GD uzanımlı sağ yanal atım tektoniği denetiminde geliştiğini ve bu tektonizmanın Istranca Yükseliminin gelişimine neden olduğunu tespit etmiştir.

Aral ve Çengel (2003) Sefealanı bölgesinde yaptıkları çalışmada Tekedere grubu kayaçlarının koyu yeşil, sert-çok sert kaya sınıfında, amfibolitli şist, kuvars-biyotit-muskovit şist olduğunu tespit etmişlerdir. Balast olarak gölet, baraj, beton santrallerinde, yol yapımlarında ve diğer mühendislik yapılarında kullanıma uygun olacağını, yapı malzemesi olarak yarı ağır yapı malzemesi olacağını belirtmişlerdir. Sık çatlaklı olması nedeni ile 50cm den büyük blokların elde edilemeyeceğini tespit etmişlerdir.

Toraman ve diğ. (2003) Mesozoyik deformasyonun kinematik tarihini netleştirmek için temel ve örtü birimlerinin dokanakları boyunca yapısal çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Örtü birimlerinin yeşilşist fasiyesinde deformasyon gösterdiğini, dokanağın yakınında temel ve örtü birimlerin deformasyon tarzının benzer olduklarını tespit etmişlerdir. Mezosoyik kayalarda en az üç deformasyon evresi saptamışlardır.

Duman (2003) Çatalca, Muratbey civarında yaptığı çalışmada Istranca grubunun fillat, şist gibi geçirimsiz metamorfik kayaları çatlak ve kırıklar nedeniyle akifer niteliğinde olduğunu tespit etmiştir. İncelediği bölgeyi çok zayıf, zayıf, yerel çatlaklı, yerel taneli akifer olarak ayırtlamıştır. İncelediği suların hepsinin sert sular sınıfında yer aldığını tespit etmiş, taş ocaklarının, yeraltı ve yüzey sularının inorganik kimyasal bileşimleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadığını saptamıştır.

Örgün ve diğ. (2003) Çatalca, Muratbey civarındaki sularda yaptıkları çalışmada Türk İçmesuyu Standartlarıyla karşılaştırıldığında belirtilen sınırda olduğunu tespit etmişlerdir. Yüksek kalsiyumun bölgedeki kireçtaşlarından kaynaklandığını saptamışlardır.

Gerdjikov (2005) Istranca Kuşağının Veleka, Istranca ve Sakar olmak üzere üç tektonik birimden oluşan Senomaniyen öncesi bir orojen olduğunu, Veleka ve Istranca birimlerinin düşük dereceli metamorfizma gösterdiğini, Sakar biriminin amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini vurgulamıştır. Sakar birimindeki Triyas yaşlı kayalar arasında yapısal bir boşluğun olmadığını tespit etmiştir. Sakar birimi içerisinde metamorfizma derecesinin bölgesel ölçekte artmasının birçok plütona bağlı gelişen termal olayların ortak sonucu olduğunu saptamıştır.

Natal'in ve diğ. (2005) Istranca Masifi temelinin bir kısmını oluşturan ortagnaysları sınıflamış ve hornblend-biyotit, biyotit-muskovit ve lökokratik gnays olarak haritalamışlardır. Bu birimlerin modal kompozisyonlarını kuvars diyorit, tonalit, granodiyorit ve tronjemite karşılık geldiklerini saptamışlardır. Ortognaysların 312-315 My arasında yoğunlaştığını, çekirdek yaşlarının da 320-650 My arasında uzun magmatik dönemi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı metasedimentler mika şist, gnays ve az miktarda amfibolitten oluştuğunu mika şistlerdeki zirkonların 460-1273 My yaş verdiklerini saptamışlardır. Karbonifer ve daha yaşlı magmatikler olgun kıtasal bir havza üzerinde gelişmiş bir And tipi magmatik yay üzerinde oluştuğunu vurgulamışlardır.

Koruköy karmaşığına ait metakonglomeralar, kumtaşları, kuvarsitler ve şistler Kırklareli granitleri ile olan ilişkileri ve yapısal sitillerinden dolayı Permo-Triyas olarak yorumlamışlardır.

Geç Jura-Erken Kretase döneminde Istranca Masifinde yer alan tüm sedimenter ve magmatik birimlerin epidot-amfibolit veya yeşil şist fasiyesinde metamorfizma ve deformasyon geçirdiğini tespit etmişlerdir. Metamorfizma ve deformasyonun önceden oluşmuş tüm masife işleyen foliasyon, mineral ve çekme lineasyonu ile genişlediği yer yer 3 km varan milonit ve blasto-milonitlerden oluşma makaslama zonları geliştirdiğini tespit etmişlerdir.

Sunal ve diğ. (2006) Istranca Masifindeki metemorfik temeli oluşturan ortognaysları, hornblend-biyotit, biyotit-muskovit ve lökokratik ortognays olarak sınıflandırmışlardır. Ortagnaysların magmatik yaşlarının Karbonifer kümesinde 312±2 ila 315±5 My arasında biriktiğini tespit etmişlerdir. Magmatik zirkonların kalıtsal yaşları, 340 ila 650 My arasında magmatik aktivite kaydettiğini belirtmişler, Karbonifer ortagnaysların olgun bir kıtasal temelin tepesinde evrimleşmiş magmatik bir yayda oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bölgenin

tektonizmasını yitim ile ilgili olarak da yorumlamışlardır. Paleozoyik magmatizmanın uzun zamanlı bir aktivite olduğunu tespit etmişlerdir.

Güler (2006) İstanbul Ayazağa, Cebeci ve Çatalca bölgelerinde bulunan kireçtaşı ve kumtaşlarının betonlarda kullanılabilirliğini araştırmıştır. En yüksek dayanımı Çatalca ve Cebeci kireçtaşı agregalı betonların verdiğini tespit etmiştir. Kireçtaşı ve kumtaşı agregalarının yüksek dayanımlı betonda kullanılabileceğini saptamıştır.

Sunal ve diğ. (2006c) Istranca Masifi temelinin merkez kısmını oluşturan biyotit şistlerin 433 My dan sonra ve Orta Karbonifer'den önce geliştiğini ve güneyde yüzeylenen ortoamfibolit ve biyotit şist birlikteliğinin ise 270-300 My aralığında çökeldiğini tespit etmişlerdir. Merkezde yer alan biyotit şistlerdeki bu en genç yaşlı bölgenin kaynak alanında yer alan önemli bir magmatik olayı işaret ettiğini belirtmişlerdir.

Hagdorn ve Göncüoğlu (2007) Istranca Masifinin kuzeybatı kesiminde germanotip fluvial kırıntıların üzerinde yeniden kristallenmiş kireçtaşları, ekinoderm ve çift kabuklu fosiller tespit etmişlerdir. Bu fosillerin Istranca Masifinde elde edilmiş olan ilk Triyas yaşlı fosil olduğunu vurgulamışlardır. Kireçtaşlarının flaster tabakalı ve biyoturbasyonlu olduğunu tespit etmişlerdir.

Sunal ve diğ. (2008) metamorfik temelin orta kısmını oluşturan biyotit şistlerin 430 My sonra 315 My önce temel birimlerin güney sınırı boyunca yüzeylenmiş biyotit şistlerin 300-271 My arasında çökeldiğini tespit etmişlerdir. Ordovisyen öncesi Istranca Masifinin zirkonlarının kaynak alanının hem Avolonya hem de Armorikan tektonik birimleri ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Istranca Masifindeki Geç Karbonifer ortognayslardan elde ettikleri zirkon yaşlarının Mezoproterozoyik dönemlerin bulunamaması nedeniyle Gondwana'nın Kuzey Afrika kesiminden elde edilen birimlerle ilişkilendirmişlerdir.

Gün (2009) Kıyıköy bölgesinde yapmış olduğu çalışmada beş farklı deformasyon evresi saptamıştır. Birinci deformasyon evresi KD-GB yönlü ve KD doğru verjanslı sıkışma, ikinci deformasyon evresi KD-GB sıkışmanın devamını, üçüncü ve dördüncü evrede KB veya GB yönlü yönlü kinematik hareket ile KB-GD doğrultulu sağ yanal bir hareket, beşinci deformasyon evresinde ise önce KD-GB yönünde daha sonra ise KB-GD yönünde gerilmeler saptamıştır. Yapısal unsurların sıkışmalı bir tektonik rejimi gösterdiğini vurgulamıştır.

Şahin ve diğ. (2009) Çatalca yöresi granitoyidleri ile Sancaktepe granitinin mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özellikleri bakımından benzer özelliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Çatalca, Çavuşbaşı ve Sancaktepe birimlerinin I-tipi magma karakterinde olduklarını belirtmişlerdir. Çatalca metagranitinde 534.5±4.7 My, Sancaktepe granitinde, 253.7±1.75 My; Tepecik kataklastik granitinde 249.4±1.5 My ve Çavuşbaşı granodiyoritinde ise 67.75±0.59 My yaşları tespit etmişlerdir. Istranca Masifi granitlerinde ilk defa erken Kambriyen yaşı saptandığını vurgulamışlardır. Bölgenin tektono-magmatik evriminde çeşitli orojenik safhalar ile Paleotetis okyanusunun kuzeye dalımı ile ilgili oluşan magmatizmanın etkinliğini saptamışlardır.

Çılgın (2010) Lalapaşa bölgesinde yaptığı çalışmada metamorfik ve örtü birimlerin amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini ve metamorfik kayaçların mikro yapılarında güneye eğimli düzlem boyunca üst bloğun yukarı doğru, K-KB yönünde hareket ettiğini tespit etmiştir. Istranca Masifi temelini oluşturan paragnaysların, Silüriyen-Alt Karbonifer yaşlı yitim-yığışım kompleksini gösterdiğini saptamıştır.

Bayraktar (2010) Şermat Kuvarsitlerinde yaptığı çalışmada damar kayacı ve rekrisrtalize olmak üzere iki tip kuvars tespit etmiştir. Metamorfik ve sedimanter protoliti temsil eden alfa kuvarslar tespit etmiştir. Bir havza modeli oluşturmuş ve sahadaki kuvars kumlarının Miyosen-Pliyosen yaşlı olup, havza kenarındaki kuvarsitlerden türediğini tespit etmiştir. Kuvarsitler ve kuvars kumlarını karşılaştırmış ve kuvars kumtaşlarının Fe_2O_3, TiO_2, Na_2O, K_2O ve Al_2O_3 bakımından zengin olduğu saptamıştır. Kuvars kumlarının Subarkoz-Kuvarsarenit arasında olduğunu tespit etmiştir. Normalize kuvarsarenit değerleriyle karşılaştırmış ve kuvarsit ve kumların Rb, Ba, K, Nb ve Sr elementlerince fakir olduğu saptamıştır. Yapmış olduğu çalışmalar sonucunda kuvarsitlerin cam endüstrisi açısından daha ekonomik olacağını dile getirmiştir.

Sunal ve diğ. (2011) Istranca Masifinin güney kısmının ortognays, mikaşist ve amfibolitlerden oluşan bir temel ve metakonglomera ve metakumtaşından oluşan epiklastik bir örtü biriminden oluştuğunu dile getirmişlerdir. Her iki sekansın da geç Juradan erken Kretaseye kadar sıkışma rejiminin yeşilşistten epidot-amfibolit fasiyesine kadar metamorfizma geçirdiğini saptamışlardır. Tepe metamorfizmasının 157.7±1.5 ve 162.3±1.6 Ma arasında kümelendiğini saptamışlardır. Sıkışma rejiminin bindirme ve devrik kıvrımlanmadan kaynaklandığını tespit etmişlerdir.

Bedi ve diğ. (2011) Istranca Kristalen Kompleksinin Istranca napları olarak adlandırılan birkaç naptan oluştuğunu ve temellerindeki Triyasik litostratigrafi ve metamorfizmalardaki farklarına göre sınıflandırıldığını tespit etmişlerdir. Kimmer napının ilk yan yana gelmesinin Erken Juradan önce olduğunu kıvrımın muhtemelen güneye olduğunu saptamışlardır. Orta Jura-Geç Kretase ve Kampaniyen sonrası dönemde bölgesel basınç ve çok karmaşık naplar ile sonuçlandığını ve 100 metre kalınlığa kadar ulaşan milotinik-blastomilonitik bölgeler oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Elmas ve diğ. (2011) Istranca Masifinde yaptıkları çalışmada taban bloklarının zayıf metamorflu ve foliasyonlu granit yapıları tarafından kesildiğini, deformasyon dereceleri, sin-tektonik/kinematik karakterleri ile Permiyen metagranitlerinden açıkça ayrılabildiğini tespit etmişlerdir. Tavan bloklarının metamorfizma geçirmemiş ve zayıf foliasyonlu lökogranitler tarafından kesildiğini saptamışlardır. 156.5 ila 143.2 My arasındaki sünek deformasyonun tabandaki sintektonik plütonizm sırasında geliştiğini saptamışlardır. Dekolman bölgesindeki milonitik ve kırılgan deformasyonun Oxfardian-Erken Berriasian ve Erken Valanginian-Aptian döneminde geliştiğini tespit etmişlerdir. Rodop ve Istranca Masiflerinde daha önceden tanımlanmamış temel ve örtü birimleri arasında genişlemeli bir makaslama zonu ve metamorfik çekirdek kompleksi oluşturan Geç Jura-Erken Kretase genişlemesini saptamışlardır.

Bedi ve diğ. (2011a) Istranca Kristalen Kompleksinde yer alan birbirlerinden farklı litoloji, yaş ve metamorfizma gösteren napların bulunduğunu ve bunların stratigrafik konumunu ve özelliklerini tespit etmişlerdir. Sarpdere, Mahyadağ ve Doğanköy naplarının transgresif olarak düşük dereceli metamorfizma geçirdiklerini ve Jura yaşlı birimler tarafından üzerlendiklerini belirtmişlerdir.

Natal'in ve diğ. (2012) Istranca Masifinin Paleozoyik temelindeki metasedimenter kayaçların Ordovisyen, Erken Siliriyen, Geç Karbonifer yaşlarında olduğunu saptamışlardır. Biyotit-hornblend granit gnays, biyotit muskovit granit gnays ve lökokratik granit gnays olmak üzere üç magmatik komplekse ayırmışlar ve yaşlarının 308-315 My olduğunu tespit etmişlerdir. Triyas metasedimenter kayaçların geç Jura-Erken Kretase deformasyonlarından etkilendiğini saptamışlardır. Karbonat napının güneyden geldiğini ve yerleşme yaşının Jura olduğunu, Karbonifer ve Permiyen magmatik kayaçlarının yitim ile ilgili olduğunu tespit etmişlerdir. Istranca Masifinin Asya kökenli, Paleotetisin kuzeyinde evrimleşmiş, Ordovisyen-Triyas magmatik yayının bir parçası olduğunu saptamışlardır.

Natal'in ve diğ. (2012b) yaptıkları çalışmada, Istranca Masifi'nin doğu kesiminin farklı tektonik ortamlara ait kuzeye verjanslı naplarla bir araya gelmiş kayaçların yığını olduğunu tespit etmişlerdir. Birbirlerinden farklı üç tip tektonik ortama ait kayaç birlikteliklerinin yoğun bir tektonik karışım gösterdiğini saptamışlardır. Mahya şistlerinin birikinti kamasına ait olduklarını vurgulamışlardır. Jura-Erken Kretase deformasyonlarının geç dönem tektonik hareketleriyle benzer olduğunu ve KD-D eğimli KD doğru bir hareket gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Bozkurt (2013) Lalapaşa bölgesinde yaptığı çalışmada jeoloji haritası oluşturmuş ve bölgenin stratigrafisini incelemiş Prekambriyen-Paleozoyikten günümüze kadar oniki birim ayırtlamıştır. Paleozoyik yaşlı birimlerin birlikte deformasyon geçirdiği, Triyas yaşlı birimlerin de Paleozoyik birimlerle aynı dönemde veya daha ileri bir dönemde aynı yönde sıkışmaya maruz kaldıklarını dile getirmiştir. Paleozoyik birimlerin hem sünek hem kırılgan deformasyon yapıları gösterdiğini belirtmiştir. KKD-GGB yönünde bir sıkışma, K-KD'ya doğru makaslama olduğunu tespit etmiştir.

Şahin ve diğ. (2014) Çatalca bölgesindeki metagranitler üzerinde yaptıkları çalışmada SHRIMP ve LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaş tayini ve jeokimyalarını araştırmışlardır. Güneydoğu Istranca bölgesinde Çatalca metagraniti ve İhsaniye metagraniti olmak üzere iki farklı metagranit ayırt etmişler ve bu metagranitlerin subalkalin, yüksek potasyum, kalk-alkali ve peralüminöz karaktere sahip olduklarını saptamışlar. İlk kez Çatalca metagraniti (534.5 ± 4.7 My) ve İhsaniye metagraniti (546.0 ± 3.9 My) için geç Proterozoyik-Erken Kambriyen yaşları tespit etmişlerdir ve bu birimlerin Istranca Masifindeki diğer plütonlarından daha eski olduklarını saptamışlardır. Çatalca ve İhsaniye metagranitinin Gondwana'nın kuzey kısmı boyunca Proterozoyik-Erken Kambriyen döneminde Andean tipi yitim ortamında olabileceğini yorumlamışlar ve bu verilerin Kadomiyan magmatik yayının varlığını desteklediğini tespit etmişlerdir.

Bedi ve diğ. (2013) Istranca Kristalen Kompleksinde birbirlerinden farklı litoloji, yaş ve metamorfizma gösteren ve birbirleriyle tektonik ilişkili farklı yapısal istiflerin bulunduklarını tespit etmişler, düşük dereceli metamorfizma geçirmiş Jura birimlerini stratigrafik olarak sıralamış ve birimlerde yer alan fosilleri saptamışlardır.

Eskibalcı ve diğ. (2013) Çatalca-Akalan bölgesinde yaptıkları çalışmada kuvarsitlerin %97,35 SiO_2, %1,66 Al_2O_3, %0,16 Fe_2O_3, %0,13 TiO_2, %0,07 MgO ve mineralojik olarak kuvars ve daha az miktarda demir mineralleri (hematit, ilmenit, turmalin) içerdiklerini tespit etmişlerdir. Fe_2O_3 içeriğinin bazı cam uygulamaları için uygun olduğunu fakat züccaciye üretimi için gerekli olan değerden yüksek olduğu tespit etmişlerdir.

Bedi ve diğ. (2013a) Istranca Naplarını Sarpdere, Mahyadağ, Doğanköy Napları olarak ayırtlamışlardır. Sarpdere Napının sleyt ara tabakalı Alt Triyas arkozik metakumtaşlarını takiben Orta-Üst Triyas karbonatları ve Üst Triyas kırıntılı ve karbonatlarının ardalanmasından oluştuğunu, Mahyadağ Napının Geç Paleozoyik-Triyas yaşlı düşük dereceli metamorfik karbonat- silisiklastik sedimantlerden oluştuğunu, Doğanköy Napının ise Geç Karbonifer-Erken Permiyen kalk-alkalin granitoyidlerin sokulum yaptığı Prekambriyen-Paleozoyik metasedimentleri içerdiğini ve metaklastik ve metakarbonatlardan oluşan Triyas yaşlı örtü biriminden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Istranca Naplarının Triyasın sonunda sıralandığını ve transgresif Alt Jura yaşlı kırıntılılar ve Orta-Geç Jura karbonatlar, siyah şeyl ve karbonat-silisiklastik sedimanter istif ile örtüldüğünü saptamışlardır. Istranca Masifinin çok karmaşık yapısal kompleksi olduğunu bu nedenle Istranca Masifi yerine Istranca Kristalen Kompleksi adının kullanılmasını önermişlerdir.

Okay ve Özcan (2014) ana olarak Çatalca bölgesinde yapmış oldukları gezide İstanbul Zonu ve Istranca Masifi'ndeki jeolojik farklılıkları, mostralarda farklı formasyonların özelliklerini, yayılımını, stratigrafisini ve bu iki zonun üzerine uyumsuz olarak gelen post-tektonik Eosen ve daha genç tabakaları göstermişlerdir. Istranca Masifinin Geç Jura-Erken Kretase döneminde yeşilşist fasiyesi metamorfizması ve deformasyon geçirdiğini Istranca Masifinin temelinin büyük bir kısmı Geç Karbonifer-Permiyen granitlerinden oluştuğunu, Permo-Karbonifer granitoidlerin sokulumundan önce Istranca Masifi Karbonifer döneminde bölgesel metamorfizma geçirdiğini İstanbul Zonunda Istranca Masifinde bilinmeyen iyi gelişmiş fosilli Paleozoyik sedimanter sekansa sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Yazıcı ve Natal'in (2015) Şermat Kuvarsitinin, metakonglomera, metakumtaşı ile başlayan ve kuvars-serizit şistlere kadar derecelendirilen transgresif bir istif oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Tabaka kalınlığının, inceden ortaya kadar değişebileceğini saptamışlardır. Geç Jura-Erken Kretase foliasyonunun (S1) genellikle birincil tabakalanma düzlemine paralel olduğunu, foliasyon ve lineasyonların tutarlı bir şekilde kuzeydoğuya doğru eğimli ve

kinematik göstergelerin, aynı yönde tektonik bir taşınmayı gösterdiğini tespit etmişlerdir. Şermat Kuvarsitindeki yüksek gerilmenin, Şermat Havzası sedimenter ortamlarının belirlenmesinde kullanılabilecek kaval yapısı ve çapraz tabakalanma gibi sedimanter yapıların korunmasını engellediğini bununla birlikte, mevcut tüm kalıntıların, sedimantlerin güneydeki bir kaynak alandan taşındığını tespit etmişlerdir.

Machev ve diğ. (2015) Variskan metamorfizması ve deformasyonu ile ilgili olarak magmatizmanın iki aşaması belirlemişlerdir. L1 granitini sintektonik olarak yorumlamışlar ve yitim ile ilgili magmatik yay kökenini gösterdiğini saptamışlardır. Kristalleşmelerine yüksek sıcaklıkta sıvı hal deformasyonu ve ardından düşük sıcaklıkta katı hal deformasyonu eşlik ettiğini tespit etmişlerdir. L2 granitlerinin ise ana kayaların metamorfizmasının ve deformasyonun daha sonraki aşamasında sokulum yaptığını ve zayıf deforme olduğunu tespit etmişler ve postmetamorfik olarak yorumlamışlardır.

Bedi ve diğ. (2015) Karbonifer-Permiyen yaşlı Variskan granitoyidlerinin bir bölümü Prekambriyen erken Paleozoik yaşlı Tekedere grubunun kısmi ergimesiyle oluşan migmatitlerden itibaren oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bölgedeki tüm birimlerin, granit, granadiyorit, gabro, siyenit, diyorit, kuvars diyorit bileşimli granitoyidler ile temsil edilmiş olan geç Santoniyen-Kampaniyen yaşlı Demirköy plutonu kayaçları tarafından kesildiğini tespit etmişlerdir. Tüm napların Geç Jura-Erken Kretase döneminde gelişmiş olan düşük dereceli tektonotermal bir olaydan etkilendiğini, Demirköy plutonu kayaçlarının da dinamik metamorfizma etkilerini taşıdığını saptamışlardır.

Cattò ve diğ. (2018) Istranca Masifinin Permiyen, Triyas ve Kretase yaşlı kayalarının düşük sıcaklık termokronolojisini incelemişlerdir. Geç Jura döneminde kabuk kısalması ve bölgesel metamorfizmanın ardından Istranca Masifinin merkezinde hızlı soğuma ve yüzeylenme yaşandığını tespit etmişlerdir. Istranca Masifinin Rodopların aksine Vardar-İzmir-Ankara okyanusunun kapanmasıyla ilişkili sıkışma stresinden büyük ölçüde etkilenmediğini vurgulamışlardır.

2.2. ARAŞTIRMA KONUSU İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Peltier (1950) suyun, genel olarak kimyasal ayrışmanın varlığı veya yokluğu ile eş anlamlı olduğunu, kayaların çeşitli mineral bileşenlerinin oksidasyonu, hidrasyonu ve çözülmesinden oluşan kimyasal bozunmanın, teorik olarak iklimle ilgili olabileceğini öne sürmüştür. Nemli

tropik bölgelerde hızlı kimyasal ayrışma, nemli alt kutuplarda hızlı mekanik ayrışmanın hakim olduğunu, kurak bölgelerde, her türlü ayrışma oranı nispeten düşük olduğunu saptamıştır. Yarı kurak alçak enlemlerde ise muhtemelen orta derecede hızlı kimyasal ayrışma hakim olduğunu ve yarı kurak alt arktik bölgelerde yavaş veya görece önemsiz don olayları beklenebileceğini yorumlamıştır.

Hallbauer ve diğ. (1973) numune merkezindeki makroskopik kırık paterninin stres seviyesine bağlı olduğunu, görünür kırıkların oryantasyonu tabakalanma ile çakıştığını ve bu kırıkların tabakalara paralel yönlenmiş muskovit pulları ile ilişkili olduğu saptamışlardır. Çatlak yoğunluğunun büyük ölçüde bağıl stres seviyesine bağlı olduğunu, mikro çatlakların büyümesinin, mümkün olan her yerde klivajı takip etme eğiliminde olacağını ve bu da daha geniş çatlak oryantasyonu açılarına yol açacağını saptamışlardır. Gerilme-deformasyon eğrisinin pik noktasından sonra kuvarsit numunelerinin yük taşıma kapasitesindeki hızlı düşüşün, mevcut malzeme köprülerinin makroskopik kırık düzleminden önce yenilmesine bağlanabileceğini vurgulamışlardır. Kırılma düzleminin son yönü, tabakalanma düzlemleri, mineral bileşenlerin yönelimi ve kayanın tektonik tarihi ile ilgili mevcut süreksizliklerden etkilendiğini belirtmişlerdir.

İrfan ve Dearman (1978) İngiltere'nin doğusunda yaptıkları çalışmada Hingston Down'daki granit kaya malzemesinin ayrışmasının beş ana ve üç alt aşamasını tanımlamışlardır. Kaya kütlesindeki ayrışma dereceleri, kaya malzemesinin süreksizliklerden içe doğru renk bozulması ve kayanın süreksizliklerden kademeli olarak içe doğru ayrışmamış zemine dönüşmesi olarak karakterize edilmiştir.

Martin ve Hencher (1986) yapmış oldukları çalışmada ayrışmış kayaların tanımı için prensipler tartışılmış ve dikkatle tanımlanmış terminoloji ve hem malzeme hem de kütle ölçeklerinde sınıflandırmalar için kılavuzlar sunmuşlarıdır. Heterojen ayrışmış kayaçlar için idealize edilmiş bir bölge şeması sunmuşlar ve önerilen her bölge sınırının mühendislik önemi vurgulamışlardır. Ayrıca, standart bir şemanın kabul edilebilir olması için, farklı iklim koşullarında çok çeşitli kaya türlerine uygulanabilir olması gerektiğini vurgulamışlardır.

Cooks ve Otto (1990) likenlerin, Magaliesberg Kuvarsitlerinin ayrışma işlemlerine etkisini incelemişlerdir, bitkiler tarafından salgılanan kimyasal bileşiklerin, kuvarsitin ayrışmasında ayrışma maddesi olarak etki ettiği sonucuna varmışlardır. Likenileşmenin erken gelişim

aşamalarında substrattaki ayrışma çukurlarının ve kanallarının gelişmesine yol açan aktif biyokimyasal ayrışma ile karakterize ettiğini, sonraki aşamalarda ise biyofiziksel ayrışma substratın mekanik olarak parçalanmasıyla mikroskobik özelliklerin genişlemesinden ve derinleştirilmesinden daha belirgin olduğunu saptamışlardır. Biyokimyasal süreçlerin bu nedenle biyofiziksel süreçlerin önünü açtığı sonucuna varmışlardır.

Hadizadeh ve Law (1991) tane sınırları ve gözenek boşluklarının geometrisi ve tane-matriks ilişkisi gibi doğal mikro yapısal özelliklerinin gözenek suyunun fizikokimyasal etkilerinin kayanın gücünü etkileme derecesini kontrol etmede önemli bir faktör olabileceğini vurgulamışlarıdır.

Tuğrul (1995), Niksar bölgesinde yer alan Eosen yaşlı bazaltlardaki ayrışmanın, mühendislik özelliklerine etkisini değerlendirmiştir. Bazaltlar için ayrışma profili oluşturmuş ve yeni ayrışma sınıflaması geliştirilmiş ve her sınıfı petrografik ayrışma indeksi ile sayısal olarak ifade etmiştir. 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 olduğunu saptamıştır. Ayrışmanın derecesi arttıkça, bazaltların bileşimindeki SiO_2, CaO, Na_2O ve K_2O'nun azaldığını MgO'nun ise artmış olduğunu göstermiştir.

İrfan (1996) granitlerin ayrışması için bir model oluşturmuş ve buna dayanarak, mühendislik kullanımlarında ayrışmış granitin karakterizasyonu için Hong Kong'da yaygın olarak kabul edilen malzeme ve kütle ayrışma şemalarında değişiklikler önermiştir. Sıvılaştırma indeksi ve alüminanın kalsiyum ve sodyum oksit oranı haricinde, önerilen kimyasal indekslerin çoğunun, granitler için kimyasal ayrışma derecesinin iyi göstergeleri olduğunu saptamıştır. Mikro-petrografik endekslerin ise ayrışmış granitlerin çoğu fabrik elemanını karakterize etmek için kullanılabileceğini tespit etmiştir. Erozyon, olgunlaşmamış profiller, subtropikal koşullar kalın rezidüel zeminlerin gelişmesine izin vermemiş olabileceğini vurgulamıştır. Kuru yoğunluk ve bir dereceye kadar Schmidt çekiç test değerlerinin, tamamen ayrışmış granit içindeki alt-dereceler de dahil olmak üzere, ayrışma derecesinin iyi ölçüleri olduğu tespit etmiştir.

Nishiyama ve Kusuda (1996) ayrışmanın, doğal ışık altında tespit edilemeyeceğini, ancak ultraviyole ışık altında net bir şekilde görselleştirilebileceğini tespit etmişlerdir. Metil metakrilat/floresan boya ile emdirilmiş gözenek boşlukları ve mikro çatlaklar, ultraviyole ışık

altında daha parlak göründüğünü saptamışlardır. Ayrışma sürecinin ilerledikçe, aşama 1 ve 2'de parlaklık ve gözenekliliğin hızla arttığını ve daha sonra azaldığını tespit etmişlerdir. P dalgası hızı ve çekme mukavemeti ayrışma ile kademeli olarak azaldığını, çekme mukavemetinin son aşamada hafif bir artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Wray (1997) kuvars kumtaşlarının morfolojik olarak daha çözünür karbonat kayaçlarıyla kıyaslamış ve kireçtaşı üzerinde bilinen bir çözelti kökeninin özelliklerine olan benzerliğini vurgulamıştır. Karst teriminin artık tamamen karbonatlar ile sınırlı olmamasını gerektiğini vurgulamıştır.

Lauriol ve diğ. (1997) Kuzey Yukon (Kanada) bölgesindeki taraçalardaki kuvarsit bloklarının iki ayrı ayrışma olayı gösterdiğini belirtmekte, birincil ayrışma olayında kloritin parçalandığını ve aksesuar pirit tanelerinin çözündüğünü ve böylelikle kuvarsitin rengini koyu yeşilden beyaza dönüştüğünü, kayanın gözenekliliğinin arttığını ve neredeyse demirin tamamen süzüldüğünü tespit etmişlerdir. İkinci ayrışma olayında ise daha önce ayrışmış beyaz kuvarsit blokları üzerindeki kırmızımsı kahverengi-kahverengi kabukların gelişmesini içerdiğini, bu ayrışma sırasında demirin, blokların çevresinden veya blokları kesen kırıklar boyunca geliştiğini, ikinci ayrışmanın, ancak kloritin parçalanması sonucu kayanın gözenekliliğinin artmasıyla gelişebileceğini belirtmişlerdir.

Trudgill ve Viles (1998) kireçtaşı yüzeyini kolonize eden epilitik likenler kimyasal olarak alttaki taşa saldırırlarken aynı zamanda taş yüzeyini diğer ayrışma ajanlarından koruduklarını belirtmişlerdir. Likenler yaşlandığında, taş yüzeyinden parçacıkların biyofiziksel olarak ayrılması meydana gelebileceğini tespit etmişlerdir. Kimyasal ayrışma hızlarında olduğu gibi, kaya yüzeyinde (ve kaya gözenekleri içinde) su kalma süresi, ayrışma hızları üzerinde hayati bir kontrol olduğunu ve tüm deneysel ve saha çalışmalarının bu hayati parametrenin gözlemlerini içermeleri gerektiğini vurgulamışlardır.

Arel ve Tuğrul (2001) İstanbul'da yüzey veren bir granit kayacın, kimyasal işlemlerden ziyade fiziksel süreçlerin baskınlığını tespit etmişlerdir. Ayrışma arttıkça, SiO_2, Na_2O ve CaO miktarının azaldığını Al_2O_3, Fe_2O_3 ve MgO'nun miktarı arttığını tespit etmişlerdir. Kayanın dokusal ve yapısal özelliklerinin, mukavemet üzerinde doğrudan kontrolü olduğunu saptamışlardır. Su emme, etkili gözeneklilik ve toplam gözeneklilik, ayrışma derecesi ile

arttığını, gözeneklilik arttıkça, birim ağırlığın ve kaya gücünün ayrışma ile azaldığını tespit etmişlerdir.

Rahardjo ve diğ. (2004) ayrışma derecesindeki bir artışın, gözenek hacminde bir artışa neden olduğu ve daha geniş bir gözenek boyutu dağılımı aralığı ürettiğini saptamışlardır. Gözenek hacmindeki değişimin ve ayrışmış kayanın bir profili vasıtasıyla gözenek boyutu dağılımının, derinlikle ayrışma derecesindeki değişimin gösterge niteliğinde bir ölçüsü olarak kullanılabileceğini sunmuşlardır. Rezidüel zeminlerin mühendislik özellikleri de derinliğe göre değiştiğini ve bu nedenle, belirli bir bölgeden gelen rezidüel zeminlerin mühendislik davranışının uygun bir değerlendirmesi için ayrı ayrı karakterize edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Tuğrul (2004) Türkiye'nin farklı bölgelerinden alınan farklı kaya türlerinde (kumtaşı, kireçtaşı, granodiorit ve bazalt) ayrışmaya bağlı gözeneklilikteki değişiklikleri incelemiştir. Kayaçların ayrışma ile ilgili mikroyapısının fiziksel ve mekanik özelliklerini kontrol eden ana özellik olduğunu saptamıştır. Gözenekliliğin arttıkça kuru birim ağırlığının ve tek eksenli basınç dayanımının azaldığını tespit etmiştir. İncelediği tüm kaya türleri için ayrışma yoluyla oluşan kil minerallerinin gözenekleri doldurduğunu, böylece yüzey alanını arttırdığını ve mikro gözeneklilik oluşturduğunu vurgulamıştır.

Jomard ve diğ. (2007) ayrışmanın karakterizasyonu ve sayısallaştırılmasının belirlenmesi için verilerin, kayanın kalitesine bağlı olan ve jeolojik ve yapısal mostraların araştırılmasıyla uyum içinde olan elektriksel direnç ile doğrudan dalgaların hızı arasında çok iyi bir korelasyon gösterdiğini vurgulamışlardır. Bu karşılaştırma ile ayrışmış bölgeleri ayrışmamış bölgelerden ayırt etmeyi mümkün kıldığını, ayrışma alanına ne kadar yaklaşılırsa efektif kohezyonun o kadar azaldığını ve efektif içsel sürtünme açısının arttığını mekanik verilerle uyumundan anlaşıldığını ifade etmişlerdir.

Erginal ve diğ. (2007) Gelibolu Yarımadası'nın batı kesiminde Oligosen kumtaşları üzerinde gelişen alveolar ayrışmanın plajiyoklaz ve biyotit bakımından zengin, karbonat çimentolu, orta-ince tekstürlü kumtaşları üzerinde yoğunluk kazandığını tespit etmişlerdir. Ayrışmanın gelgit içi zon boyunca biyojen kökenli şekillenme ile desteklendiği saptamışlardır. Kumtaşının element bileşiminin alveolar ayrışmanın önemli bir değişken olduğunu tespit etmişlerdir. Alveolerin genellikle dairevi şekillerde olduğunu ve çatlak denetimli ayrışma hücrelerinde elips

şekiller egemenliğinde olduğunu tespit etmişlerdir. Deniz seviyesinden itibaren ilk 1 metrelik yükselti kuşağında biyolojik ayrışmanın etkin olarak gerçekleştiğini saptamışlardır.

Ündül (2007), Çınarcık Barajı göl alanında yüzeylenen diyorit, dunit ve piroksenit türü kayaçların ayrışmaya bağlı olarak mühendislik özelliklerindeki değişimlerini ve etkilerini araştırmış ve ayrışma profilleri oluşturmuştur. Diyoriti oluşturan mineraller arasındaki kenetlenmenin bozulmasından dolayı ayrışmaya daha yatkın olduğunu saptamıştır. Tek eksenli sıkışma dayanımı, doygun birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi, P dalga hızı ve mikropetrografik indeks değerlerinin ayrışma ile azaldığını gösterirken, etkin gözeneklilik, ağırlıkça su emme, toplam gözeneklilik ve kızdırma kaybı değerlerinin artış gösterdiğini saptamıştır. Kızdırma kaybı değerlerinin, fiziksel ve mekanik özellikler ile arasında anlamlı ilişkiler saptandığından, kızdırma kaybı değerleri incelenen kayaçların ayrışmalarını ifade etmek için kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Usturbelli (2008) Karadeniz Teknik Üniversitesi Merkez Kampüsünde çevre düzenlenmesi için 1970 yılında yapılan taş örme duvarlarında kullanılan tüflerin ayrışma durumunu ve ayrışabilirliğini araştırmış olup bunların temin edildiği taş ocağından alınan sağlam tüflerin ayrışabilirliği ile karşılaştırmıştır. Taş ocağından alınan litik kristal tüflerin, deney sonuçlarına göre yapı malzemesi olarak kullanılamayacağını tespit etmiştir. Duraylılığı en fazla etkileyen faktörlerin sırasıyla yıllık ortalama yağış, sıcaklık değerleri, donma ve çözülmeyi oluşturacak iklimsel koşulların varlığı, hidrolojik koşullar ve nemlilik ile kimyasal bileşimlerin olduğunu, duraylılığı en az etkileyen faktörlerin ise tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü, suda dağılma olduğunu saptamıştır. Yapı taşlarının mühendislik zamandaki performans değişimi (duraylılığı) ile en fazla etkileşim halinde parametrelerin; ayrışma durumu ve kimyasal bileşim olduğunu saptamıştır.

Piccini ve Mecchia (2009) Gran Sabana (Venezuela) bölgesindeki Auyan-tepui'de bulunan kuvarsitlerde gelişmiş karstik mağara oluşumlarını incelemişlerdir. Yüzey suyunun çok düşük SiO_2 konsantrasyonunda olduğunu ve bunun sebebinin sürekli bir yağmur döneminin seyreltme etkisi nedeninden dolayı SiO_2 konsantrasyonunda önemli bir düşüşe neden olduğunu tespit etmişlerdir. SiO_2 ile derinlik arasındaki pozitif eğilim mevcut olduğunu, dikey çatlaklar boyunca yavaş süzülmenin ya da mağara duvarlarındaki su akışının düşey hareketinin, kuvarsta önemli bir çözünmenin meydana gelebileceğini belirtmişlerdir. Dar çatlaklar boyunca, suyun düşük hızı, su ve kaya arasında daha fazla reaksiyon süresi sağladığını, feldspatların ve diğer

silikat minerallerinin kuvars açısından daha yüksek çözünürlüğü ve su-kaya temasının daha uzun olmasının, silika ve elektriksel iletkenlik artışını açıkladığını tespit etmişlerdir.

Erginal ve Öztürk (2009) iki farklı kıyı ortamında Kuvaterner Eolinit ve Eosen kumtaşlarının ayrışmasını araştırmışlardır. Eosen yaşlı birimlerin bal peteği şekilli ayrışma hücreleri ile temsil ediğini, eolinitlerde ise kayanın yapısal zayıflıklarının da etkisiyle bol ve daha büyük oranda heterojen ayrışma boşluklarının gelişmekte olduğu tespit etmişlerdir. Eosen kumtaşlarındaki petekli çözülme hücrelerini kimyasal olarak genişleten ve fiziksel olarak da parçalayan kaya kazıyıcı organizmaların önemini ortaya koymuş, eolinitlerde ise ince ve çapraz tabakalanma yapısının deniz suyu ve tuzunun etkisini arttırdığını tespit etmişlerdir. Eolinitin bu özelliğinin ve daha yüksek oranda karbonat içeriğinin Kuvaterner yaşlı kayaçtaki ayrışma boşluklarının hızlı gelişimini sağladığını tespit etmişlerdir.

Marques ve diğ. (2010) foliasyonun, ayrışma profillerinin geliştirilmesinde çok önemli bir kontrol faktörü olduğunu vurgulamışlardır. Foliasyonun yüzeye paralel olduğunda, farklı ayrışma seviyeleri arasındaki temasların ani olacağı, foliasyon boyunca ayrışma, kaya kütlesinin farklı bölgeleri arasında, muhtemelen mineral bileşimindeki heterojenliklerle ilişkili keskin temaslar yarattığını tespit etmişlerdir. Yapısal süreksizliklerle birlikte, tektonik etkenlerin, farklı ayrışmış seviyeler arasında keskin geçişlerin varlığından sorumlu olduğunu vurgulamışlardır. Yapısal jeoloji ne kadar karmaşıksa, kaya kütlesindeki ayrışma bölgelerinin mekansal dağılım paterninin o kadar kaotik olduğu gözlemlemişlerdir. Ayrışmış biyotitin ve granatın demir oksit salgıladığını ve renk değişimlerine neden olduğunu, ilk iki kayanın mineral birlikteliği nedeniyle feldspatların, biyotitlerin ve granatların, ayrışmanın gelişimini daha iyi karakterize eden mineraller olduğu göstermişlerdir. Ayrışmanın bir sonucu olarak demir oksitleri serbest bırakan minerallere (biyotit ve granat) sahip olduğunu ve bu oksitlerin, en fazla ayrışmış malzemeler için bir çimento görevi gördüğünü, böylece döngünün bu kayaların ayrışması üzerindeki etkisini azalttığını tespit etmişlerdir.

Raza ve diğ. (2010) Naharmagra kuvarsitlerinde yaptıkları çalışmada petrografik sonuçlarla birlikte kimyasal değişim indeksi ve plajiyoklaz değişim indeksi değerlerinin, sıcak ve nemli iklim koşullarında yoğun kimyasal ayrışmayı destekler nitelikte olduğunu saptamışlardır. Kuvarsitlerin küçük metasomatik değişiklikler geçirdiğini ve değişken Al_2O_3 içerikleri değişken derecelerde ayrışma koşullarına, değişken miktarda kararsız mineral oluşumu, değişken ayrışma derecesine neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Rossi ve Graham (2010) zamanla mikro çatlakların genişlediğini ve klastlar arasında yayıldığını tespit etmişlerdir. Gözeneklerin daha yakın aralıklı ve birbirine bağlı hale geldikçe, klastların parçalandığını ve daha kırılgan hale geldiğini tespit etmişlerdir. Daha nemli iklime sahip çalışma alanlarında ise mikro çatlakların genişlemesi yoluyla gözeneklilik oluşturmanın yanı sıra, birincil mineralleri değiştirerek ve ikincil mineraller oluşturarak kimyasal ayrışma süreçleri daha yoğun olduğunu saptamışlardır.

Ündül ve diğ. (2011) üç hat boyunca elektriksel özdirenç tomografisi yöntemi ile, Bursa bölgesinde yüzeylenen dunit ve piroksenitlerin ayrışma özelliklerinin tespitinde kullanılabilirliğini araştırılmışlardır. Piroksenitlerin az ayrışmış seviyeden, tamamen ayrışmış seviyeye; dunitlerin taze seviyeden, tamamen ayrışmış seviyeye kadar olduğunu saptamışlardır. Wenner dizilimi ile elde edilen özdirenç değerlerinin, her iki kayacın ayrışma derecelerinin belirlenmesinde daha doğru sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrışma özelliklerinin belirlenmesinde elektriksel özdirenç tomografisi çalışmalarının yüzey gözlemleri gözetilerek kullanılmasının, hem daha geniş alanları kapsamasından dolayı hem de hızlı olması faydalı ve güvenilir olacağını ortaya koymuşlardır.

Gupta ve Sharma (2012) Küçük ve Büyük Himalaya kuvarsitlerinin dokusal, petrofiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. En boy oranındaki artışın, uzamadaki artışı işaret ettiğini, böylece tanelerin belirli bir yönde hizalandığını tespit etmişlerdir. İki tanenin temas alanı sınırında azalma ile sonuçlandığını ve dolayısıyla zayıflama özelliklerini düşürdüğünü bu sebepten sismik dalga hızının arttığını tespit etmişlerdir. Kayaların serbest basınç dayanımı doku katsayısı ile kuvvetli bir şekilde ilişkili olduğunu, hız ve tek eksenli basınç dayanımı arasında bir ilişki olmadığını saptamışlardır.

Bryson ve diğ. (2012) şeylin ayrıştığında, yüksek sıkıştırılabilirlik ve düşük kesme mukavemeti ile ince taneli bir zemin kütlesine dönüşme eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir. Öğütülmüş, ayrışmamış şeyllerde, malzemenin toz fraksiyonunun doğal su içeriğinin artmasıyla arttığını gözlemlemişlerdir. Standart slake dayanıklılık endeksi, çalışılan şeyllerin dayanıklılık davranışını tam olarak karakterize etmediğini, Loss Slake Index'in ise (Kayıp slake endeksi), ayrışmış, sıkıştırılmış şeylinin efektif kritik durum sürtünme açısı ($\phi'cs$) değerini tahmin etmek için basit ve etkili bir parametre olduğunu vurgulamışlardır.

Heidari ve diğ. (2013) fiziko-mekanik parametreler kullanarak İran'daki Malayer granitoyidinden gelen granitik kayaçların ayrışma sınıflandırılmasını incelemişlerdir. Ayrışmanın ilerlemesinden en çok etkilenen fiziko-mekanik parametreleri tanımlamak için basit regresyon ve çoklu doğrusal regresyon dahil istatistiksel analizleri uygulamışlardır. Ayrışma derecesi ile anlamlı korelasyon gösteren parametrelerin; kuvvet tutma endeksi, p-dalga hızı, gözeneklilik, brazilian çekme dayanımı ve nokta yük endeksi olduğunu tespit etmişlerdir.

Wray (2013) çeşitli araştırmacıların Güney Amerika, Avustralya, Afrika, Asya, Kuzey Amerika, Avrupa bölgelerinde yer alan kuvars kumtaşı ve kuvarsitten oluşan mağara ve kuyularda yaptığı çalışmaları özetlemiştir. Kumtaşı ve kuvarsitler üzerine yapmış olduğu çalışmalarda kumtaşlarının ayrışmasına katılan çözelti reaksiyonlarının karmaşık, değişken ve pH, organik asit konsantrasyonları, çeşitli anyonların ve katyonların varlığı, su verimi ve sıcaklık, bitki ve organizma etkileri gibi birçok çeşitli faktörlerden etkilendiğini belirtmiştir. Kuvars içeren kayalarının kimyasal ayrışma oranının genellikle yavaş olduğunu saptamıştır. Arenizasyon sürecinin (çözünme, granüler parçalanma ve erozyon) kumtaşı gelişimi için kritik öneme sahip olduğunu arenize kuvars kumtaşı, arenize olmamış kayaya kıyasla farklı mekanik özelliklere sahip olacağını ve daha sonra erozyon farklı şekilde ilerleyeceğini tespit etmiş ve bazı kuvars kumtaşlarında ve kuvarsitlerde ‘karst’ teriminin kullanılmasının doğru olduğunu dile getirmiştir.

Fjellanger ve Nystuen (2014) Kuzey Norveç'teki Hakŋalancearru Dağı'ndaki kuvarsitik ana kayada yaptıkları çalışmada ayrışmış bölgelerin esas olarak tektonik makaslama oluşan kırıklarla ilişkili olduğunu saptamıştır. Üstte bulunan kayaların aşındığında, daha önceden oluşmuş tektonik eklemlerin ve küçük fayların yeraltı suyunun dolaşımını arttırdığını tespit etmişlerdir. Kuvarsın hafif çözünmesinin tanecikler arası bağları önemli ölçüde zayıflattığını eklemlerin ve yakındaki tane temasları boyunca kimyasal ayrışmayı kolaylaştırdığını tespit etmişlerdir. Geçirgenlik artışının, kuvarsitin mekanik işlemlerle parçalanmasını kolaylaştırdığını saptamışlardır. Kuvarsitin kırılma bölgeleri boyunca derinden ayrışması mekanik mukavemetin önemli ölçüde zayıflamasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Paleik yüzeyin altındaki ayrışmanın, çatlak bölgeleri boyunca ve filosilikat kaplamalarla tane temasları boyunca meteorik su akışının sonucu olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrışmaya bağlı kimyasal işlemlerin, demirin illit ve pirofilitten uzaklaştırılması ve demirin Fe^{3+} oksitler olarak çökelmesiyle bağdaştırmışlardır. Orijinal ve diyagenetik olarak oluşmuş kil minerallerinin

varlığının ve dokusal dağılımının, kumtaşlarının geçirgenliği ve dolayısıyla ayrışma potansiyeli üzerinde belirgin bir etkiye sahip olabileceğini saptamışlardır.

Alavi Nezhad Khalil Abad ve diğ. (2014) granitin önerilen baskın ayrışma profilleri esas olarak ayrışma bölgesi dizilerine, topoğrafyaya ve jeolojik koşullara, eklem karakterizasyonuna ve kaya malzemesinin baskın rengine dayanmakta olduğunu tespit etmişlerdir. Ek olarak, çekirdek taşlarının varlığına bağlı olarak tamamen ve oldukça ayrışmış bölgelerde iki ek ayrışma alt bölgesi tanıtmışlar ve dört baskın kütle ayrışma profili önermektedirler.

Chiu ve Ng (2014) granit saprolitler için her kimyasal ayrışma indeksi ile kuru yoğunluk arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu saptamışlardır. Mobil indeksi (I_{mob}) üç kimyasal ayrışma indeksi arasında en yüksek korelasyon katsayısını verdiğini tespit etmişlerdir. İnce tane içeriğinin artan I_{mob} ile arttığını, ancak pik kuvvetinin azalan I_{mob} ile arttığını gözlemlemişlerdir. Granitik saprolitlerin oldukça heterojen doğası nedeniyle, I_{mob}'un yanı sıra fiziksel ve mekanik özellikler de aynı ayrışma derecesinde önemli ölçüde değişebileceğini saptamışlardır.

Rice ve Price (2014) ABD'nin Kuzey Maryland bölgesindeki iki küçük ormanlık havzasında kütle-denge hesaplaması yapmışlardır. İki küçük ormanlık havzası arasındaki çözünen akıdaki farklılıkları kullanan kütle-denge hesaplamaları, kimyasal ayrışmayı ve biyokütle tarafından makro besin alımını ölçmek için kullanmışlardır. Orman biyokütlesinin bozulma oranının ana kayanın kimyasal ayrışma oranı ile sınırlı olarak göstermekte olduğunu saptamışlardır. Bir havzada kimyasal ayrışma oranlarının daha yüksek olması, muhtemelen kuvarsit ana kaya içindeki yüksek oranda fillitik tabakalara bağlanabileceğini tespit etmişlerdir.

Ündül ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada dunitlerin jeo-mühendislik özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesini elektriksel özdirenç tomografisi yöntemi ile incelemişlerdir. 0,5m aralıklarla altmış elektrot kullanarak yaptıkları çalışmada Wenner-Schlumberger konfigrürasyonu ile elektriksel özdirenç tomografisi yöntemi kullanımının, ayrışma ve dunitlerin jeo-mühendislik özellikleri üzerindeki etkisi açısından daha geniş yeraltı alanları için karşılaştırılabilir sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca elektriksel özdirenç tomografisi yönteminin diğer tekniklerin ayrışma profili belirlemede yetersiz olduğu durumlarda yararlı olduğunu vurgulamışlardır.

Goel ve Subhash (2015) kaya kütlesinin ayrışma oranının iklim koşulları, kaya kütlesinin tipine (mineral bileşimi), çimento malzemesine, kayanın mukavemetine, eklemlerin varlığına, faylara, kayma bölgelerine ve diğer süreksizliklere bağlı olduğunu dile getirmişlerdir. Ayrışma derecesinin, bir kaya kütlesinin ayrışma durumunu temsil ettiğini, ayrışma dayanımı ise bir kaya kütlesinin ayrışmaya karşı gösterdiği direnç olduğunu vurgulamıştır. Slake dayanıklılık endeksinin, yumuşak kayaların ayrışma direncini ölçmek için önemli bir test olduğunu bu nedenle, bu testin özellikle gelecekteki tüm yamaç tasarımları için yapılması gerektiğini önermektedirler.

Momeni ve diğ. (2015) granitoyidler üzerinde yaptıkları çalışmada artan ayrışma derecelerinde, biyotit ve feldspatların serizitleşmesi meydana gelmiş, bu mineraller arasında ortoklazın, değişime diğer minerallerden daha hassas olduğunu belirlemişlerdir. Ayrışma sekanslarının değerlendirilmesi, artan ayrışma dereceli plajiyoklaz ile biyotit ve amfibolün değişimden etkilendiğini saptamışlardır. Plajiyoklazın, değişime diğer minerallerden daha hassas olduğu ve bu mineralin yaklaşık %75'nin tamamen ayrışmış numunelerde ayrıştığını tespit etmişlerdir. Biyotitin yokluğunun bu tür kayaların elastik davranışlarına yol açtığını, bu nedenle, bu kaya türünde mikro çatlaklar var olduğunu ve bu temelde, fiziksel ayrışma bu kayayı kimyasal ayrışmadan daha fazla etkilendiğini saptamışlardır. Ayrışma derecesinin arttıkça, tanecikler arası bağların koptuğunu ve mikro çatlakların oluşmasının önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Bir derecelendirme sistemine dayanan nicel bir ayrışma sınıflandırması önerilmiştir ve sınıflandırmaların çok çeşitli granitoyid kayaçlar için kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Rocchi ve Coop (2015) granitik saprolitlerde yaptıkları çalışmada bulunan spesifik zemin özelliklerinin, ayrışma olayındaki heterojenlikten dolayı ve ana kayaya bağlı olarak hem dikey hem de yatay yönlerde değişmesi beklense de diğer saprolitlere uygulanabilecek genel eğilimler tespit etmişlerdir. Parçacık boyutu dağılımlarının, aynı ayrışma derecesi içinde bile önemli ölçüde değiştiğini saptamışlardır. Genel olarak, zeminler ne kadar ayrışmış ve sığsa, o kadar ince ve daha iyi derecelendirilmiş olduğunu göstermişlerdir. Zeminlerin fiziksel özellikleri ile karşılaştırıldığında, mekanik özelliklerinin daha az net eğilimler gösterdiğini ve bu nedenle kolayca tahmin edilemeyeceğini dile getirmişlerdir.

Nkpadobi ve diğ. (2016) meta-sedimanter kayaçların, özellikle dokulardaki farklılıklar, sertlik, renkteki yanal değişiklikler ve malzeme genişlemesinin tutarlılığı temelinde dereceli ayrışma profiline sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Tek eksenli basınç dayanımı testlerinden elde

ettikleri sonuçlar, saha gözlemlerini doğrulamış, bu da yenilmenin çoğunlukla foliasyona neredeyse dik eklemleri olan çıkıntılarda meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Gratchev ve Kim (2016) kumtaşı, şeyl ve tüflerde yaptıkları nokta yükü ve slake dayanıklılık testleri arasında elde edilen korelasyonlar ile ayrışmış kayaların gücünü tahmin etmek için bir kuvvet tutma oranının (R_s) geçerliliğini incelemişlerdir. Nokta yükü ve slake dayanıklılık testlerinden elde edilen verilerin $I_{d2} \geq$ %95'te yüksek miktarda $I_{s\,(50)}$ değeri ortaya çıktığını ve bunun da taze kaya gücünün doğru değerlerini tespit etmeyi zorlaştırdığını saptamışlardır. Hoek-Brown sabiti (m_i) olan kayaların, ayrışma koşulları devam ettikçe daha fazla kuvvet tutma (R_s) eğiliminde olduklarını tespit etmişlerdir.

Fernandes ve diğ. (2016) Güneydoğu Brezilya'da tropikal iklim altında magmatik ve metamorfik kayaçların kimyasal ayrışma oranını ve atmosferik/zemin CO_2 tüketimini incelemişlerdir. Kimyasal ayrışma sırasında tüketilen atmosferik/zemin CO_2 yaklaşık 0.2×106 mol/km^2/yıl, kimyasal ayrışma oranı 15 m/Myr olarak tahmin edilmektedirler. Karbonatların ve bazaltların, Yukarı Sorocaba Nehri havzasında bulunan magmatik ve metamorfik kayalardan çok daha hızlı ayrıştığını tespit etmişlerdir.

Yin ve diğ. (2016) ayrışma nedeniyle yoğunlaşmanın yumuşak kayaçların mukavemet davranışı üzerindeki etkisini killi silttaşı üzerinde yapılan ardışık ayrışma ve doğrudan kesme testleriyle incelemişlerdir. Ayrışmanın, 50 kPa'lık düşük bir gerilimde taze malzemenin %44'ünde bir kuvvet azalmasına yol açtığını, 200 kPa'dan daha büyük gerilmelerde ayrışmaya bağlı yoğunlaşmanın, taze malzemenin kopma mukavemetini %259'a kadar arttırdığını tespit etmişlerdir.

Alavi Nezhad Khalil Abad ve diğ. (2016) Malezya'nın güneyindeki dört granit ocağında çeşitli granitik kayaların ayrışma bölgelerinin özelliklerini inceleyerek jeolojik ve yapısal parametreler (eklem özellikleri, çekirdek taşı oluşumu, kaya/zemin oranı, kütle homojenliği, kayanın rengi ve derzlerin yüzeylerinde renk değişimi) temel alınarak tropikal ortamlarda granit kayalar için tipik bir kütle ayrışma profili oluşturmuşlardır.

Wang ve diğ. (2016) 10, 20, 30 ve 40 yapay termal şok döngüsünden ve sonrasında kırmızı kumtaşı üzerinde fiziksel testlerin yanı sıra statik ve dinamik mekanik deneyler gerçekleştirilmişlerdir. Tekrarlanan termal şok, kırmızı kumtaşının fiziko-mekanik özelliklerinin çoğu üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Termal şok

ayrışma işlemi sırasında, numunelerde mineral kaybı, çimento zayıflaması ve kırılma gelişimi oluşturmuş, bu da gözenekliliğin artmasına ve yoğunluğun azalmasına, P-dalga hızının, mukavemetin ve modülün azalmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Wray ve Sauro (2017) kimyasal süreçlerin, ayrışma mekanizmalarını ve mağaraların evrimi hakkındaki bilgi durumunu ve farklı konumlardaki kuvars çözeltisi ve çözelti yer şekillerinin örneklerini derlemişlerdir. Arenizasyonu arttırmada en önemli faktörlerden birinin, ayrışma koşulları için mevcut olan sürenin uzunluğu olduğunu saptamışlardır. Kuvars kumtaşı ve kuvarsit ayrışması çalışmasında önemli olan ana silika türlerinin sırasıyla α-kuvars, amorf silika ve opal olduğunu saptamışlardır. Likenler veya diğer biyolojik faktörlerin her zaman arenit yüzeyinin ayrışma oranını hızlandırmadığını, bazı likenlerin yaşadıkları sırada bir kaya yüzeyini koruyabildiğini ve bağlayabildiğini, bu da bazen önemli bir süre için yüzey durgunluğunu azalttığını tespit etmişlerdir. Ancak öldüklerinde, ayrışmış kayayı, bağlanma etkisinden veya çürümeden dolayı kimyasal korozyondan kaynaklanan aşındırıcı işlemlere maruz bıraktıklarını tespit etmişlerdir.

Eppes ve Keanini (2017) birçok kaya tipinin, mekanik ayrışmasının iklime bağlı kritik altı çatlamanın potansiyel olarak çoğu çatlağın yüzey ve yüzeye yakın kayalarda büyüdüğü bir süreç olduğunu açıklayan mevcut teori ve verilerin bir özetini sunmaktadırlar. Yaptıkları modellemede, kaya yüzeyinde ve yüzeye yakın ortamdaki küçük değişikliklere büyük ölçüde duyarlı olduğunu saptamışlardır. Mekanik ayrışma koşullarına neden olan stres kaynaklarını topoğrafik, tektonik ve çevresel olarak üç kategoriye ayrışmışlardır. Tektonik ve topoğrafik stresler statik olarak kabul edilebilir, ancak hemen hemen tüm çevresel stresler belirli aralıklarla (günlük, mevsimsel ve yıllık) döngüsel olduğunu tespit etmişlerdir. Kimyasal reaksiyonların kristal kafes bağlarının gerdiğini ve zayıflattığını, sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerin, ayrışma oranlarını ve dolayısıyla da çatlama oranlarını etkilediğini tespit etmişlerdir.

Rocchi ve diğ. (2017) granit, gnaysik ve bazaltik saprolitin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kil mineralleri kesme açısının azalmasına neden olduğunu saptamışlardır. Ayrışmanın ilerleyiş hızının, iklime, topoğrafyaya, derz aralıklarına, oryantasyonlara ve ana kayaların diğer özelliklerine bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Genel olarak, artan ayrışma ile tane boyutunda bir azalma gözlemlenebileceğini ve daha kaba taneli zeminlerin parçacık boyutu dağılımı iyi dereceli zeminlerden boşluk dereceli zeminlere kadar

değişebilirken, ince dereceli zeminlerin parçacık boyutu ya da dağılışı bakımından belirgin bir şekilde değişmediği saptamışlardır.

Somasekhar ve diğ. (2018) Cuddapah Süper grubunun kuvarslı birimlerin iki farklı formasyonu arasındaki jeokimyasal ayrımların tahmin edilmesi ve kaynak özellikleri, paleoklimatik koşulları ve tektonik ortamını araştırmışlardır. Ayrışma endeksleri, kuvarsitlerin kaynak kayaçlarının orta ila yoğun kimyasal ayrışma olduğunu göstermiştir. Sıcak ve nemli iklim gibi farklı ortamlarda farklı derecelerde ayrışma gösteren litolojilerin kimyasal ayrışmaya, soğuk ve kuru iklim ise mekanik ayrışmaya karşı hassas olduğunu vurgulamışlardır.

Turoğlu (2018) Avşa Adası'nda granitler üzerinde 100 farklı lokasyonda Schmidt çekici kullanılarak yüzey sertliği ölçümü yapmış ve granitlerin çok zayıf, orta ve zayıf, sert olarak 3 temel grup olarak sınıflandırılabileceğini tespit etmiştir. Kaya erozyonu ve şiddetinin ayrışmanın şiddeti ile doğru olduğunu, kaya yüzey sertliğindeki değişkenliğin kayalardaki ayrışma seviyesini gösterdiğini tespit etmiştir. Likenlerin kapladıkları alanının oranı ile kaya yüzey sertliği derecesi arasında ters orantı olduğunu saptamıştır.

Bozkurtoğlu ve diğ. (2018) alterasyon oranına bağlı olarak matriks oranının arttığını ve fenokristal oranının azalıp fenokristal/matriks oranının 1/2'ye kadar değiştiğini tespit etmişlerdir. Kretase yaşlı volkanitlerin taze kayaçtan orta ayrışmış kayaca evrilmesi döneminde ortamda post-magmatik işlemler ile yeryüzüne jüvenil akışkanın ulaşarak ayrışma sürecini değiştirip endüstriyel hammadde gelişimini tetiklediğini saptamışlardır. Bölgenin jeolojik süreç içerisinde Kretase volkanitlerinden oluşacak en uç ayrışma ürününü üretmeye yetecek köken kayaç potansiyelinin bolluğunu da tespit etmişlerdir.

Köken ve Özarslan (2018) andezit kaya kütlelerini ayrışma-bozunma açısından 5 farklı sınıfta toplanmışlardır. W3 tip andezitlerde hidrotermal cehverleşmelerin belirgin olduğunu vurgulamış ve her seviyeye ait andezitlerin hangi endüstri alanlarında kullanılabileceğini özetlemişledir.

Mousavi ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada kalkşist kaya örnekleri için donma-çözünme döngülerinin üç eksenli basınç dayanımı test sonuçları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ayrışma işleminden sonra örneklerin doku ve mikro yapılarında meydana gelen değişiklikleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak analiz etmişler ve SEM sonuçlarının, mikro ve makro çatlaklarda artış ve matrislerinde çimentonun kaybolduğunu tespit etmişlerdir. Üç

eksenli basınç dayanımı testlerinin sonuçları, donma-çözünme döngü sayısını artmasıyla birlikte kohezyon ve içsel sürtünme açısında üstel bir düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ek olarak donma-çözünme döngülerinin sayısının artmasının üç eksenli basınç dayanımı değerlerinde bir azalmaya yol açtığını saptamışlardır.

Tran ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada tamamen ayrışmış bir malzemede yamaçların kazılmasından sonra zaman içinde ayrışmaya bağlı olarak jeoteknik özelliklerin bozulma oranını ve tropik bir ortamda rezidüel zemini incelemişlerdir. Kazı şevleri tamamen ayrışmış malzemenin hidro-mekanik özelliklerinin, tropikal-nemli bir ortamda 30 ila 90 yıllık bir süre içinde rezidüel zeminlere çok hızlı bir şekilde geliştiğini tespit etmişlerdir. Şevlerin tasarımının açık bir şekilde ayrışma için bir koşul içermesi gerektiğini ve şevlerin tamamen ayrışmış malzemenin özelliklerinden ziyade rezidüel zeminin özellik değerlerine göre tasarlanıp kazılırsa muhtemelen daha iyi bir yaklaşım olacağı sonucuna varmışlardır.

Wang ve Wan (2019) Schmidt çekici testi kullanılarak tek eksenli basınç dayanımı (UCS) tahmini ile ilgili geri sıçrama değeri (Hr) kullanılarak UCS tahmininin formül oluşturmuşlardır. Formülün geçerliliğini doğrulamak için, Schmidt çekici testleri ve tek eksenli basınç dayanımı testleri ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve sonuçların önerilen formül ile iyi bir uyum içerisinde olduğu gösterilmiştir. Ancak formül yumuşak kayaların ve son derece sert kayaların UCS'lerini doğru bir şekilde tahmin edemez bu nedenle Schmidt çekici testinin çok yumuşak ve son derece sert kayalar üzerinde uygulanmasını önermemektedirler.

Yang ve diğ. (2019) dört farklı kimyasal çözeltiye (asidik HCL çözeltisi, nötr NaCl çözeltisi, alkalin NaOH çözeltisi ve damıtılmış su) ve donma-çözülme döngülerine daldırılmış HCl çözeltisinde kuvars kumtaşı ve kuvarsitin zamana bağlı davranışı incelemişlerdir. Kuvars kumtaşının uzun süreli mukavemeti, elastik modülü ve viskozite katsayısının, HCl çözeltisine daldırıldıktan sonra donma-çözülme döngülerinin artmasıyla azaldığını, anlık deformasyon ve akma deformasyonu arttığını tespit etmişleridir. Kuvarsitin elastik modülü, HCl çözeltisinin korozyonundan sonra en çok hasar gördüğünü bunu sırasıyla NaOH ve NaCl ve saf suyun izlediğini saptamışlardır.

Murugan ve diğ. (2019) kuvarsitlerin ayrışma indekslerine göre orta ila yüksek derecede kimyasal ayrışma geçirdiğini tespit etmişlerdir. Kaynağın düşük ila orta derecede kimyasal ayrışması, aktif tektonizmanın ve yükselmenin tüm zemin katmanlarının ve kaya yüzeyinin

erozyonuna izin verdiği ayrışmanın istikrarsızlık durumundan kaynaklanmakta olduğunu vurgulamışlardır. Kuvarsitlerin hem felsik hem de mafik kaynakları gösterdiğini ve yüzeyinde simetrik dalgalanma izlerinin varlığı sığ bir deniz ortamını gösterdiğini saptamışlardır.

Khatun ve diğ. (2019) metasedimenter birimlerin paleo-ayrışma özelliklerini, protolit kayaların doğasını ve bölgenin tektonik evrimi üzerindeki etkisini belirleye çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmalarla protolitin orta ila yüksek derecede kimyasal ayrışma geçirdiğini, orta derecede fiziksel ayrışmaya maruz kaldığı ve felsik bir provenans gösterdiğini saptamışlardır. Numuneler, gelişmiş bir paleo-ayrışma eğilimi anlamına gelen Al_2O_3 eksenine doğru doğrusal bir desen sergilediğini tespit etmişlerdir.

Teodoro ve diğ. (2019) kuvarsit kayalarında yaşayan Velloziaceae familyasındaki bitkilerin vellozioid köklerinin çok sayıda kök tüyü, kök-kaya temas alanını arttırdığını saptamışlardır. Karboksilatların muhtemelen bu kök tüylerinden salındığını ve kuvarsitlerdeki minerallerde kilitlenmiş fosforu çıkarmalarına olanak sağladığını tespit etmişlerdir. Silisyum tanelerindeki deformasyon, köklerin kuvarsı çözdüğünün güçlü bir kanıtı olduğunu bu nedenle, vellozioid köklerinin, silika çözünmesine elverişli mikro ortam yaratarak campos rupestres ayrışmalarına katkıda bulunduğunu vurgulamışlardır. Vellozioid kökleri tarafından salınan küçük miktarlarda karboksilatların kuvarsit kayacından etkili fosfor çözünürlüğü sağlayabildiğini göstermişlerdir. Köklerin kayanın içinde dallanmış ve çok kalın kök katmanlarında tüneller oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Kuvarsitlerdeki ana fosfor kaynağının, nadir toprak elementleri, özellikle seryum, itriyum ve gadolinyum içeren monazit olduğunu saptamışlardır.

Sun ve Zhang (2019) ıslanma-kurutma döngülerinin, bir tuz çözeltisine batırılmış kumtaşı numunelerini sadece suya batırılmış numunelerden daha fazla etkilediğini tespit etmişlerdir. 30 döngü, P-dalga hızı, termal iletkenlik ve gerilme mukavemetindeki değişiklikler açısından eşik sayısı olduğunu saptamışlardır. Yaptıkları korelasyon analizi ile hem renk canlılığı hem de ısı iletkenliğinin çekme mukavemetini değerlendirmek için iyi parametreler olduğunu tespit etmişlerdir.

Li ve diğ. (2020) taze ve az ayrışmış tüflerin, petrografik, mineralojik ve gözenek özellikleri ve mekanik davranışlarını incelenmişlerdir. Az ayrışmış tüfler, değiştirilmiş gözenekli minerallerde çatlaklar başladığında veya tüf matrisinde ilk çatlaklar genişlediğinde kesme yenilmesi gösterirken, taze tüfler sağlam ve taze mineraller ve matris içinde çatlaklar

başladığında gerilme yenilmesi gösterdiklerini saptamışlardır. Mineralojik ve petrografik özelliklerin, ayrışma ilerledikçe genellikle düzensiz ve tutarsız değişikliklere uğradığını tespit etmişlerdir. Az ayrışmış tüflerin taze tüflerden daha homojen bir gözenek yapısına sahip olduğunu saptamışlardır.

Okewale (2020) farklı derinliklerden, konumlardan ve oluşumlardan ayrışmış volkanik kayaçlarda ayrışma derecelerini karakterize etmek için kimyasal indeksleri değerlendirmiştir. Ayrışma derecesinin, en iyi şekilde kimyasal indislerin, yaygın olarak kullanılan derinlikten çok yerinde spesifik hacimle ilişkilendirilmesiyle karakterize edileceğini sunmuştur. Parker indeksi (WIP), hidrasyon katsayısı (Hc), sızıntı katsayısı (Lc) ve ayrışma potansiyeli indeksi (WPI) ayrışmış volkanik kayaçlarda ayrışmayı karakterize etmek için kullanılabilecek en uygun indeksler olduğunu vurgulamıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında saha, laboratuvar ve büro çalışmaları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1. SAHA ÇALIŞMALARI

Tez konusu ve bölgesinin belirlenmesi itibari ile başlayan saha çalışmaları 2019 bahar ve yaz dönemlerinde de sürmüştür. İstanbul ili Çatalca ilçesinde yer yer yüzeylenen Istranca Masifine ait Şermat Kuvarsitlerinin farklı ayrışma seviyeleri incelenip, süreksizlikler, renk değişimi, ayrışma derecesi, derinliği, yanal yayılımı belirlenmeye çalışılmış ayrışma sonucu gelişmiş her seviyeden el örnekleri ve 30cmx30cmx30cm boyutlarında örnekler alınmıştır. Çalışma sırasında, kayaçların birbirleriyle olan ilişkileri gözlemlenip bölge için daha önce yapılmış jeoloji haritaları kontrol edilip, gereken lokasyonlarda 1/25.000'lik F20c2 paftasında düzeltmeler yapılmıştır.

Saha çalışmaları sırasında lup, pusula, jeolog çekici, seyreltilmiş asit (HCL), murç, kürek, permanent kalem, kuru boya kalemleri, bölgenin jeolojik ve topoğrafik haritaları, arazi defteri, numune poşetleri, streç film ve Handy GPS programı kullanılmıştır. Gözlenen tüm yapısal unsurlar (tabaka, foliasyon, kırık, çatlak ve fay) Brunton marka jeolog pusulası kullanılarak ölçülmüş ve haritaya işlenmiştir.

3.2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Sahadan alınan farklı boyut ve şekillerdeki örnekler üzerinde farklı ayrışma seviyelerindeki değişimleri ortaya koyabilmek için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik olarak ayrışmış örneklerin fiziksel, mekanik, petrografik ve mineralojik özelliklerinin sayısal olarak belirlenmesi için sahadan toplanan örnekler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında fiziksel, mekanik, petrografik ve mineralojik deneyler yapılmıştır. Bu aşamada yapılan deneyler aşağıda ayrıntılı özetlenmiştir.

3.2.1. Örnek Hazırlama

Yapılacak olan kaya mekaniği deneylerinden sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için standartlara uygun nitelikte ve şekilde örnek hazırlanması, ilk ve en önemli aşamadır (Ulusay ve diğ., 2011).

Bu amaçla yapılacak olan her deney için standartlara ve önerilen yöntemlere göre uygun boyutlarda örnekler hazırlanmıştır.

3.2.2. Fiziksel Deneyler

Fiziksel özelliklerden özgül ağırlık, kuru ve doygun birim hacim ağırlık, etkin porozite, su emme değerlerinin tespit edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Kuru birim hacim ağırlık, doygun birim hacim ağırlık, etkin porozite, ağırlıkça su emme deneylerinde örneklerin yüzeylerine zarar vermeden temizledikten sonra 24 saat suya doyurulmuştur (Şekil 3.1a). Doygun örneklerin sudaki ağırlığı (W_{SA}) belirlendikten sonra doygun örneklerin yüzeyi kâğıt havlu ile kurutularak ağırlıkları (W_D) ölçülmüş ve bu işlemin ardından örnekler 24 saat 105°C'lik etüvde kurutulduktan (Şekil 3.1b) sonra tekrar ağırlıkları (W_K) ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerden sonra kuru birim hacim ağırlık, doygun birim hacim ağırlık, etkin porozite, ağırlıkça su emme değerleri formül 3.1'den 3.6'ya kadar verilen eşitlikler yardımıyla ISRM (1981 ve 2007)'ye göre tespit edilmiştir.



Şekil 3.1: Fiziksel değerlerin tespit edilmesi amacıyla a) suya doyurulmuş örneklere, b) etüvde kurtulmuş örneklere ait görüntüler.

$$\text{Hacimce su emme} = \frac{W_D - W_K}{V} * 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Ağırlıkça su emme} = \frac{W_D - W_K}{W_K} * 100 \quad (3.2)$$

$$\text{Hacim} = \frac{W_D - W_{SA}}{Suyun\ B.H.A} \quad (3.3)$$

$$\text{Etkin porozite} = \frac{Ağırlıkça\ Su\ Emme * Kuru\ B.H.A}{100} \quad (3.4)$$

$$\text{Doygun Birim Hacim Ağırlık} = \frac{W_D}{V} \quad (3.5)$$

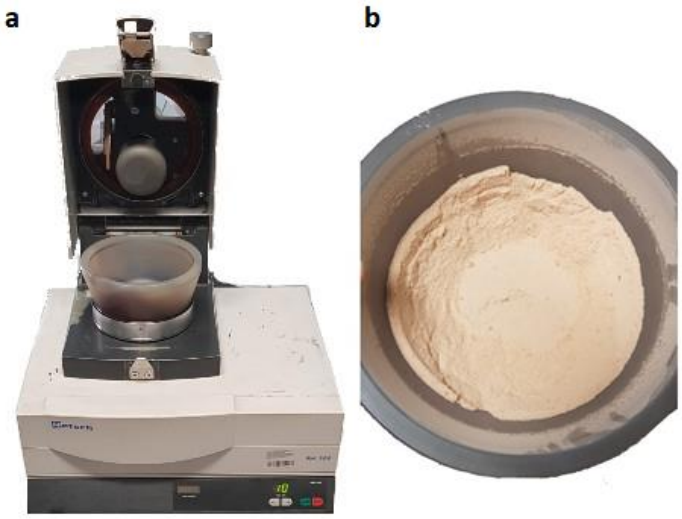
$$\text{Kuru Birim Hacim Ağırlık} = \frac{W_K}{V} \quad (3.6)$$

Özgül ağırlık deneyi ise TS EN 1097-6 önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Her seviyeden belirlenen temsilci örnekler uygun nitelik ve boyutlara gelmesi için çeneli kırıcıda

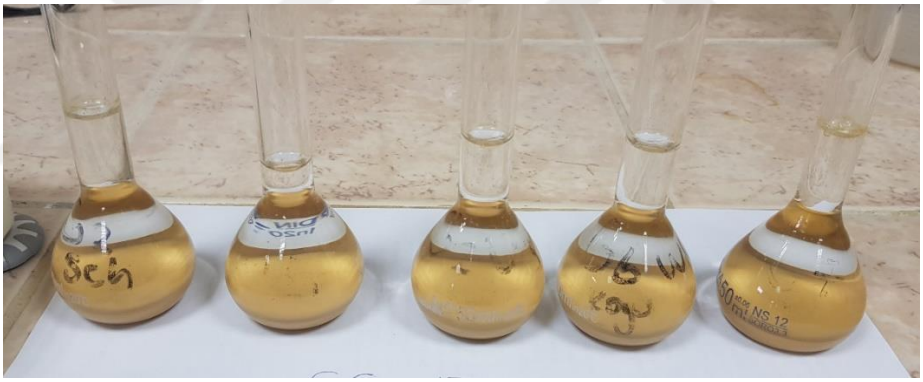
küçültülmüştür (Şekil 3.2). Uygun tane boyutuna ulaşan örnekler çeyrekleme yapıldıktan sonra elektrikli agat havanda öğütülerek 63 μm boyutuna getirilmiştir (Şekil 3.3). En az 100gr olmak kaydıyla öğütülen örnekler tekrar gözden geçirilerek büyük parçalardan arındırılmıştır. Deney yapılacak olan piknometrelerin yalın (D) ve su dolu hali (E) hassas terazide tartılıp not edilmiştir. Uygun niteliğe ulaşan örnekler 24 saat 105°C'lik etüvde kurutulduktan sonra 50ml'lık 5 adet kuru piknometreye gerekli miktarda örnek konulduktan (F) sonra tekrar tartılmıştır ve şişe üzerindeki sınıra kadar su ile doldurulmuştur. Hava pompası ile piknometrelerin içlerinde tüm hava çekilmiş (Şekil 3.4) ve son ölçümleri (G) yapılmış ve formül 3.7'ye göre hesaplanmıştır.



Şekil 3.2: Örneklerin parçalanmasında kullanılan çeneli kırıcıya ait görüntü.



Şekil 3.3: Örneklerin toz hale getirilmesi için kullanılan agat havanın a) önden b) içinde örnek olduğu haldeki üstten görüntüleri.



Şekil 3.4: Cam piknometrelerde vakum pompası ile havası çekilmiş örneklerin görüntüleri.

$$\text{Özgül ağırlık} = \frac{F-D}{50*(1-\frac{G-F}{E-D})} \quad (3.7)$$

F = Piknometre+Numune+Kapak D = Piknometre+Kapak

G = Piknometre+Numune+Su E = Piknometre+Su+Kapak

3.2.3. Mekanik Deneyler

Dayanım değerlerinin belirlenebilmesi için mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

3.2.3.1. Schmidt Çekici Deneyi

Schmidt çekici kullanılarak, kayaların Schmidt çekici geri sıçrama değerlerinin belirlenmesi ve dolaylı olarak tek eksenli sıkışma dayanımları saptanabilmektedir. Schmidt çekici, çok zayıf ve çok sert kayalarda sağlıklı sonuçlar vermemektedir (Xu ve diğ., 1990). ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak deney yapılmıştır.

Deneye başlamadan önce Proceq marka schmidt çekicinin (Şekil 3.5) kalibrasyonu yapılmıştır. Deney düzgün yüzeyli, çatlak içermeyen blok örnekler üzerinde yapılmıştır. Çekicin ucu blok yüzeyine dik konumdayken yavaşça bastırılmış ve içindeki yaydan geri tepme sesi geldiğinde çekiçteki sabitleme tuşuna basılarak geri sıçrama değeri okunmuştur. Bu işlem en az 10 farklı noktada tekrar edilmiştir. Hesaplama aşamasında değerlerin en küçük %50'si iptal edilmiş, geri kalan değerlerin ortalaması alınmıştır.

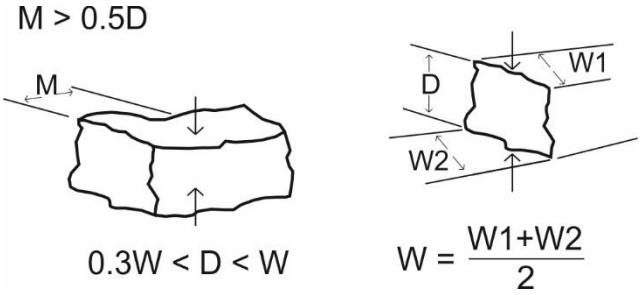


Şekil 3.5: Proceq marka schmidt çekicine ait bir görüntü.

3.2.3.2. Nokta Yük Dayanımı İndeksi Deneyi

Nokta yükü dayanım indeksi değerleri diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde de kullanılmaktadır. ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak deney yapılmıştır.

Düzensiz şekildeki örneklerde nokta yükü dayanım indeksi deneyi yapılmıştır. Bunun için 50±35 mm boyutunda ve kalınlık (D), genişlik (W) oranı 0.3 ile 1 arasındaki örnekler seçilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Düzensiz şekilli örneklerin boyutlandırılma esası (ISRM, 2007).

Örneklerin W uzunluğu Şekil 3.6'da gösterildiği gibi hesaplanmış ve yükleme yönüne konik başlıklar arasına dik konumda yerleştirilmiştir. Metal çubuğun yardımıyla konik uçlar örneği sıkıştırmış, örneğin kırıldığı anda ekrandan yenilme değeri okunmuştur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Nokta yük deney aletinin görünümü.

3.2.3.3. Tek Eksenli Basınç Deneyi

ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak karotiyerlerin kesebildiği ve yeterli boyuttaki örneklerden 30 mm (AX) çaplı silindirik örnekler (Şekil 3.8) İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Taş Kesme ve Örnek Hazırlama Laboratuvarında alınmış, düzeltilmiş ve Kaya Mekaniği Laboratuvarında tek eksenli basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8: 30 mm çaplı silindirik örneklerden bir kısmına ait görüntüler.

3.2.4. Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar

Deneylerin kolerasyonu için incelenecek ince kesit ve XRD örnekleri daha önceden fiziksel ve mekanik deneyleri yapılmış örneklerden seçilmiştir.

İnce kesit analizi için her ayrışma seviyesinden temsilci örnekler seçilmiş ve İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi anabilim dalında bulunan Leica marka polarizan mikroskop ile incelenmiş ve Leica Suite Imaging yazılımı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Leica marka polarizan mikroskoba ait görüntü.

Petrografik çalışmalarla ayrışmanın sayısal olarak belirlenebilmesi ve diğer deneylerle korele edilebilmesi için mikropetrografik indeks (I_p) ve mikroçatlak yayılımı (S_{mf}) değeleri hesaplanmış ve bölüm 4.6.1.1 ve 4.6.1.2'de sunulmuştur.

Mikropetrografik indeks (I_p) İrfan ve Dearman (1978)'in önerdiği formüle göre (3.8) mineraller, mikro kırık-çatlaklar belirlenerek hesaplanmıştır.

$$I_p=\frac{\%\ Sağlam\ bileşenler}{\%\ Sağlam\ olmayan\ bileşenler} \tag{3.8}$$

Süreksizlikler ayrışmanın gelişimini denetleyen önemli parametrelerdendir. Süreksizlikler boyunca ilerleyen ayrışma, ilk olarak minerallerin içlerinde zayıflık zonlarında gelişirler. Ayrışmanın artmasıyla, mikroçatlaklarda artış meydana gelmektedir (Ündül, 2007). Çeşitli araştırmacılar, mikroçatlakların sayısal olarak belirlenebilmesi için farklı formüller geliştirmişlerdir. Bunlar; İrfan ve Dearman (1978)'ın önerdiği mikroçatlak indeksi (I_f), Tuğrul (1995)'un önerdiği mikroçatlak yoğunluğu ($\rho_{mç}$) ve Ündül (2007)'ün önerdiği mikroçatlak

yayılımı (S_{mf})'dır. Bu çalışmada ölçümü daha basit, daha kolay ve uygulanabilir olduğundan Ündül (2007)'ün önerdiği mikroçatlak yayılımı (S_{mf}) benimsenmiştir. Mikroçatlak yayılımı (S_{mf}) değerleri saptanırken ölçekli fotoğrafları çekilmiş olan ince kesitler üzerinde 2x2mm'lik bir karelajda çalışılmış, en az 16 mm^2'lik alanda mikroçatlak sayımı yapılmıştır ve formül 3.9'a göre hesaplanmıştır.

$$S_{mf} = N / A \quad (3.9)$$

N: Birim alandaki çatlak sayısı

A: Birim alan ($1mm^2$)

XRD analizi için toz haline getirilmiş olan numuneler, GNR APR 2000 PRO X-ışını difraktometresi, 40 kV voltaj ve 30 mA akım ile Cu Kα radyasyonu altında kullanılmıştır.

3.2.5. Kimyasal Analizler

Fiziksel, mekanik, mineralojik ve petrografik çalışmalar yapılmış olan örneklerin kimyasal değişimlerinin incelenmesi amacıyla kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.1. Kızdırma Kaybı Deneyi (LOI)

Her ayrışma seviyesinden gerekli boyuta kadar öğütülmüş olan örnekler belirlenmiş, yeterli miktardaki örnekler 24 saat 105°C'lik etüvde nemi uçurulmuştur. Deneyde kullanılacak olan krozelerin ağırlıkları Shimadzu marka AUX220 model hassas terazide (Şekil 3.10) ölçülmüş, 1.0±0.5 gr örnek eklendikten sonra ağırlıkları tekrar ölçülmüş (Şekil 3.11) ve Protherm furnaces marka PC442 model fırında (Şekil 3.12) 1000°C'de 30 dakika ısıtılmış, daha sonra 15 dakika desikatörde soğutulmuştur. Soğuyan örnekler tekrar hassas terazide ölçülmüştür. Yapılan tüm bu ölçümler sonucunda kızdırma kaybı formül 3.10'a göre hesaplanmıştır.

$$\text{Kızdırma Kaybı} = \frac{m1-m2}{m1} * 100 \quad (3.10)$$

m1: Kızdırma öncesi numunenin kütlesi (gr)

m2: Kızdırma sorası numunenin kütlesi (gr)



Şekil 3.10: Shimadzu marka AUX220 model x10^{-5}gr hassasiyetli teraziye ait görüntü.



Şekil 3.11: Kızdırma kaybı deneyinde kullanılan krozelerin a) genel görünümü b) numune eklenmiş görünümü.



Şekil 3.12: Protherm furnaces marka PC442 model yüksek sıcaklık fırınına ait görüntü.

3.3. BÜRO ÇALIŞMALARI

Önceki çalışmaların incelenmesiyle başlanılan çalışmalar daha sonrasında saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek ayrışma etkisi ile kayaçta meydana gelen fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimler yorumlanmıştır. Sahadan derlenen veriler sonucunda oluşturulan jeolojik harita bilgisayar ortamına aktarılarak çizilmiştir.

Bunun sonucunda Şermat Kuvarsitlerinin fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik olarak ayrışması ile fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişimi belirlenmeye çalışılmış, yapılan tüm çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve arazi gözlemleri ile birlikte sentezlenmesi ile kuvarsitler için çalışma alanındaki tipik ayrışma profili ile hakim ayrışma profilleri oluşturulmuştur.

4. BULGULAR

4.1. BÖLGESEL JEOLOJİ

Güneyden Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı İzmir-Ankara-Erzincan ofiyolitli kenet kuşağı, kuzeyden Üst Kretase yaşlı bir havza olan Karadeniz ile sınırlanan alana Pontidler adı verilmiştir (Ketin, 1966) (Şekil 4.1). Pontidler Türkiye'nin başlıca tektonik birimlerinden birini temsil etmekte ve jeolojik özelliklerine göre batı, orta ve doğu Pontidlere ayrılmıştır (Yılmaz ve diğ., 1997; Şahin ve diğ., 2014). Pontidlerin batı kısmı, İstanbul (Okay, 1989), Sakarya (Okay ve Tüysüz, 1999) ve Istranca (Pamir ve Baykal, 1947) bölgeleri olmak üzere üç tektonik alt birime bölünmüştür (Şahin ve diğ., 2014).



Şekil 4.1: Anadolu ve yakın dolayındaki tektonik birlikler ve sütur zonlarını gösteren harita (Okay ve Tüysüz, 1999).

Istranca Masifi Çatalca'nın doğusundan başlayarak Bulgaristan içine kadar devam etmektedir (Şekil 4.1).

Istranca Masifi'nin stratigrafisini ve yapısını ele alan çeşitli çalışmalara rağmen (Aydın, 1974, 1982; Chatalov, 1980, 1988, 1990; Gocev, 1985; Dabovski ve Savov, 1988; Çağlayan, 1996; Çağlayan ve Yurtsever, 1998; Okay ve diğ., 2001; Dabovski ve diğ., 2002; Gerdjikov, 2005; Vasilev ve Dabovski, 2010; Natal'in ve diğ., 2012, 2016), yapısal korelasyonlar ve yaş nitelikleri hala belirsizdir (Cattò ve diğ., 2018).

Istranca Masifi'nin iç yapısı Variskan, Kimmer ve Alpin orojenik döngülerin süperpozisyon etkilerinden kaynaklanmaktadır (Okay ve diğ., 2001; Lilov ve diğ., 2004; Gerdjikov ve diğ., 2005; Elmas ve diğ., 2011; Sunal ve diğ., 2011; Natal'in ve diğ., 2012; Şahin ve diğ., 2014; Machev ve diğ., 2015; Cattò ve diğ., 2018).

Istranca Masifi esas olarak metamorfik ve granitik kayalardan oluşmaktadır. Metamorfik kayalardan ve hacimli intrüzif geç Karbonifer ve Permiyen granitik kayalardan oluşan Variskan temeli, sığ denizel Triyas-Jura klastik ve karbonat kayaları tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Okay ve diğ., 2001; Sunal ve diğ., 2006, 2008). Masif iki farklı metamorfizma geçirmiştir. İlk metamorfizma sadece Paleozoyik yaşlı temeli, ikinci metamorfizma evresi hem temeli hem de Mesozoyik yaşlı örtü kayalarını etkilemiştir (Çağlayan ve Yurtsever, 1998; Okay ve diğ., 2001). Temelde yer alan granitik kayalar yeşilşist fasiyesinde, mikaşistler yüksek yeşilşist/düşük amfibolit fasiyesi, migmatitler ise yüksek amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir (Okay ve diğ., 2001). Temel ve sedimenter zon Geç Jura-Erken Kretase döneminde deformasyon ve yeşilsist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir (Okay ve diğ., 2001; Elmas ve diğ., 2011; Sunal ve diğ., 2011). Metamorfik kayalardan alınan Ar-Ar ve Rb-Sr mika yaşları 156 My ila 137 My arasındadır (Okay ve Özcan, 2014). Daha yakın tarihli çalışmalar, Istranca Masifi'nin en yaşlı kayalarının Prekambriyen olduğunu kanıtlamıştır (Lilov ve diğ., 2004; Şahin ve diğ., 2014; Natal'in ve diğ., 2016).

Çeşitli çalışmalar Geç Proterozoyik-Erken Kambriyen dönemlerinde Gondwana'nın kuzey kenarı boyunca Istranca Masifi'nin yerini saptamıştır (Yanev ve diğ., 2006; Sunal ve diğ., 2008; Şahin ve diğ., 2014). Geç Permiyende (Okay ve diğ., 2001; Sunal ve diğ., 2006), yitim ile ilişkili magmatik yay boyunca Kırklareli tipi plütonların yerleşmesi ile yaygın bir magmatizma olayı meydana gelmiştir (Sunal ve diğ., 2006; Natal'in ve diğ., 2012).

Şermat Kuvarsitlerinin, metakonglomera, metakumtaşı ile başlayan ve kuvars-serizit şistlere kadar derecelendirilen transgresif bir istif oluşturduğu ve tabaka kalınlığının, inceden ortaya kadar değişebileceği saptanmıştır (Yazıcı ve Natal'in, 2015). Kinematik göstergeler kuzeydoğuya doğru tektonik bir taşınmayı gösterirken, mevcut kalıntılar sedimentlerin güneydeki bir kaynak alandan taşındığını göstermektedir (Yazıcı ve Natal'in, 2015).

4.2. İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ

4.2.1. Şermat Kuvarsiti

Birim, Pamir ve Baykal (1947)'ın Kuvarsitler olarak tanımladığı, Akartuna (1953)'nın Alt ve Üst Kuvarsitler olarak adlandırdığı, Aydın (1982)'ın metaçakıltaşı, metakumtaşı, metakuvarsit olarak adlandırdığı biriminin eşdeğeridir. Üşümezsoy (1982)'un Demirköy formasyonu kuvarsitleri ile Kızılağaç yöresinde Kırklareli granitinin milonit kuvarsitinin bir kısmının; Umut ve diğ. (1983, 1984)'nin kuvarsit olarak belirttiği biriminin karşılığıdır. Birim, Yurtsever ve diğ. (1993) tarafından Şermat Kuvarsiti olarak adlandırılmıştır. Çağlayan ve Yurtsever (1998) ise Şermat kuvarsitini Istranca grubu içerisinde tanımlamıştır.

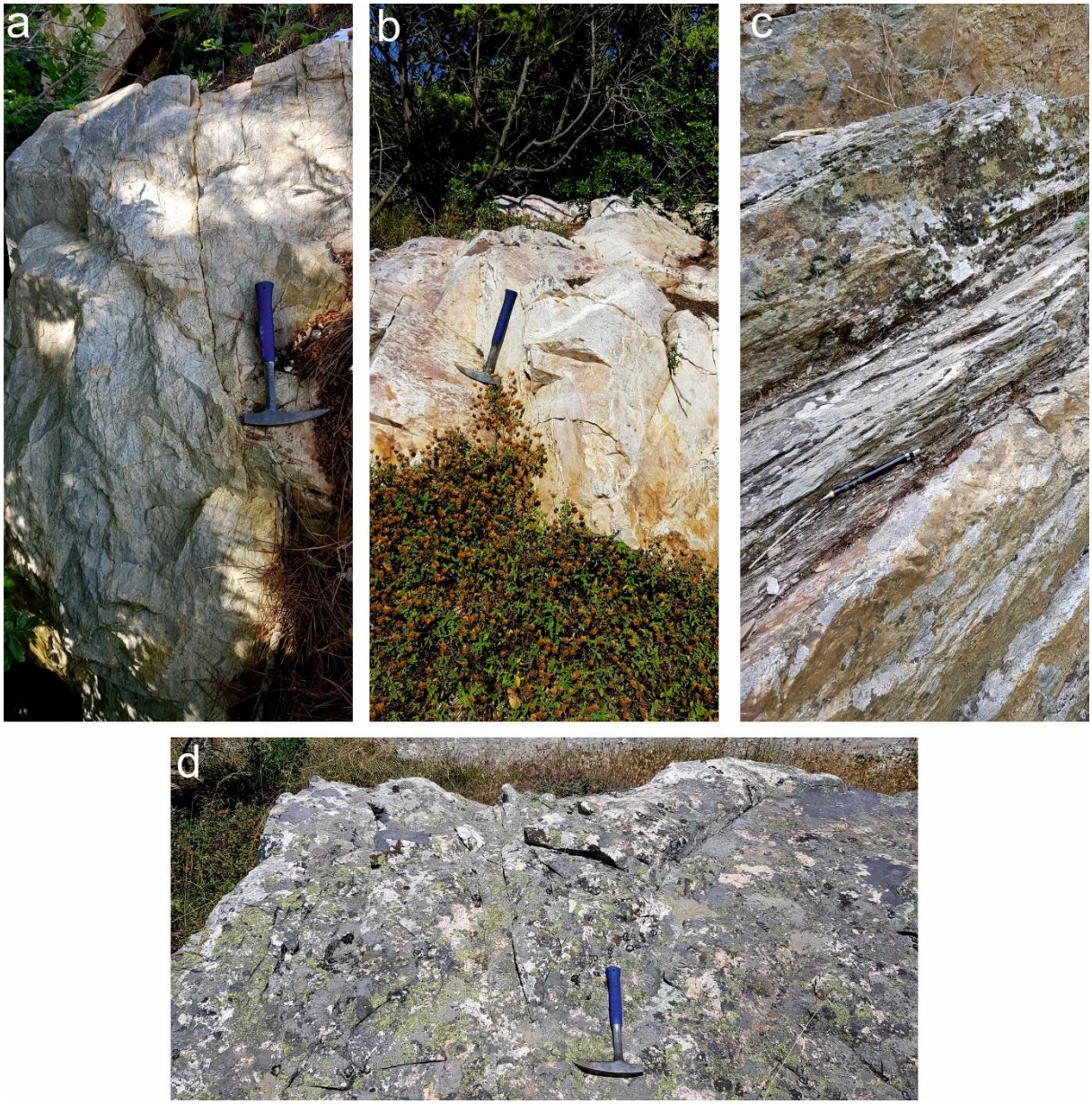
Kuvarsitler, Çatalkaya Tepe, Sivrikaya Tepe, Uzun Dere güzergahı boyunca KB-GD uzanımlı ve Devetaşı Tepe ve Sazlı Tepede yüzlek vermektedir. Birimin kalınlığı çok değişken olup, arazideki görünür mostralarda yaklaşık 25 metre ölçülmüştür. İnceleme alanında birimin alt dokanağı tespit edilememiştir. Çatalkaya Tepe bölgesinde Soğucak formasyonu üst dokanak olarak gözlenmiştir. İnceleme alanında kuvarsitlerin en iyi gözlendiği yer Çatalkaya Tepedir.

Birim kahve, gri, beyaz, kırmızı, bordo renkli, taze kırık yüzeyi ise beyaz, açık kahve renktedir (Şekil 4.2a). Bazı bölgelerde lokal olarak mika pulcukları görülmektedir (Şekil 4.2b). Belirgin bir foliasyon göstermezler. Taze kayaçtan ayrışmış kayaca doğru kırık çatlakların arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.2c). Süreksizlikler kapalı, dolgusuz ve kurudur (Şekil 4.3a). Likenlerle kaplı olduğu kısımlarda gri, koyu kahve renklerde gözükmektedirler (Şekil 4.3d). Bazı mostralarda kuvars damarları gözlenmektedir (Şekil 4.3b). Uzun dere mevkinde fillat-kuvarsit ardalanması tespit edilmiştir (Şekil 4.3c). Bölüm 4.4'te ayrışma süreçleri ile birlikte birime ait litolojik ve petrografik özellikleri daha ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

İnceleme alanında bu kuvarsitlerde hiçbir fosil bulgusuna rastlanılmamıştır. Gedik ve diğ. (2014) çalışmasına göre Geç Permiyen-Erken Triyas yaşlı olduğu kabul edilmiştir. Çağlayan ve Yurtsever (1998) birimin plaj ve delta ortamında çökeldiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.2: Şermat kuvarsitine ait a) Çatalkaya Tepe bölgesindeki beyaz, açık kahve renkli görünümü b) bazı örneklerde gözlenen mika pulcuklarına ait görüntü c) Çatalkaya Tepe bölgesindeki kırık ve çatlaklı yapısına ait görünüm.



Şekil 4.3: Şermat kuvarsitine ait a) kapalı süreksizlik içeren görünmü b) yer yer gözlenen kuvars damarı c) Uzun Dere mevkiinde gözlenen fillat ardalanması d) Çatalkaya Tepe T3 rüzgar gülü bölgesinde likenlerle kaplı görünümü.

4.2.2. Soğucak Formasyonu

Birim araştırmacılar tarafından çok farklı isimlerde adlandırılmıştır. Bu çalışmada Gedik ve diğ. (2014) önerdiği şekilde Soğucak Formasyonu adı benimsenmiştir.

Birim, Çatalkaya Tepe bölgesinde kuvarsitleri saracak şekilde KB-GD uzanımlı olarak, Çatalca merkezdeki yükseliminin ise kuzeydoğusunda gözlenmiştir.

Soğucak Formasyonu, Çatalkaya Tepede Şermat kuvarsitlerinin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. İnceleme alanında kireçtaşının ve en iyi gözlendiği yer Çatalkaya Tepedir. Birim koyu bej, beyaz, krem renkli, taze yüzeyi kirli beyazdır. Karbonat çimentolu kumtaşı-çakıltaşı ara tabakalı, yer yer tüf seviyeli, killi kireçtaşı, vesiküler boşluklu olarak gözlenmiştir (Şekil 4.4). Sıcak-sığ denizel ortamda çökelmiş olan bu formasyonun yaşı Geç Eosen-Erken Oligosen olarak kabul edilmiştir (Gedik ve diğ., 2014).



Şekil 4.4: Soğucak Formasyonun çalışma alanındaki genel görünümü.

4.2.3. İhsaniye Formasyonu

Doust ve Arıkan (1974) tarafından Pınarhisar formasyonunun İhsaniye üyesi olarak kullanılmıştır. Çağatay ve Yurtsever (1998) tarafından İhsaniye formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanında İhsaniye, Kabakça, İnceğiz köyleri dolayında yüzeylenmektedir. Altta ve yanal yönde Soğucak Formasyonu'nun kalkarenitleriyle dereceli olarak geçişlidir. İnceleme alanında birimin üst dokanağı tespit edilememiştir.

Kirli beyaz, yeşilimsi beyaz, grimsi yeşil, krem ve açık gri renkli, ince-orta tabakalı şeyl, kiltaşı, marn, biyoklastik kireçtaşı/kalkarenit ve tüf-tüfitten oluşur. Birim homojen değildir (Gedik ve

diğ., 2014). Kaya türü özellikleri ve pelajik fosil kapsamı birimin resif ilerisinde çökeldiğini ve birimin yaşı Geç Eosen-Erken Oligosen olarak kabul edilmiştir (Gedik ve diğ., 2014).

4.2.4. Taraça ve Alüvyon

Taraçalar, tutturulmamış, dağılgan çakıl ve küçük bloklardan oluşur. Kızılımsı kahverenkli olan çakıllar köşeli ve çoğunlukla kuvarsittir.

Alüvyonlar akarsu vadilerinde, tutturulmamış, kötü boylanmalı, kil, silt, kum ve çakıllardan oluşmuştur.

4.3. AYRIŞMANIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Yüzeyden derine doğru kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerine etki eden ve etkisi giderek azalan değişim süreçleri ayrışma olarak tanımlanmıştır (İrfan, 1981). Ayrışma, doğal nedenlerin etkisiyle kayaçlar yüzeylendiklerinde meydana gelen ve geri dönüşümü olmayan tepkimeler olarak tanımlanır (Price, 1995). Tuğrul (1995)'e göre ise ayrışma, kaya bünyesinde, ortam şartlarının etkisi ile çoğun yavaş gelişen, ilerleyici, mühendislik açısından önemli sonuçlar doğuran fiziksel, kimyasal ve mekanik olaylar serisidir. Ayrışmanın etkisiyle kayaçlar taze durumlarındaki bileşim ve özelliklerini yitiren bir süreç olarak tanımlanmıştır (Tuğrul, 1995).

Kayacın içerdiği süreksizliklerin türleri ve özellikleri, çimento malzemesi, iklim, bitki örtüsü, yeraltı ve yüzey suları, topoğrafya ve zaman ayrışmanın türünü, hızını ve derecesini belirlemektedir. Litolojik ortama bağlı olarak tüm bu parametreler farklı etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, ayrışmayı denetleyen etkenlerin önem sırası değişkendir (Ündül, 2007). Ayrışma etkisiyle kaya malzemesi daha gözenekli bir hale gelir, bireysel mineral taneleri zayıflar ve taneler arasındaki bağ kaybolur. Genel olarak kaya, mukavemetini kaybeder ve daha fazla deforme olur ve geçirgenliği, kayanın yapısına, ayrışma ürünlerin varlığına, türüne ve ayrışma aşamasına bağlı olarak değişebilir (Momeni ve diğ., 2015).

Ayrışmayı etkileyen parametrelerden olan iklim, Peltier (1950) ve Somasekhar ve diğ. (2018) gibi çeşitli araştırmacılar tarafından değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında da iklim ile ilgili değerlendirmeler Bölüm 4.4.5'te sunulmuştur.

Arazideki gözlemlerde ANON (1995) tarafından önerilen ve Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilen özelliklere göre malzeme ve kütle ölçeğinde değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 4.1: Uniform malzemeler için ayrışma sınıflaması (Anon, 1995).

Sınıf	Tanımlama	Tipik özellikler
I	Taze	Orjinal durum değişmemiş.
II	Az ayrışmış	Az renk değişimi, az zayıflama.
III	Orta derecede ayrışmış	Dikkate değer derecede zayıflamış, renk değişimi malzeme içlerine kadar gelişmiş. Büyük parçalar elle kırılamaz.
IV	İleri derecede ayrışmış	Büyük parçalar elle kırılabilir. Kuru numuneler suya batırıldığında kolayca dağılmaz.
V	Tamamen ayrışmış	Oldukça zayıflamış, suda dağılabilen, orjinal doku anlaşılabilir.
VI	Kalıntı – kalık zemin	Yerinde ayrışma ile zemin oluşmuş, orjinal doku ve yapı kaybolmuştur.

Tablo 4.2: Heterojen kütleler için ayrışma sınıflaması (Anon, 1995).

Sınıf	Malzeme sınıflarının yaklaşık oranları	Tipik özellikler
1	%100 I-III arası ayrışmış (tümünün taze kaya olması gerekmemektedir).	Kaya gibi davranır; kütle değerlendirmelerinde ve dizaynında kaya mekaniği prensipleri uygulanır.
2	>%90 I-III arası ayrışmış <%10 IV-VI arası ayrışmış	Süreksizlikler boyunca zayıf malzemeler. Makaslama dayanımı, sertlik ve geçirgenlik etkilenir.
3	%50-%90 I-III arası ayrışmış %10-%50 IV-VI arası ayrışmış	Kaya yapısı birbirine bağlı, dayanımı ve sertliği kontrol etmekte; matriks geçirgenliği kontrol etmektedir.
4	%30-%50 I-III arası ayrışmış %50-%70 IV-VI arası ayrışmış	Kaya yapısı sertliğe katkıda bulunur; süreksizliklerdeki matriks ve ayrışma ürünleri sertliği ve geçirgenliği kontrol etmektedir.
5	<%30 I-III arası ayrışmış %70-%100 IV-VI arası ayrışmış	Zayıf sınıflar davranışı kontrol etmektedir. Çekirdek taşları araştırma ve inşaat için önemlidir.

Tablo 4.2 (devam): Heterojen kütleler için ayrışma sınıflaması (Anon, 1995).

6	%100 IV-VI arası ayrışmış (tümünün kalıntı toprak olması gerekmemektedir).	Kalıntı doku hala belirgin olsa da zemin gibi davranır.

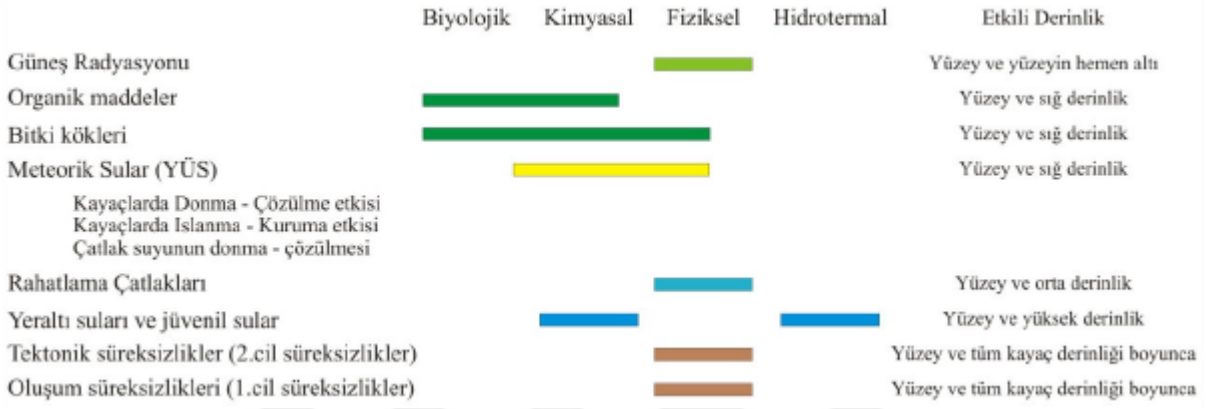
4.3.1. Ayrışma Tipleri

Kayaçlar jeolojik zaman içerisinde çeşitli etkenlerin aktivitesi (Tablo 4.3, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6) ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma tipleri gösterebilmektedir. Kayaçlarda bu üç ayrışma tiplerinden bir veya birkaçı gözlemlenebilmektedir. Örneğin, fiziksel ayrışma, kayaçların yüzey alanı arttığından kimyasal ve biyolojik ayrışma işlemlerinin kayaç bünyesine nüfuz etmesi daha kolay gerçekleşebilmektedir.

Tablo 4.3: Ayrışmayı oluşturan etkenler ve sonuçlar (Tuğrul, 1995).

Fiziksel ayrışmayı oluşturan etkenler	**Fiziksel ayrışma**	**Sonuçlar**	
• Tektonizma • Yük kalkması • Islanma-kuruma • Donma-çözülme • Yabancı kristallerin oluşumu • Bitki kökleri • Güney radyasyonu • Kaya üzerindeki kolloid malzemelerin kuruması	• Eklemlerin açılması • Kütlesel gevşeme • Süreksizlik artışı • Fiziksel parçalanma • Ufalanma	• Hacim artışı • Yüzey alanı artışı • Dane boyu küçülmesi	**Etkiler** • Yıkanma-birikme • Sertlik-direnç kaybı • İç yapı değişimi • Gözenekliliğin artışı • Doku-fabrik değişimi • Boşluk suyu basıncının değişimi
Kimyasal ayrışmayı oluşturan etkenler	**Kimyasal ayrışma**	**Sonuçlar**	
• İklim • Su (Yeraltı ve yüzey) • Organik madde	• Hidratasyon • Hidroliz • 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 etkisi • Organik asitlerin gelişimi	• Kimyasal ve fiziksel etkilerin birleşimi	

Tuğrul (1995) Tablo 4.3'te, Ündül (2007) ise Şekil 4.5'te yaptıkları çalışmalarda farklı ayrışma tiplerinin kayaçlardaki etkilerini ve sonuçlarını özetlemiştir. Ayrışma tiplerini oluşturan etkenler bir veya birden fazla ayrışma tiplerinde gözlemlenebilmektedir (Şekil 4.6).



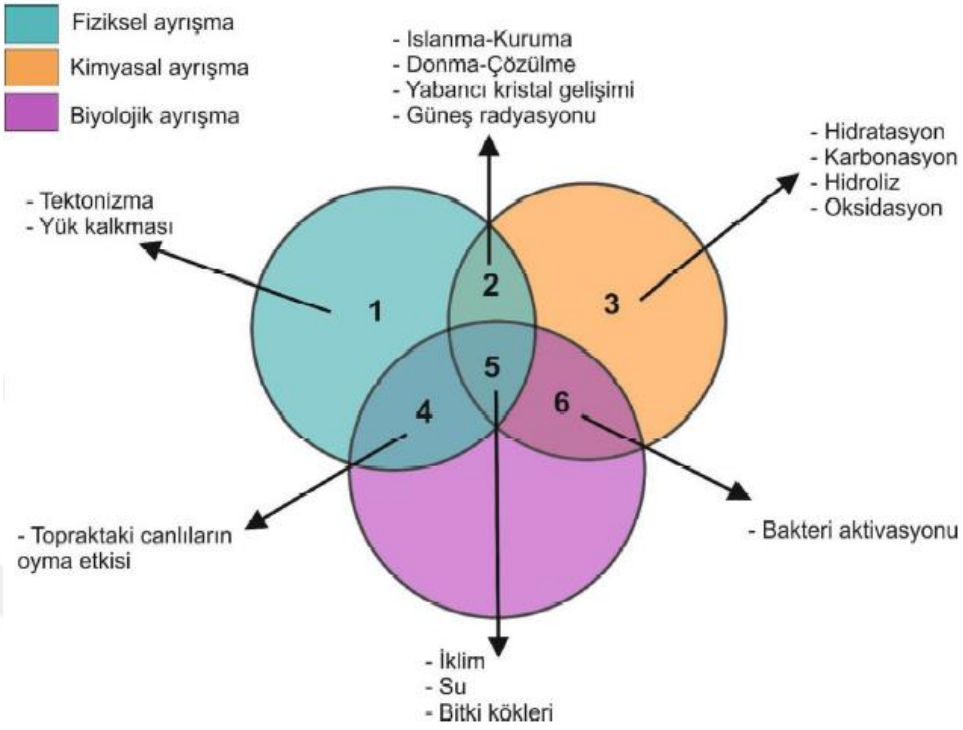
Şekil 4.5: Ayrışmayı geliştiren etmenler ve farklı ayrışma türlerine etkileri (Ündül, 2007).

4.3.1.1. Fiziksel Ayrışma

Fiziksel ayrışmanın etkisiyle kayaç parçalanarak bütünlüğünü kaybeder. Fiziksel ayrışma bu nedenle "mekanik parçalanma" olarak da tanımlanmaktadır. Kayaçlardaki mevcut süreksizlikler çeşitli etkenler (Tablo 4.3, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6) ile zaman içinde gelişerek kayacın gücünde bir azalmaya neden olurlar. Kayanın fiziksel olarak parçalanması kırılma veya çatlakların yayılmasından kaynaklanmaktadır (Eppes ve Keanini, 2017).

Fiziksel ayrışma genellikle kaya gücünde bir azalmayı ifade ettiğinden, kaya özelliklerinin ayrışma oranını kontrol etmede en önemli faktör olduğu düşünülmektedir (Turkington ve Paradise, 2005; Waragi, 2016).

Eppes ve Keanini (2017)'nin yaptıkları çalışmaya göre fiziksel ayrışma koşullarına neden olan gerilme kaynakları genellikle topoğrafik, tektonik ve çevresel etkenler olmak üzere üç kategoride değerlendirilebilir. Hem tektonik hem de topoğrafik gerilme statik olarak kabul edilebilir, ancak hemen hemen tüm çevresel gerilmeler belirli aralıklarla (örneğin, günlük, mevsimsel ve yıllık) döngüseldir.



Şekil 4.6: Farklı ayrışma tiplerini oluşturan etkenler (Bilen, 2020).

Su mevcudiyetinin donma ve neme bağlı, gerilme oluşturucu işlemlerin egemen olduğu varsayımından dolayı mekanik ayrışmayı hızlandırdığı kabul edilmektedir (Elliott, 2008; Gerber ve Scheidegger, 1969; Humphreys ve Wilkinson, 2007; Moores ve diğ., 2008; Small ve diğ., 1999; Wells ve diğ., 2005; West ve diğ., 2014; Eppes ve Keanini, 2017).

4.3.1.2. Kimyasal Ayrışma

Kimyasal reaksiyonlar, kristal kafes bağlarını uzatır ve zayıflatır. Sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörler, ayrışma oranlarını ve dolayısıyla da çatlama oranlarını etkiler (Eppes ve Keanini, 2017). Kimyasal reaksiyonların hızının sıcaklık arttıkça artma eğilimi vardır (Arrhenius, 1889; Peltier, 1950).

Kimyasal ayrışma, bölgenin iklim koşulları, yeraltı ve yüzey sularının varlığı, bitki köklerinin ve organik maddelerin aktivitesi gibi etkenler ile kayacı oluşturan minerallerin yapısına, bağlarına, kimyasına bağlı olarak farklı reaksiyonlar oluşabilmektedir.

Kuvars içeren kayalarının kimyasal ayrışma oranı genellikle yavaştır (Wray, 2013). Dar çatlaklar boyunca, suyun düşük hızı, su ve kaya arasında daha fazla reaksiyon süresi sağlar. Meteorik ayrışmaya maruz kalan kaya yüzeylerinde, ıslak ve kuru koşulların değişmesi, gözenek suyunun kılcal hareketine ve kayayı daha fazla alterasyona karşı koruyan ince ve sert bir silika çimento ve demir oksit tabakasının birikmesine yol açar (Piccini ve Mecchia, 2009).

4.3.1.3. Biyolojik Ayrışma

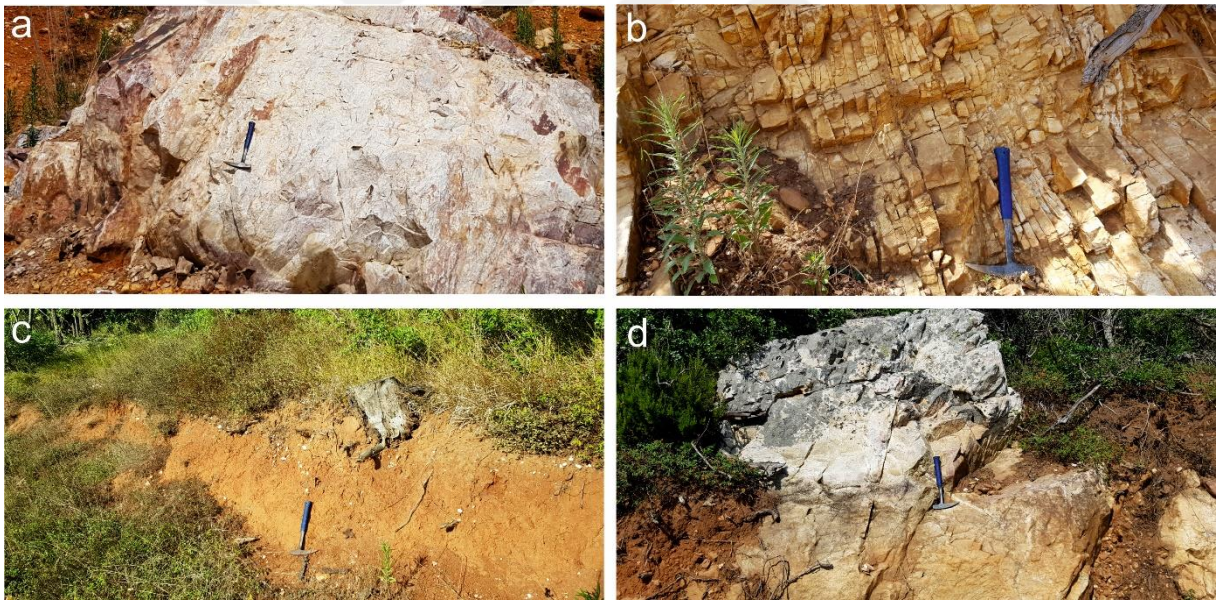
Kaya yüzeyinde büyük miktarda bakteri, yosun, mantar ve liken oluşur ve ara yüzeyde ayrışma özellikleri ortaya çıkar. Bu tür mikroorganizmalar H+, asitler ve kompleks yapıcı maddeler salgılarlar (Robert ve Tessier, 1992).

Bitkilerin, likenlerin, mantarların, bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların, çoğu kayanın fiziksel ve kimyasal olarak parçalanmasına doğrudan katkıda bulunduğu açıkça görülmektedir (Cooks ve Otto, 1990). Birçok bitki, liken ve mantarın, çözünmeyi teşvik eden silika ile reaksiyona girebilen ve kuvars kumtaşlarının kimyasal olarak ayrışmasını hızlandıran organik asit çözeltileri salgıladığı bilinmektedir (Henderson ve Duff, 1963; Paradise, 1997; Duane, 2006). Likenlerin veya diğer biyolojik faktörlerin her zaman arenit yüzeyinin ayrışma oranını hızlandırmadığını, bazı likenlerin yaşadıkları sırada bir kaya yüzeyini koruyabildiğini ve sardığını, bunun da bazen büyük bir süre için yüzey girintisini azalttığını ancak öldüklerinde, ayrışmış kayayı, sarma etkisinin kaybından veya çürümeden dolayı kimyasal korozyondan kaynaklanan aşındırıcı işlemlere maruz bıraktıkları tespit edilmiştir (Young, 1987; Viles ve Pentecost, 1994; Hoatson ve diğ., 1997; Kurtz ve Netoff, 2001; Bjelland ve Thorseth, 2002; Goudie ve diğ., 2002; Mottershead ve diğ., 2003; Paradise, 2003; Wray ve Sauro, 2017). Likenlerin kapladıkları alanın oranı ile kaya yüzey sertliği derecesi arasında ters orantı olduğu belirtilmiştir (Turoğlu, 2018).

4.4. ŞERMAT KUVARSİTLERİNDE AYRIŞMAYI DENETLEYEN FAKTÖRLER VE AYRIŞMA SÜREÇLERİ

4.4.1. Litolojik Özellikler

Çalışma alanındaki Şermat Kuvarsitlerinin taze seviyesinin rengi açık kahve, beyaz renkli olup jeolog çekici ile çok sert vurulduğunda dahi kırılmayan yapısı vardır (Şekil 4.7a). Çatlak sayıları az ve tamamı kapalıdır. Ayrışma seviyesi ilerledikçe daha koyu kahverengi, kiremit rengi gözlenmekle birlikte çatlak sayısının arttığı tespit edilmiştir. Bu seviyelerde örnek alımı daha kolaydır (Şekil 4.7b). Gün yüzünde olan bazı tepe ve yamaçlarda üzeri liken kaplı, gri renkli olarak gözlenmektedir. Bazı mostralardaki kuvarsitlerin içinde kuvars damarları da gözlenmektedir (Şekil 4.7d). Rezidüel zemin seviyesinde ise kırmızı, bordo, kahverengi halini almış ve kuvars parçaları içermektedir (Şekil 4.7c).

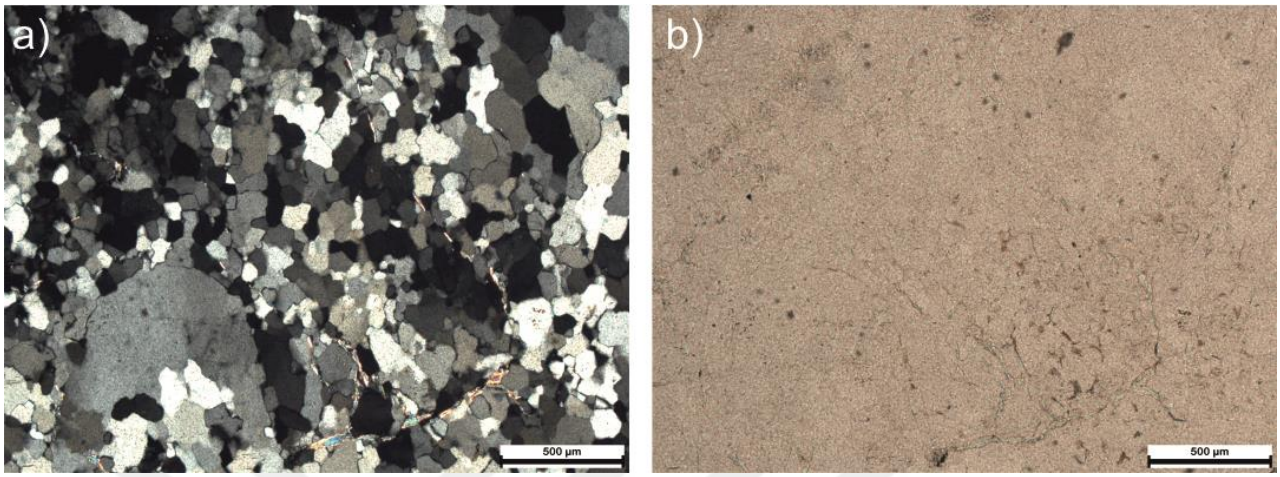


Şekil 4.7: Çatalkaya Tepe bölgesinde a) beyaz renkli taze seviyeye ait görünüm b) düzenli çatlak yapısına sahip ileri derecede ayrışmış seviyeye ait görünüm c) ince bir zon olarak gözlenen rezidüel zemine ait görünüm d) gün yüzündeki kısmı likenlerle kaplı gri renkli, toprak altındaki kısmı kahverenkli ve kuvars damarı içeren kuvarsitin görünümü.

4.4.2. Petrografik Özellikler

Kuvarsitlerin ince kesitleri incelendiğinde %95'in üzerinde kuvarstan oluştukları tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Ayrışma seviyesi ilerledikçe mikro kırık ve çatlaklar oluştuğu ve bu kırık

ve çatlaklarda yer yer mika geliştiği gözlenmektedir. Ayrışmaya bağlı değişimlerin detaylı analizleri Bölüm 4.6.1'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 4.8: Kuvarsit ince kesitlerinin genel görünümü a) çift nikol b) tek nikol.

4.4.3. Yapısal Özellikler

Çalışma alanı için önceden hazırlanmış olan jeoloji haritaları (Arda, 1988; Gedik ve diğ., 2014) ve arazide tespit edilebilen faylar incelendiğinde çalışma alanı ve çevresinin farklı tektonik etkiler altında kaldığı gözlenmektedir.

Ayrıca bu tektonizmanın kayadaki süreksizlikleri geliştirerek kayanın daha kolay parçalanarak, yüzey alanı artışı sağladığı ve diğer ayrışma tiplerine de olanak hazırladığı düşünülmektedir.

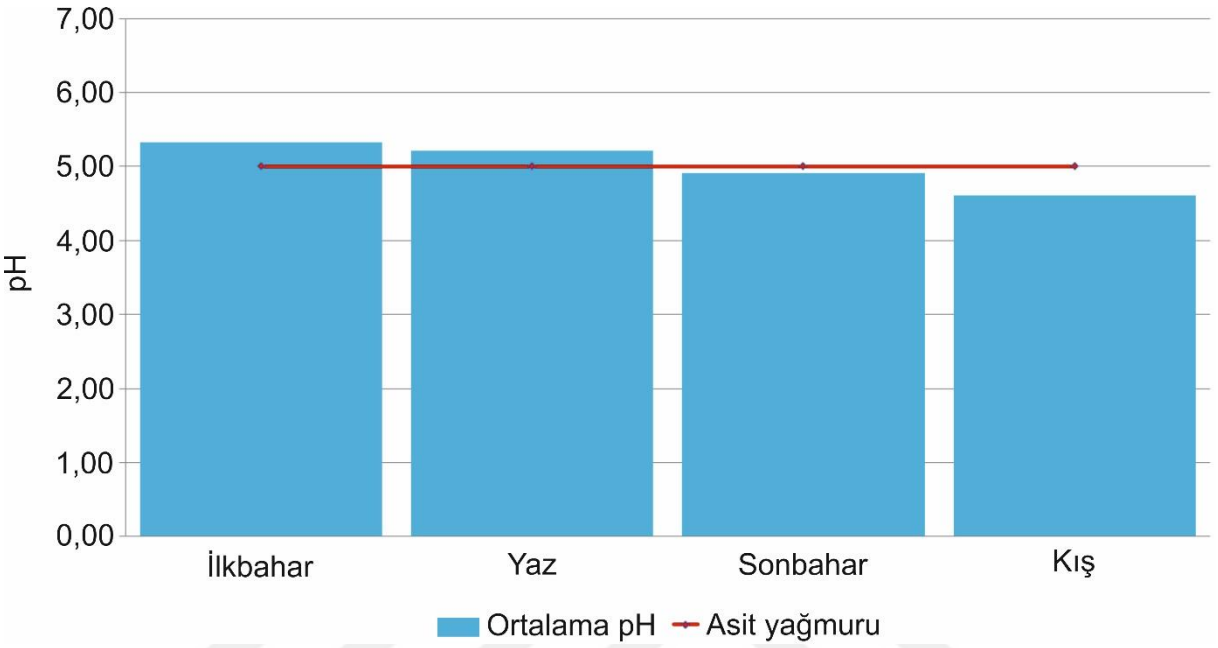
4.4.4. Yeraltı ve Yüzey Suları

Çalışma alanına ait yağış verileri Bölüm 1.1.3'te ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Nisan-Ağustos ayları arası diğer aylara göre daha az yağışlı, diğer dönemler yağışlı geçmektedir. Bu yağışlar yüzey sularını oluşturarak yeraltı su havzalarına da besleyebilir.

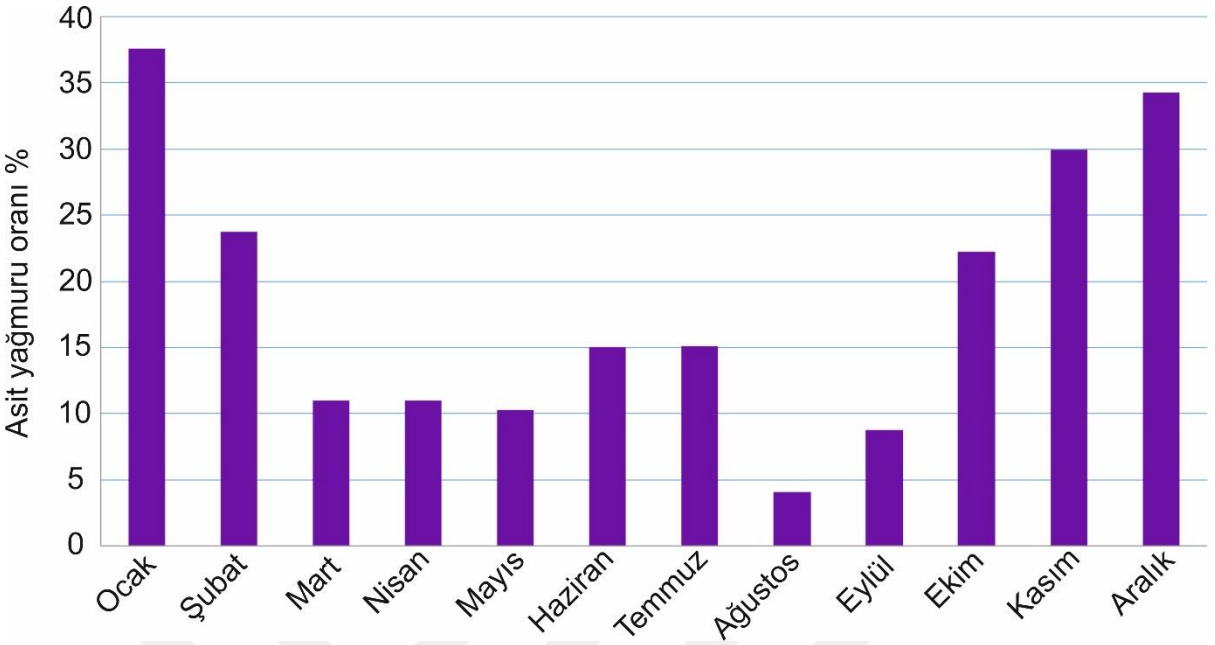
Suyun mevcut süreksizliklere girerek sıcaklık etkisiyle donup süreksizliklerde basınç oluşturarak kayaların parçalanmasına neden olmaktadır.

$$SiO_2 + 2\ H_2O \rightarrow H_4SiO_4 \qquad (4.1)$$

Yüzey veya yeraltı suları kuvarsit bünyesinde hakim mineral olan kuvars ile reaksiyona girerek silisik asit oluşturmaktadır (4.1). Ayrıca Şekil 4.9 ve 4.10'da görüldüğü gibi Çatalca bölgesinde yağışlardaki pH derecesi görülmektedir.



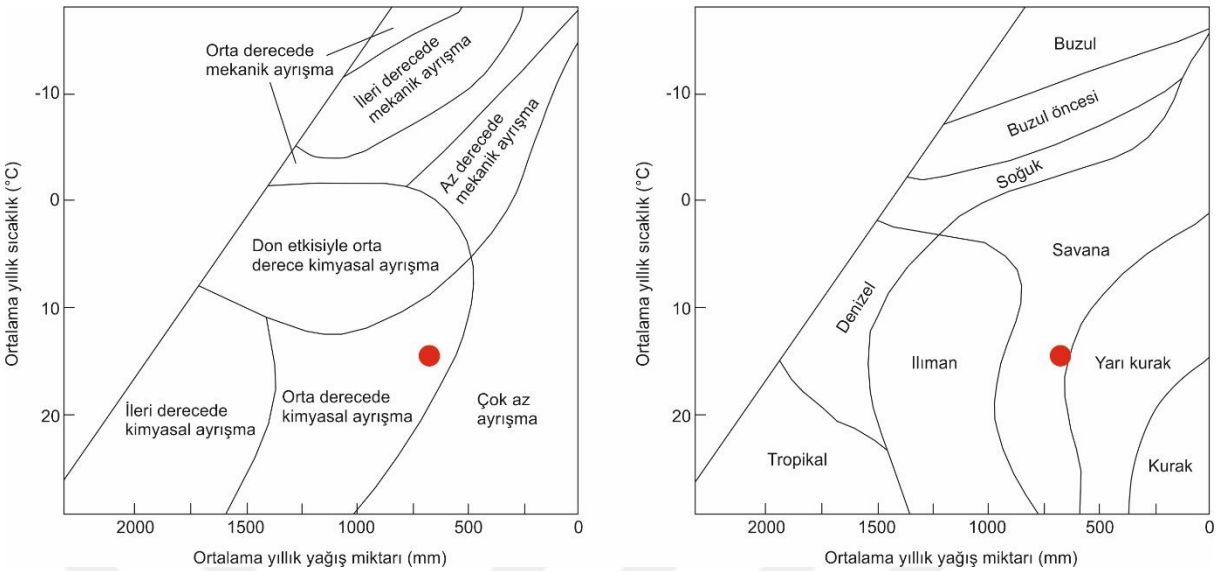
Şekil 4.9: Çatalca yağış örneklerinde mevsimlik hacim ağırlıklı pH ortalamaları (https://www.mgm.gov.tr).



Şekil 4.10: 2005-2020 Çatalca aylık asit yağmur oranı (https://www.mgm.gov.tr).

4.4.5. İklim

Somasekhar ve diğ. (2018) sıcak ve nemli iklim gibi farklı ortamlarda farklı derecelerde ayrışma gösteren litolojilerin kimyasal ayrışmaya, soğuk ve kuru iklimin ise mekanik ayrışmaya karşı hassas olduklarını tespit etmişlerdir. Peltier (1950) diyagramlarına göre bölgedeki ortalama yıllık yağış miktarı ve sıcaklık değerleri iz düşürüldüğünde bölgenin "Savana" iklim tipinde ve "Orta Derecede Kimyasal Ayrışma"nın etkin olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).

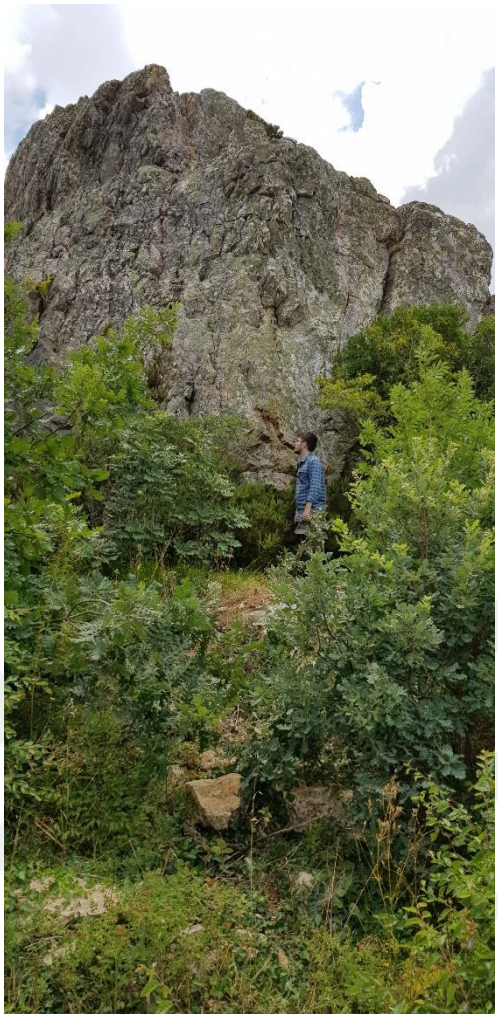


Şekil 4.11: Çalışma alanının iklim verilerinin Peltier (1950) diyagramlarında gösterimi.

4.4.6. Topoğrafya ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı genelde düzlüklerdeki taraça ve alüvyonlardan oluşmaktadır. Kuvarsitlere yalnızca bazı tepe ve hafif eğimli yamaçlarında rastlanılmıştır. Bundan dolayı ilerleyen ayrışma seviyelerinin bu yamaçlarda gözlenmesini güçleştirmektedir.

Çalışma alanı sığ köklü yoğun bitki örtüsü ile kaplı olduğundan yamaçlardaki kayaçların yüzeyleri liken, yosun ve algler ile kaplıdır (Şekil 4.12). Bu da fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışmanın entegre bir şekilde kayacın özelliklerini değiştirmektedir.



Şekil 4.12: T1 rüzgâr gülü tepesinde yoğun bitki örtüsü ile kaplı mostra görüntüsü.

4.5. AYRIŞMANIN ARAZİ ÇALIŞMASI İLE BELİRLENMESİ

Çalışma alanında bölgedeki rüzgâr güllerinin yerleştirilmesi amacıyla açılmış yol yarmaları, çeşitli amaçlar için oluşturulmuş kazı alanları ve maden ocağında yüzey veren mostralar incelenmiştir. Ayrıca doğal mostralarda da gözlemler gerçekleştirilmiştir. Ayrışmanın belirlenmesi sırasında Tablo 4.1 ve 4.2'den yararlanılarak ayrışma seviyelerinin yaklaşık olarak tespiti yapılmış, süreksizlikler, renk değişimi, kaya/rezidüel zemin oranı, ayrışma derecesi, derinliği, yanal yayılımı belirlenmeye çalışılmış ve ayrışma sonucu gelişmiş her seviyeden el örnekleri ve 30cmx30cmx30cm boyutlarında örnekler alınmıştır.

Kuvarsitlerin taze ve az ayrışmış seviyelerinden mostradan örnek koparmak oldukça zordur. Örneklemeler sırasında farklı teknik girişimler için yapılan çalışmalarda kazılarak kopartılmış blok örneklerden de yararlanılmıştır. Arazide kuvarsitlerin ayrışma seviyeleri arasında

kesintisiz tam bir ayrışma profili bulmak oldukça zordur. Ayrıca farklı ayrışma seviyeleri arasında keskin geçişler de gözlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Ayrışma seviyeleri arasındaki keskin geçiş.

4.6. AYRIŞMANIN LABORATUVAR ÇALIŞMALARI İLE BELİRLENMESİ

Araziden alınan örneklerde çeşitli fiziksel, mekanik, mineralojik ve petrografik deneyler yapılmıştır. Elde edilen deneylerin değerlendirilmesi ve korelasyonu ile ayrışma seviyeleri belirlenmiş ve ayrışma profili oluşturulmuştur.

4.6.1. Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar

Fiziksel ve mekanik deneyler de gerçekleştirilmiş, her seviyeye ait kuvarsitlerden ince kesitler hazırlanmış ve Leica marka polarizan mikroskop ile petrografik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar X-ışını kırınımı (XRD) analizleri ile desteklenmiştir.

4.6.1.1. Petrografik özelliklerdeki değişimler

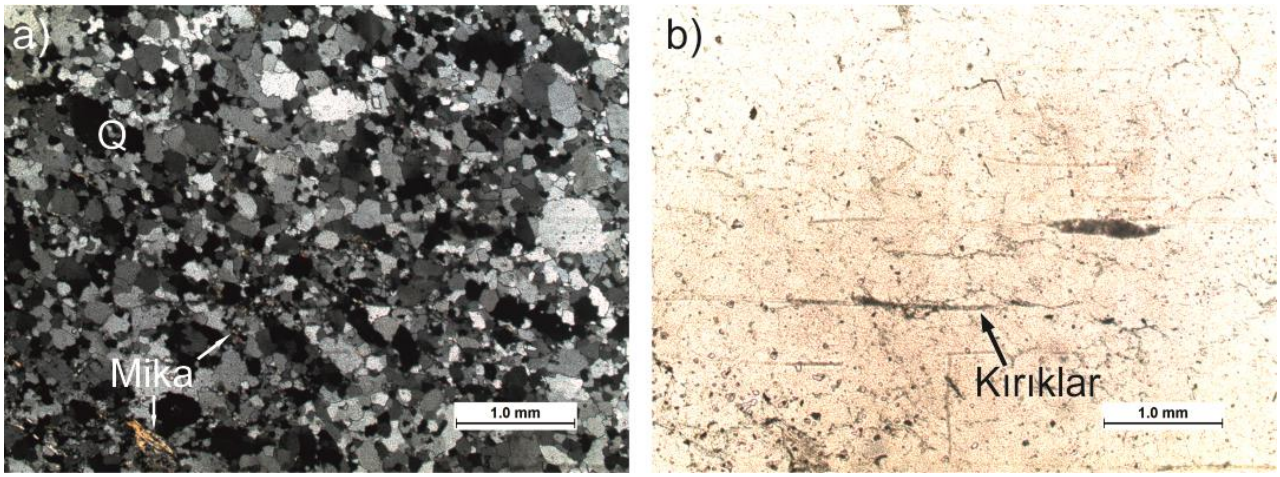
Taze kuvarsitten, rezidüel zemin seviyesine (WVI) kadar tüm seviyelerden toplam 17 adet ince kesit hazırlanmış ve ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Kuvarsitler büyük oranda kuvars ve eser miktarda mika ve opak minerallerden oluştukları için ayrıştıklarında farklı bir mineral gözlenmemiştir. Bu sonuçlar 4.6.1.3 bölümündeki sonuçlar ile de desteklenmiştir.

İnce kesit çalışmalarında kuvarsitlerin kuvars, mika ve opak minerallerden oluştuğu gözlenmiştir. Orta-kötü boylanma gösteren kuvarslar granoblastik doku göstermektedir. Kuvars tanelerinin sınırları süturlu olup, tane boyutları ayrışma seviyesi arttıkça küçülürken genel olarak 200 mikron-2 mm arasında değişebilmektedir. Zayıf rölyef gösteren kuvarslar özşekilli-yarı özşekilli olarak gözlenmiştir. Ayrışma seviyesi ilerlerken kırık çatlaklar da gelişmiştir. Taneler arasında gözüken mikalar, bu kırık çatlaklarda da yer yer gözlenmiştir (Şekil 4.18).

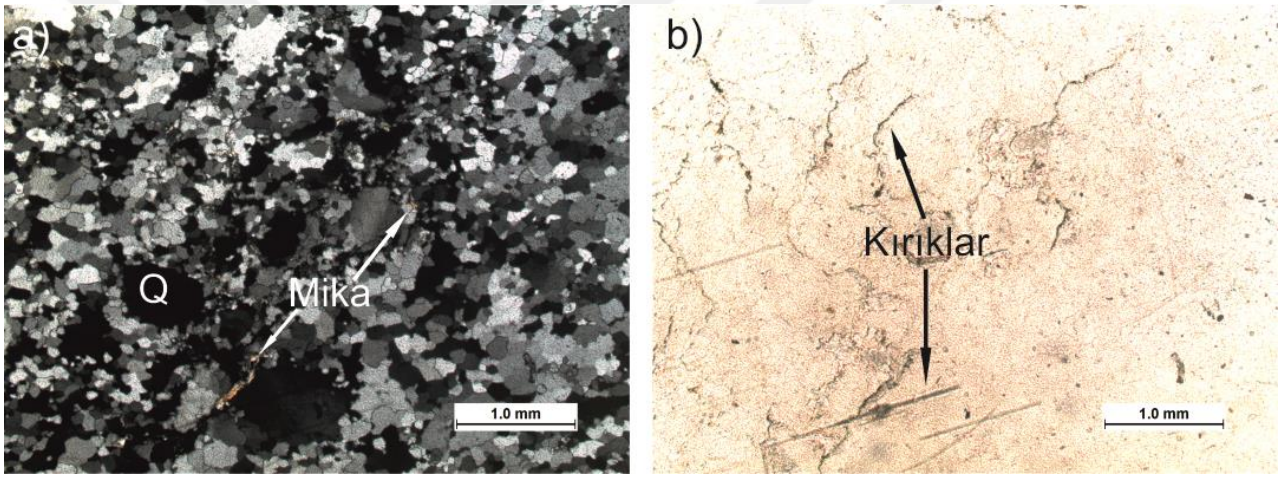
Tablo 4.4'te her ayrışma seviyesine ait özellikler gösterilmiş ve Şekil 4.14-4.19'da sırasıyla taze, az ayrışmış, orta derece ayrışmış, ileri derecede ayrışmış, tamamen ayrışmış ve rezidüel zemin seviyesine ait mikroskop görüntüleri sunulmuştur.

Tablo 4.4: Farklı derecelerde ayrışmış kuvarsitlere ait petrografik özellikler.

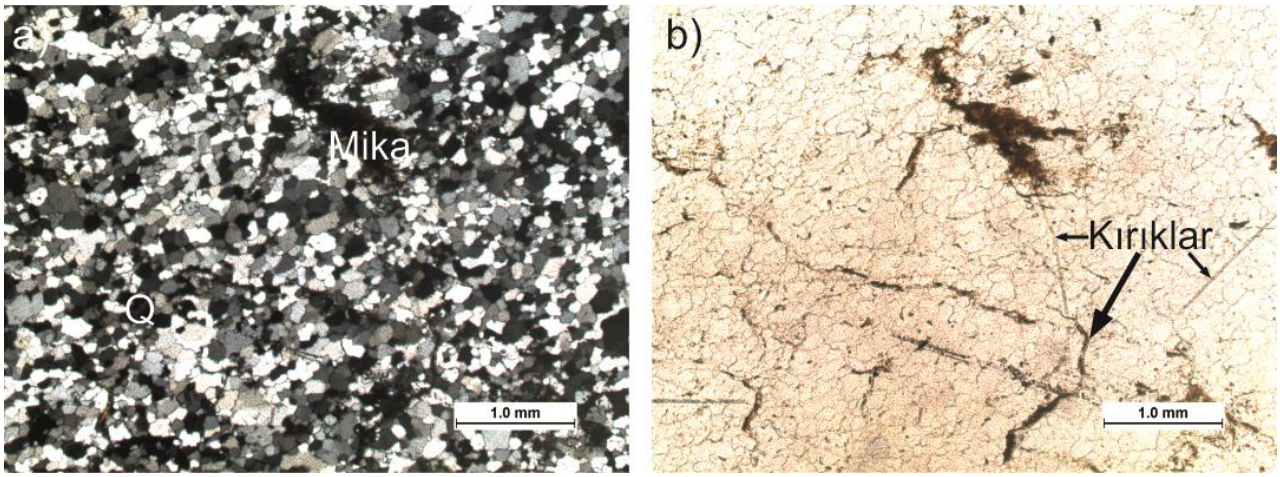
	W I	**W II**	**W III**	**W IV**	**W V**
Petrografik tanımlama	Kuvarsit	Kuvarsit	Kuvarsit	Kuvarsit	Kuvarsit
Bileşim	Kuvars ve eser oranda mika ve opak mineraller	Kuvars ve eser oranda mika ve opak mineraller	Kuvars ve eser oranda mika ve opak mineraller	Kuvars ve eser oranda mika ve opak mineraller	Kuvars ve eser oranda mika ve opak mineraller
Doku	Granoblastik doku	Granoblastik doku	Granoblastik doku	Granoblastik doku	Granoblastik doku
Ayrışma türleri	Yer yer çatlaklı	Sistematik çatlak artışı, kuvarslar korunmuş olup, nadiren çatlaklarda mikalar	Kuvarsların tane sınırlarında ayrışmanın gelişmeye başlamıştır. Sistematik çatlaklara ek olarak düzensiz çatlak gelişiminin başlamıştır.	Yer yer kuvarslar birbirinden tamamen ayrılmış, çatlaklarda yer yer mika minerallerinin gelişmiştir.	Kuvars tane boyutlarının küçülmüş, çatlaklar genişlemiştir.
Mikroçatlak durumu	Mika minerallerinin olduğu kısımlarda yer yer çatlakalar gelişmeye başlamış.	Sistematik gelişmeye başlamış mikroçatlaklar.	Sistematik ve yeni başlayan düzensiz çatlaklar ve yer yer çatlaklarda mika mineralleri.	Sistematik çatlaklar etrafında şekillenen düzensiz çatlaklar.	Sistematik çatlaklar etrafında şekillenen düzensiz çatlaklar.



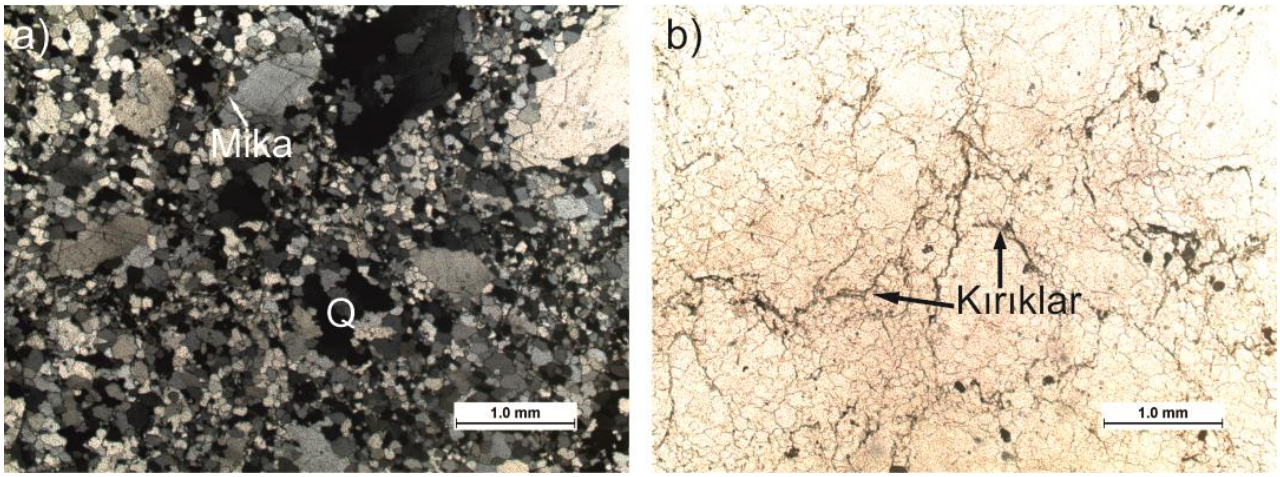
Şekil 4.14: Taze seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri



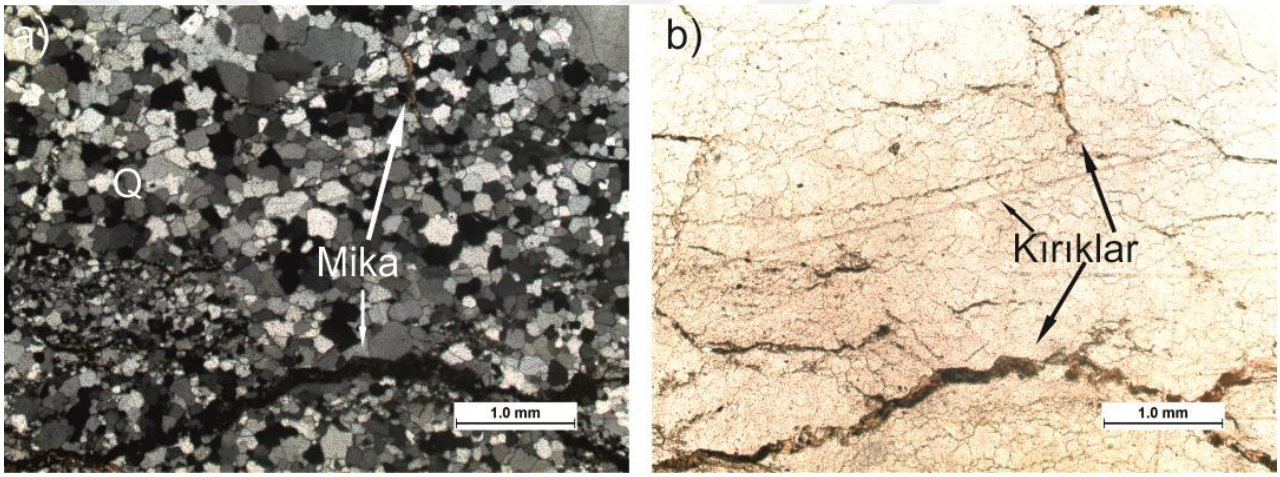
Şekil 4.15: Az ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri.



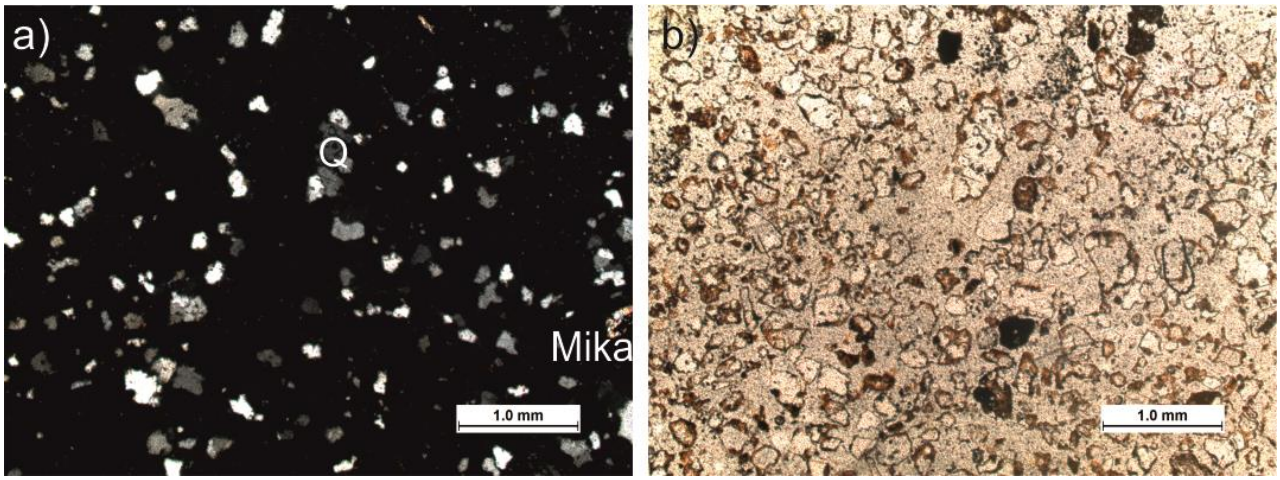
Şekil 4.16: Orta derecede ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri.



Şekil 4.17: İleri derecede ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri.



Şekil 4.18: Tamamen ayrışmış seviyeye ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri.



Şekil 4.19: Rezidüel zemin seviyesine ait a) çift ve b) tek nikol mikroskop görüntüleri.

İrfan ve Dearman (1978)'in önerdiği formüle göre belirlenmiş mikropetrografik indeks (I_p) değerlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.5'te sunulmuştur. Her ayrışma seviyesine ait 3'er ince kesit üzerinde kesitlerin tamamında inceleme yapılmıştır.

Tablo 4.5: Farklı ayrışma seviyelerine ait kuvarsitlerin mikropetrografik indeks değerleri.

		I	II	III	IV	V
I_p	Ortalama	13.32	7.98	6.22	3.84	3.55
	En küçük	8.80	7.77	5.41	2.77	2.44
	En büyük	16.24	8.25	6.69	4.74	4.37

4.6.1.2. Mikroçatlaklarda meydana gelen değişimler

Çalışma sırasında her seviyeden alınan ince kesitler üzerinde Ündül (2007)'ün önerdiği mikroçatlak yayılımı (S_{mf}) hesaplanmıştır. Bu çalışmada kuvarsitler için elde edilen sonuçlar Tablo 4.6'da sunulmuştur. Her ayrışma seviyesine ait 3'er ince kesit üzerinde kesitlerin tamamında inceleme yapılmıştır.

Tablo 4.6: Farklı ayrışma seviyelerine ait kuvarsitlerin mikroçatlak yayılımı değerleri.

	I	II	III	IV	V
Mikroçatlak Yayılımı (S_{mf}) (mm^2'deki ortalama)	1.79	2.57	3.28	3.47	3.76

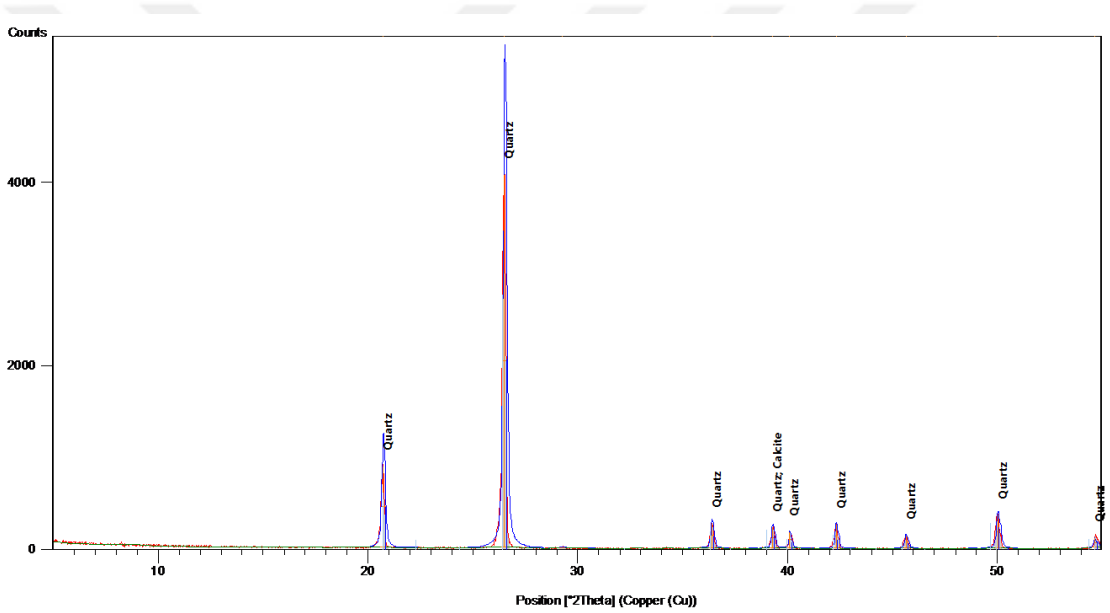
4.6.1.3. Mineralojik araştırmalar

Farklı ayrışma seviyelerine ait kuvarsitlerin içerdikleri mineraller bolluk oranına göre Tablo 4.7'de sıralanmıştır. XRD analizleri ile elde edilmiş grafikler Şekil 4.20-4.25'te sunulmuştur. Kuvarsitlerin %95'ten fazla kuvars minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir. Bu bulgular petrografik bulgular ile de örtüşmektedir. Bu bağlamda çalışılan kayaçların neredeyse tamamının kuvars minerallerinden oluşmalarından dolayı ayrıştıklarında farklı bir mineral gözlenmemiştir. Bu durum XRD sonuçlarıyla da uyumludur. Ancak rezidüel zemin kısmında muskovit, hematit, mika ve montmorillonit minerallerine rastlanılmıştır. Rezidüel zemin kısmında kil boyutlu malzemelerin varlığı arazide gözlenmiştir. Bu seviye içinde kuvars tanelerinden oluşmuş kil boyutlu malzemeler ile kuvarsit içinde yer yer gözlemlenen mikaların dağınık halde bulunması (taze seviyelerde mikalar birlikte bulunmaktadır), rezidüel zemin seviyesinde ise bunların zemin içinde dağılmış olması XRD sonuçlarını etkilemektedir. Kütle

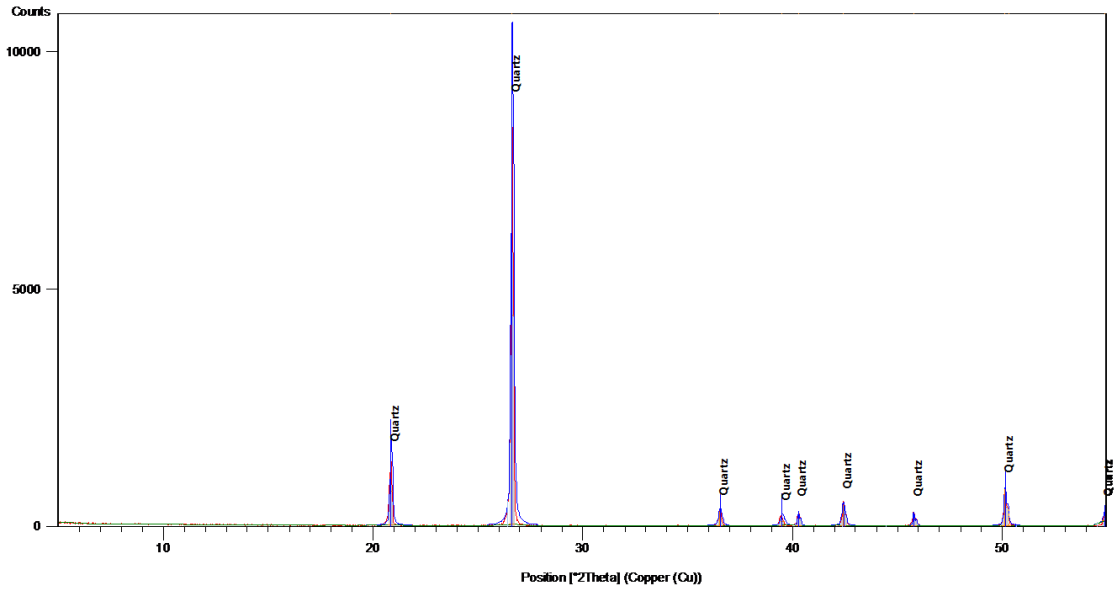
içerisinde mika varlığı oldukça az olduğundan XRD grafiklerinde de çok küçük pikler vermiştir.

Tablo 4.7: Farklı ayrışma seviyelerine ait kuvarsitlerin bolluk sırasına göre mineral içeriği.

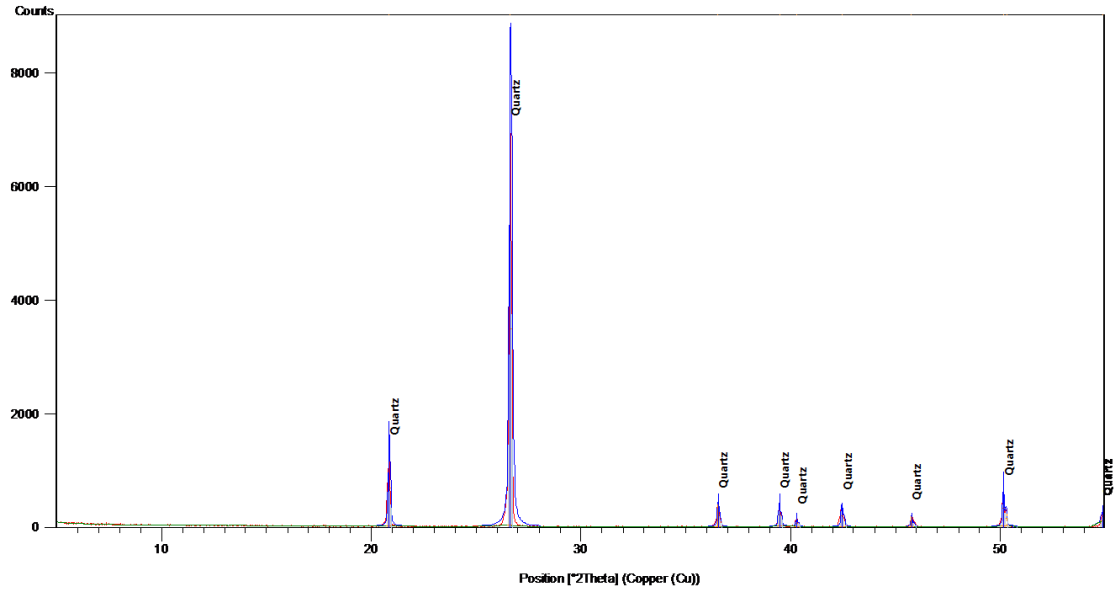
Ayrışma Seviyesi	Bolluk sırasına göre mineral içeriği
VI	Kuvars, Muskovit, Mika, Hematit, Montmorillonit
V	Kuvars
IV	Kuvars
III	Kuvars
II	Kuvars
I	Kuvars



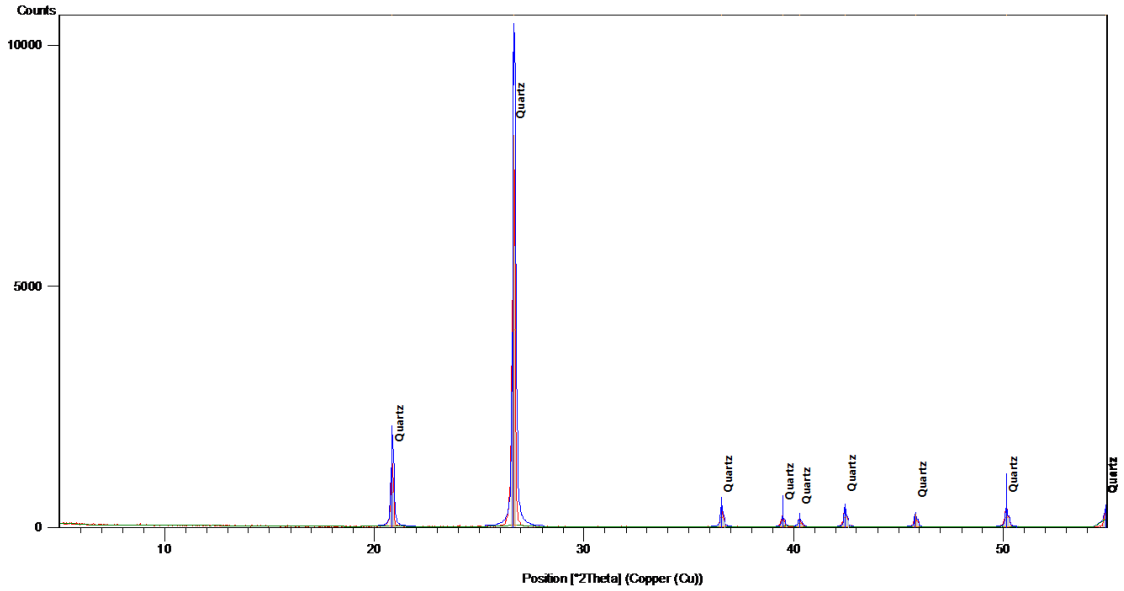
Şekil 4.20: Taze (I) kuvarsite ait XRD grafiği.



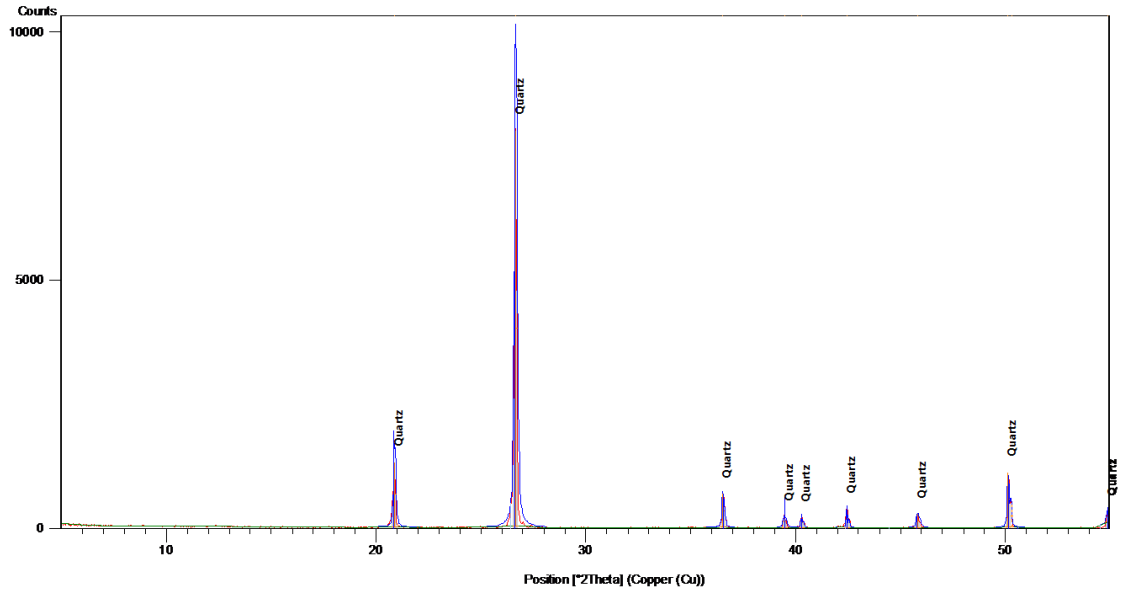
Şekil 4.21: Az ayrışmış (II) kuvarsite ait XRD grafiği.



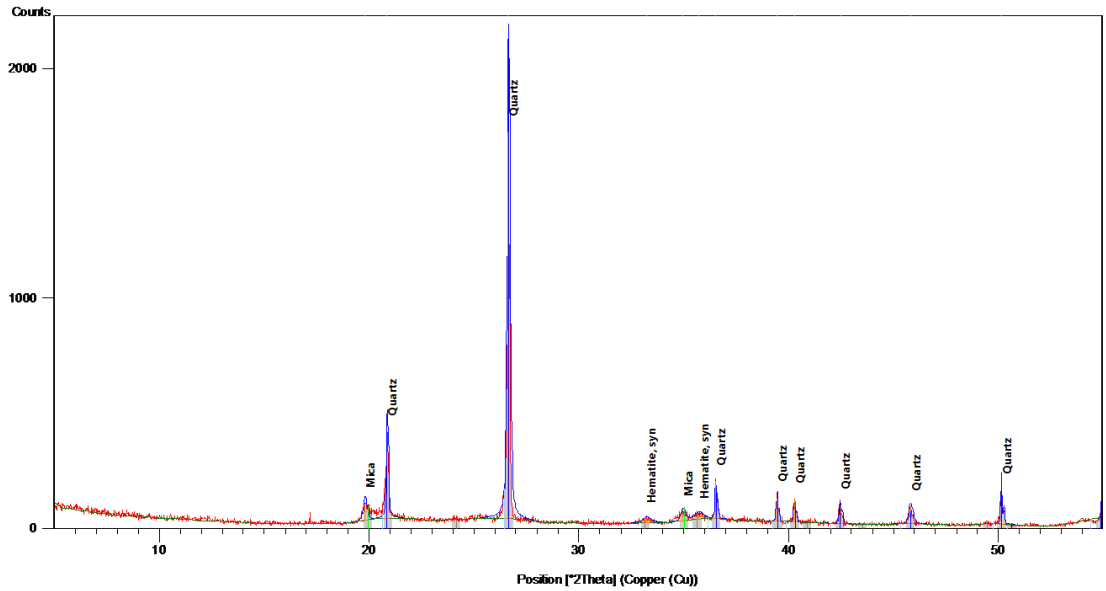
Şekil 4.22: Orta derecede ayrışmış (III) kuvarsite ait XRD grafiği.



Şekil 4.23: İleri derecede ayrışmış (IV) kuvarsite ait XRD grafiği.



Şekil 4.24: Tamamen ayrılmış (V) kuvarsite ait XRD grafiği.



Şekil 4.25: Rezidüel zemine (VI) ait XRD grafikleri.

4.6.2. Fiziksel ve Mekanik Deneyler

Özgül Ağırlık

Kayaçların özgül ağırlık değerleri ile oluşumlarından günümüze kadar geçirdikleri jeolojik süreçlerde ayrışma miktarları arasında bir ilişki söz konusudur (Fookes, 1980). Çalışma alanındaki kuvarsitlerin her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda özgül ağırlık deneyi TS EN 1097-6 önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Özgül ağırlık deney sonuçları Tablo 4.8'de, ayrışmaya bağlı değişimleri ise Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

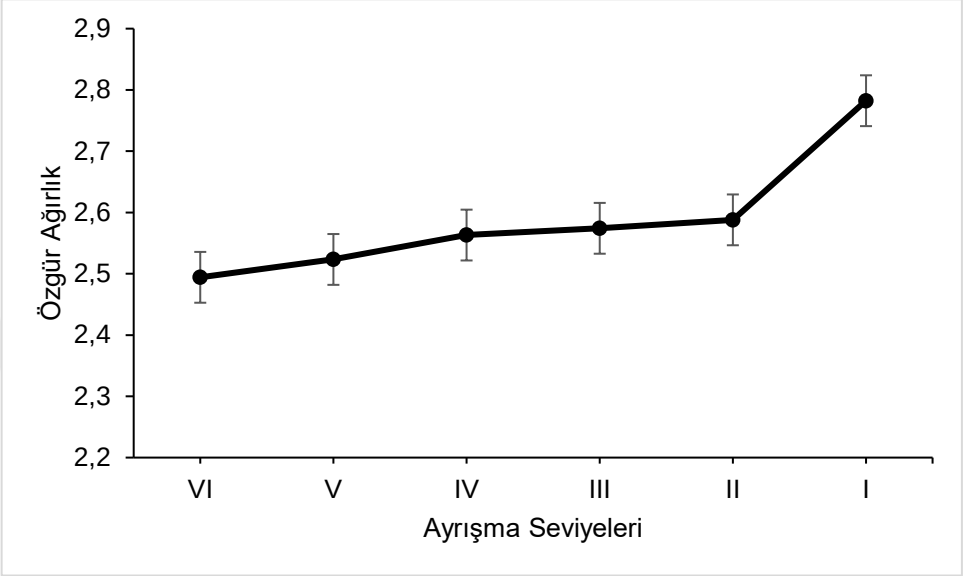
Tablo 4.8: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait özgül ağırlık değerleri.

Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
VI	6	2.49	2.44	2.53	0.01	10.43	1.19
V	5	2.52	2.50	2.53	0.01	9.35	1.56
IV	5	2.56	2.54	2.57	0.01	7.91	0.38
III	5	2.57	2.55	2.59	0.02	7.55	0.38
II	5	2.58	2.58	2.59	0.00	7.19	7.19
I	5	2.78	2.73	2.82	0.06	-	-

* Taze kayaca göre azalma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre azalma

Deney sonuçlarına göre çalışılan kuvarsitlerin özgül ağırlıkları her ayrışma seviyesine göre en fazla 2.82 en az 2.44 değerleri ölçülmüştür. Bu durum ortalama % 13.47'lik bir azalmayı göstermektedir. Özgül ağırlık değerlerindeki azalmanın ayrışma seviyesinin ilerlemesiyle meydana gelen mineralojik değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.26: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait özgül ağırlık değerlerinin değişimi.

Kuru Birim Hacim Ağırlık

Çalışma alanındaki kuvarsitlerin her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda kuru birim hacim ağırlık deneyi ISRM (2007)'in önerdiği yöntemlere göre yapılmıştır. Kuvarsitlere ait kuru birim hacim ağırlık değerleri Tablo 4.9'da ayrışmaya bağlı değişimleri ise Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait kuru birim hacim ağırlık değerleri.

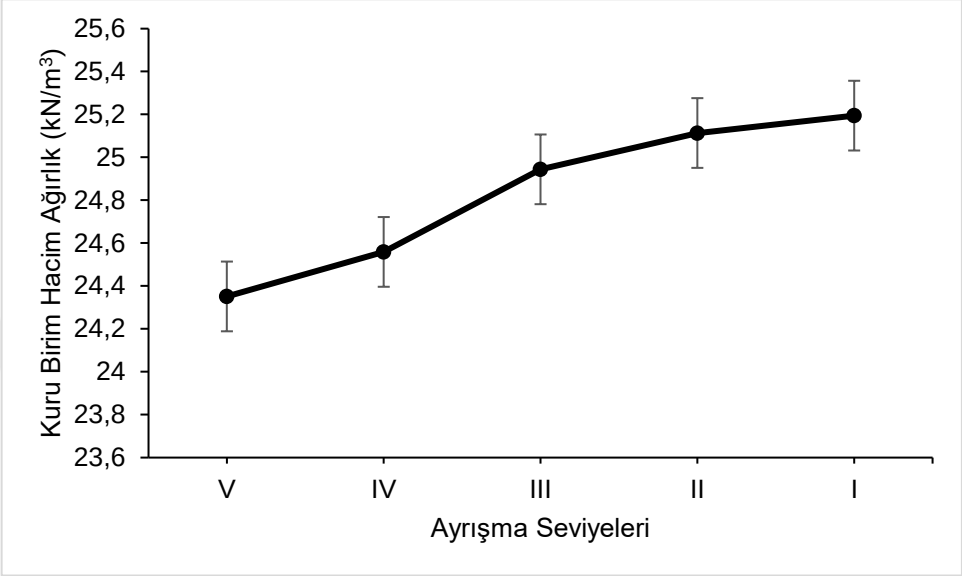
Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
V	13	24.35	22.81	25.05	0.65	3.33	0.81
IV	19	24.55	23.24	25.43	0.61	2.54	1.56
III	10	24.94	24.54	25.23	0.22	0.99	0.67
II	14	25.11	24.78	25.47	0.19	0.31	0.31
I	15	25.19	24.36	25.40	0.26	-	-

* Taze kayaca göre azalma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre azalma

Çalışılan kuvarsitlerin kuru birim hacim ağırlıkları ayrışma seviyelerine göre en fazla 25.47 kN/m^3, en az 22.81 kN/m^3 olarak ölçülmüştür. Bu durum ortalama % 10.44'lük bir azalmayı

göstermektedir. Bu azalmanın, kırık ve çatlakların ilerleyen ayrışma seviyelerinde artmasıyla meydana gelen gözeneklilik artışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrışma ile gelişmiş süreksizliklerin etkisiyle Şekil 4.27'de de görüldüğü gibi ayrışma ile birlikte kuru birim hacim ağırlık değerlerinde azalma olduğu görülmektedir.



Şekil 4.27: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait kuru birim hacim ağırlık değerlerinin değişimi.

Doygun Birim Hacim Ağırlık

Çalışma alanındaki kuvarsitlerin her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda doygun birim hacim ağırlık deneyi ISRM (2007)'in önerdiği yöntemlere göre yapılmıştır. Kuvarsitlere ait doygun birim hacim ağırlık değerleri Tablo 4.10'da, ayrışmaya bağlı değişimleri ise Şekil 4.28'de gösterilmiştir.

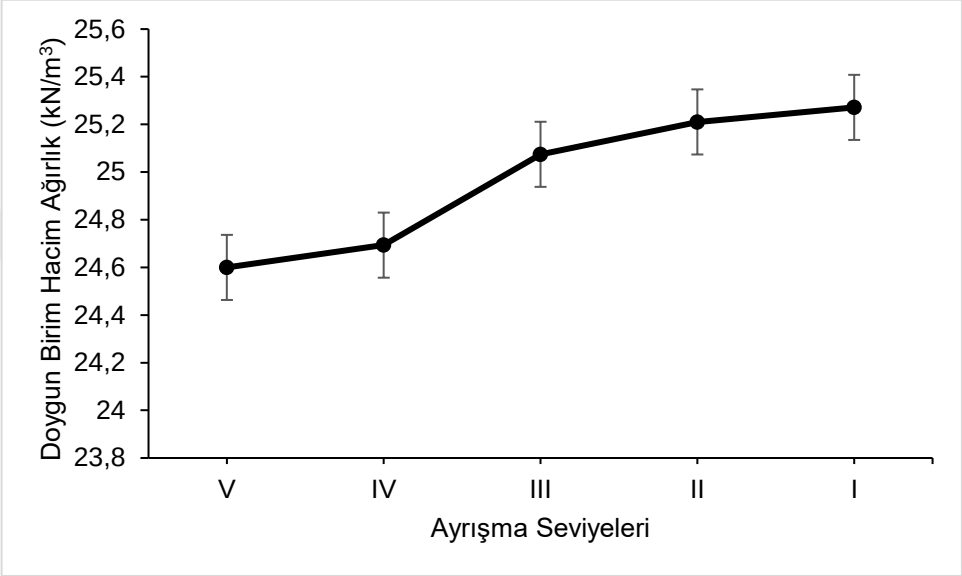
Tablo 4.10: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait doygun birim hacim ağırlık değerleri.

Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
V	13	24.59	23.13	25.20	0.62	2.69	0.40
IV	19	24.69	23.68	25.43	0.55	2.29	1.51
III	10	25.07	24.68	25.23	0.18	0.79	0.55
II	14	25.21	24.98	25.47	0.13	0.23	0.23
I	15	25.27	24.71	25.51	0.20	-	-

* Taze kayaca göre azalma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre azalma

Çalışılan kuvarsitlerin doygun birim hacim ağırlıkları ayrışma seviyelerine göre en fazla 25.51 kN/m^3, en az 23.13 kN/m^3 olarak ölçülmüştür. Bu durum ortalama % 9.32'lik bir azalmayı göstermektedir. Doygun birim hacim ağırlık değerleri kuru birim hacim ağırlık değerleri ile benzer bir eğilim göstermektedir. Genel trendin aksine orta dereceli ayrışma seviyesinden sonra daha keskin bir düşüş gözlenmektedir. Bu da kaya/rezidüel zemin oranındaki değişimden kaynaklı daha fazla doygun halde kalabildiğini göstermektedir.



Şekil 4.28: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait doygun birim hacim ağırlık değerlerinin değişimi.

Ağırlıkça Su Emme

Çalışma alanındaki kuvarsitlerin her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda ağırlıkça su emme deneyi ISRM (2007)'in önerdiği yöntemlere göre yapılmıştır. Kuvarsitlere ait ağırlıkça su emme değerleri Tablo 4.11'de, ayrışmaya bağlı değişimleri ise Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

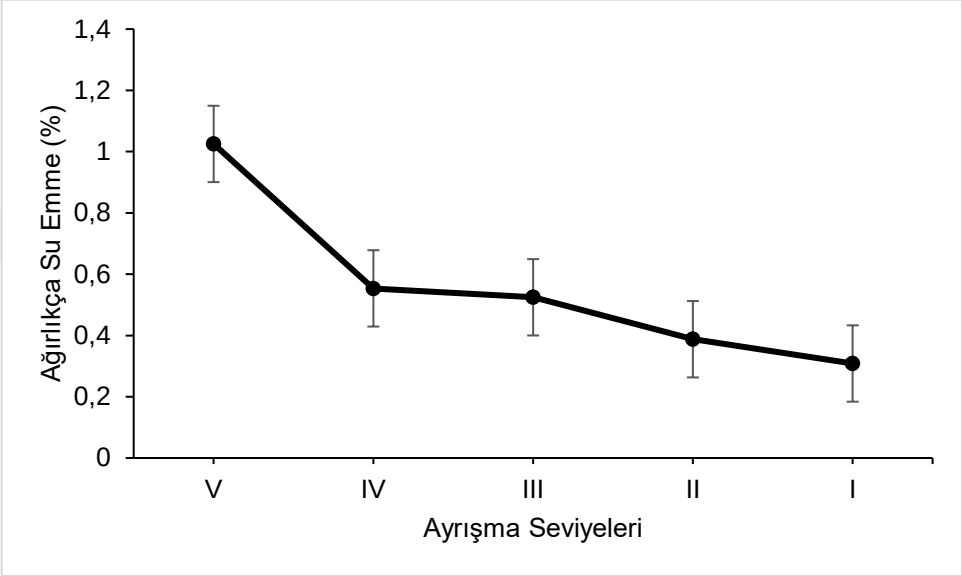
Tablo 4.11: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait ağırlıkça su emme değerleri.

Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
V	13	1.02	0.10	1.50	0.39	240	85.45
IV	19	0.55	0	1.89	0.50	83.33	5.76
III	10	0.52	0	1.08	0.33	73.33	36.84
II	14	0.38	0	0.84	0.27	26.66	26.66
I	15	0.30	0	1.40	0.33	-	-

* Taze kayaca göre artma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre artma

Çalışılan kuvarsitlerin ağırlıkça su emme değerleri ayrışma seviyelerine göre en fazla % 1.89, en az % 0 olarak ölçülmüştür. Bu durum ortalama % 100'lük bir artmayı göstermektedir. Su emme değerinde az ayrışmış seviye ile gözlenmeye başlayan artış, mikro ve makro çatlakların artışından kaynaklanmaktadır. İleri derecede ayrışmış seviyeden sonra ise su emme değerleri çok daha hızlı bir artış göstermektedir. Bu durum ileri derecede ayrışmış seviyeye kadar oluşan porozitenin birbiri ile bağlantısının az olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.29: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait ağırlıkça su emme değerlerinin değişimi.

Etkin (Görünür) Gözeneklilik

Çalışma alanındaki kuvarsitlerin her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda etkin (görünür) gözeneklilik deneyi ISRM (2007)'in önerdiği yöntemlere göre yapılmıştır. Kuvarsitlere ait etkin (görünür) gözeneklilik değerleri Tablo 4.12'de, ayrışmaya bağlı değişimleri Şekil 4.30'da verilmiştir.

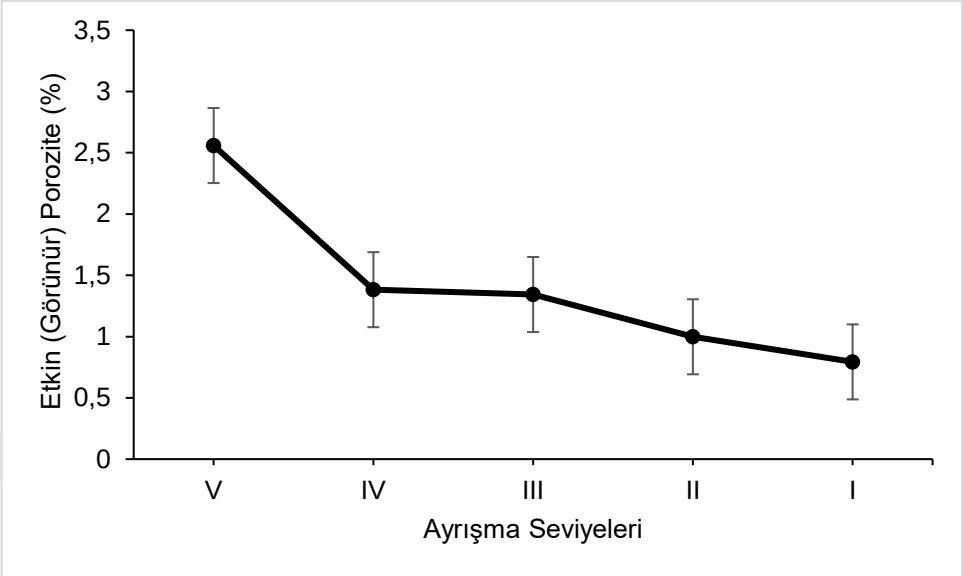
Tablo 4.12: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait etkin (görünür) gözeneklilik değerleri.

Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
V	13	2.55	0.26	3.77	0.97	222.78	84.78
IV	19	1.38	0	4.52	1.24	74.68	2.98
III	10	1.34	0	2.74	0.86	69,62	35.35
II	14	0.99	0	2.14	0.70	25.31	25.31
I	15	0.79	0	3.53	0.83	-	-

* Taze kayaca göre artma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre artma

Çalışılan kuvarsitlerin etkin porozite değerleri ayrışma seviyelerine göre en fazla % 4.52, en az % 0 olarak ölçülmüştür. Bu durum ortalama % 100'lük bir artmayı göstermektedir.



Şekil 4.30: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait etkin (görünür) gözeneklilik değerlerinin değişimi.

Schmidt Çekici Deneyi

Çalışma alanındaki kuvarsitlerin her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda Schmidt çekici deneyi ISRM (2007)'in önerdiği yöntemlere göre yapılmıştır. Kuvarsitlere ait Schmidt çekici geri sıçrama değerleri Tablo 4.13'te, ayrışmaya bağlı değişimleri ise Şekil 4.31'de gösterilmiştir.

Tablo 4.13: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait schmidt çekici geri sıçrama değerleri.

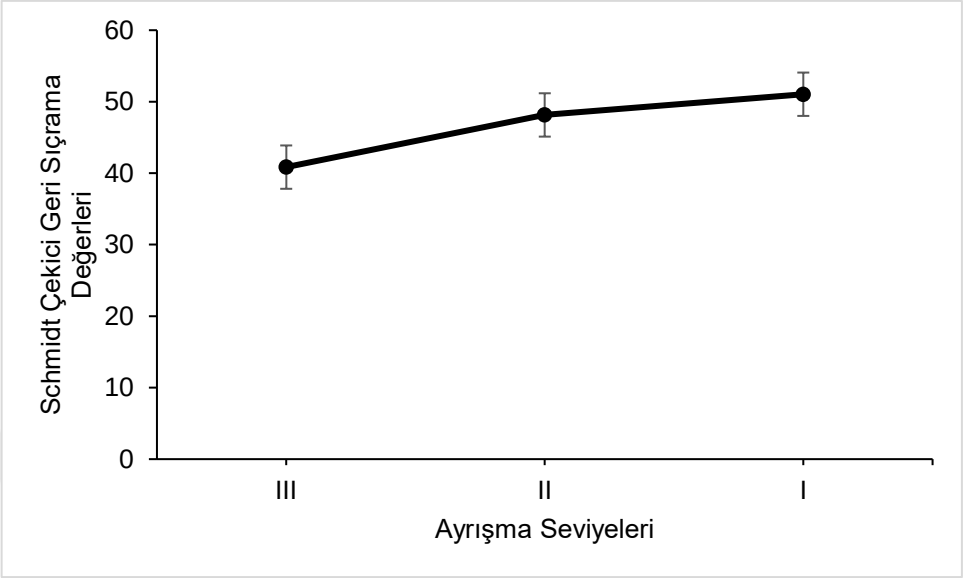
Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
III	8	40.85	33.4	50.4	6.66	19.96	15.14
II	9	48.14	45	50.8	2.16	5.68	5.68
I	12	51.04	48.25	53.2	1.84	-	-

* Taze kayaca göre azalma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre azalma

Çalışılan kuvarsitlerin Schmidt çekici geri sıçrama değerleri ayrışma seviyelerine göre en fazla 53.2, en az 33.4 olarak ölçülmüştür. Bu durum ortalama % 37.21'lik bir azalmayı göstermektedir. SHV deneyi yapılabilmesi için deneyin uygulanacağı kısımda Schmidt çekici ucunun büyüklüğünün 5 katı mesafede herhangi bir kırık ve çatlak olmaması istenmektedir. Arazide ve laboratuvara getirilen örneklerde SHV deneyinin bu koşulunu sağlayacak ve sağlıklı

bir şekilde deneyin yapılabileceği yüzeyler bulunamadığından orta derecede ayrışmış seviyeden sonra SHV deneyleri yapılamamıştır.



Şekil 4.31: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait schmidt çekici geri sıçrama değerlerinin değişimi.

Nokta Yük Dayanım İndeksi Deneyi

Çalışma alanındaki kuvarsitlerin her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda nokta yük dayanım indeksi deneyi ISRM (2007)'in önerdiği yöntemlere göre yapılmıştır. Kuvarsitlere ait nokta yük dayanımı değerleri Tablo 4.14'te, ayrışmaya bağlı değişimleri ise Şekil 4.32'de gösterilmiştir.

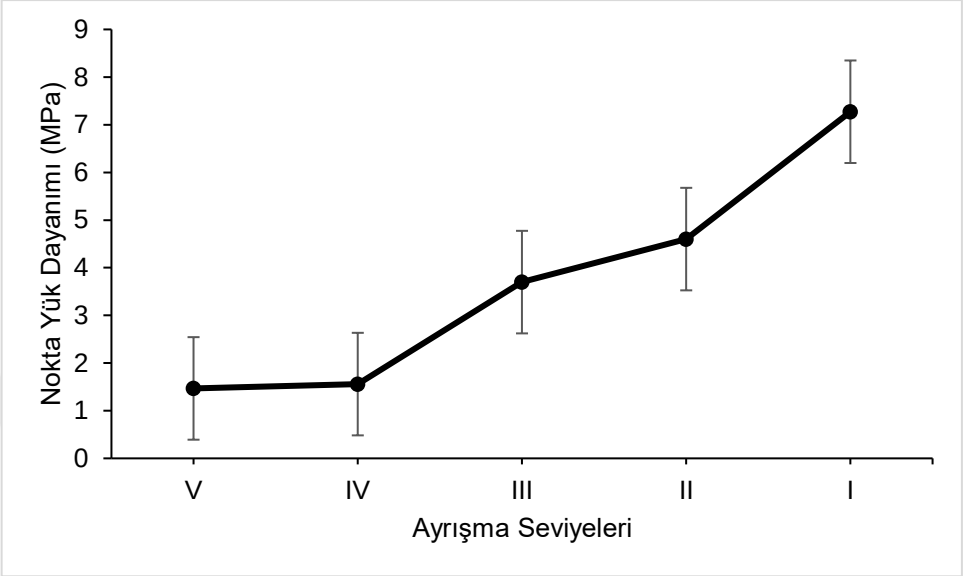
Tablo 4.14: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait nokta yük dayanımı değerleri.

Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
V	10	1.46	0.48	2.55	0.65	79.91	5.80
IV	8	1.55	0.49	3.43	0.97	78.67	57.99
III	7	3.69	0.49	7.20	2.49	49.24	19.78
II	11	4.60	2.27	7.54	1.79	36.72	36.72
I	13	7.27	3.68	10.33	2.16	-	-

* Taze kayaca göre azalma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre azalma

Çalışılan kuvarsitlerin nokta yük dayanım değerleri ayrışma seviyelerine göre en fazla 10.33 MPa, en az 0.48 MPa olarak ölçülmüştür. Bu durum ortalama % 95.35'lik bir azalmayı göstermektedir.



Şekil 4.32: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait nokta yük dayanımı değerlerinin değişimi.

Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Çalışma alanındaki kuvarsitlerin aşırı sert olması nedeniyle taze ve az ayrışmış seviyelerdeki örneklerden standartlara uygun karot örneği alınamamış, yalnızca orta derecede ayrışmış örneklerden karot alınabilmiştir. Korelasyon sağlanabilmesi amacıyla Singh ve Singh (1993) önerdiği şekilde nokta yük dayanımından tek eksenli basınç dayanımı değeri elde edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı değerleri Tablo 4.15 ve ayrışmaya bağlı değişimleri ise Şekil 4.33'te gösterilmiştir.

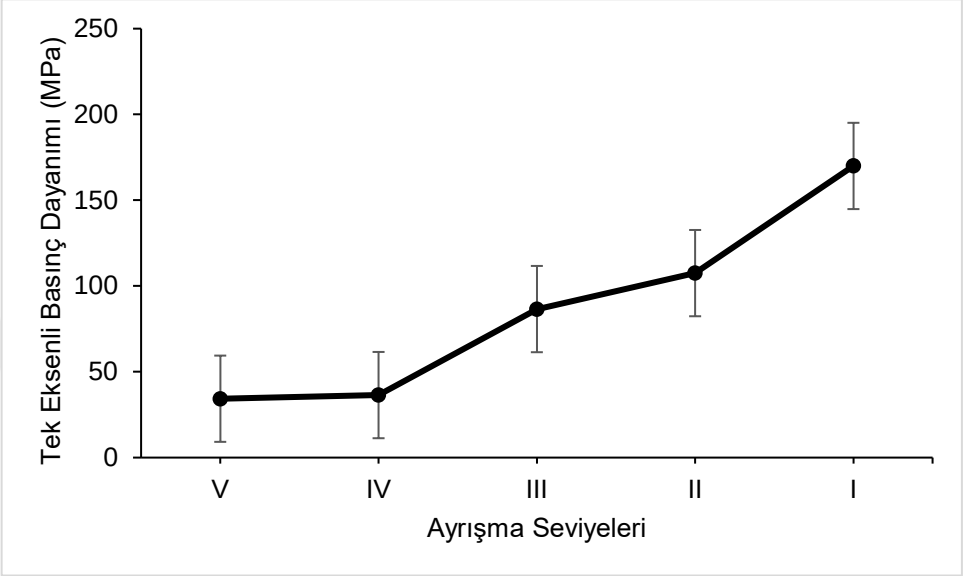
Tablo 4.15: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri.

Ayrışma Seviyesi	Deney Sayısı	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	SS	Değişim (%)*	Değişim (%)**
V	10	34.30	11.45	59.76	15.31	79.81	5.82
IV	8	36.42	11.51	80.29	22.73	78.57	57.92
III	13	86.55	11.46	168.30	50.88	49.07	19.49
II	11	107.51	53.14	176.36	41.96	36.74	36.74
I	13	169.96	86.03	241.64	50.67	-	-

* Taze kayaca göre azalma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre azalma

Tek eksenli basınç dayanımı değerleri ayrışma seviyelerine göre en fazla 241.64 MPa, en az 11.45 MPa olarak tespit edilmiştir. Bu durum ortalama % 95.26'lık bir azalmayı göstermektedir. Tek eksenli basınç dayanımı değerleri nokta yük dayanımından dolaylı olarak elde edildiği için aynı eğilimi göstermişlerdir.



Şekil 4.33: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlere ait tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin değişimi.

4.6.3. Kimyasal Analizler

Her ayrışma seviyesini temsil edecek sayıda kızdırma kaybı deneyi yapılmıştır. Tablo 4.16 ve Şekil 4.34'te gösterilmiştir.

Tablo 4.16: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlerin kızdırma kaybı değerleri.

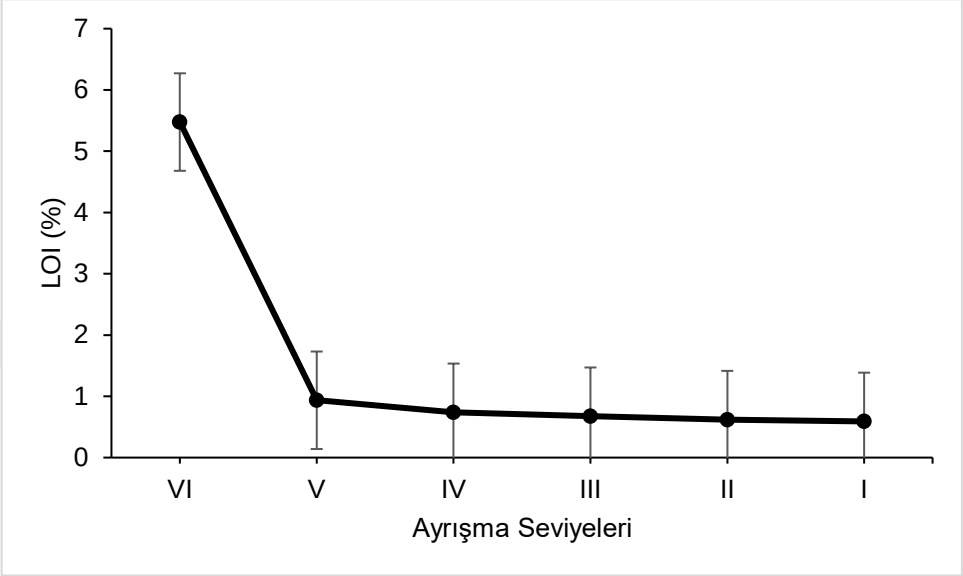
	Deney Sayısı	LOI (%) Ortalama	LOI Değişim* (%)	LOI Değişim** (%)
VI	6	5.47	827.11	488.17
V	5	0.93	57.62	27.39
IV	5	0,73	23.72	8.95
III	5	0,67	13.55	9.83
II	5	0,61	3.38	3.38
I	5	0,59	-	-

* Taze kayaca göre artma

** Bir önceki ayrışma seviyesine göre artma

Çalışılan kuvarsitlerde en düşük kızdırma kaybı değeri % 0.17, en yüksek kızdırma kaybı değeri ise % 7,56 olarak ölçülmüştür. Bu durum % 827.11'lik artmayı göstermektedir. LOI değerleri

tamamen ayrışmış seviyeye kadar oldukça düşük mertebededir. Kalıntı (rezidüel) zemin kısmındaki artış mika ve onun ayrışması ile oluşan killerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu seviyede dahi LOI değerleri pek çok kayacın ayrışmış seviyesine oranla daha düşük olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4.34: Farklı ayrışma seviyelerindeki kuvarsitlerin kızdırma kaybı değerlerinin değişimi.

4.7. AYRIŞMA PROFİLLERİ

Ayrışma profili oluşturulurken çeşitli araştırmacıların geliştirmiş oldukları ayrışma sınıflamaları incelenmiştir. Başlıca ana çalışmaların çoğu granit kayaçlarında (Moye, 1955; Ruxton ve Berry, 1957; Dearman ve diğ., 1978; İrfan ve Dearman, 1978), tropikal zeminler (Little, 1969) ve genel sınıflama (Anon, 1970; Anon, 1972; Anon, 1977; ISRM, 1981; Anon, 1995) üzerine olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kuvarsitlerin özelliklerine uygulanabilir olmasından dolayında Anon (1995)'nin önerdiği sınıflamalar kullanılmıştır (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Kuvarsitler için ayrıtman özellikler Tablo 4.17 ve 4.18'de sunulmuş, Şekil 4.35 ve 4.36'da kuvarsitlerin çalışma alanındaki tipik ve hakim ayrışma profilleri oluşturulmuştur. Şekil 4.37'de ise ayrışma seviyelerinin mostra görüntüleri sunulmuştur.

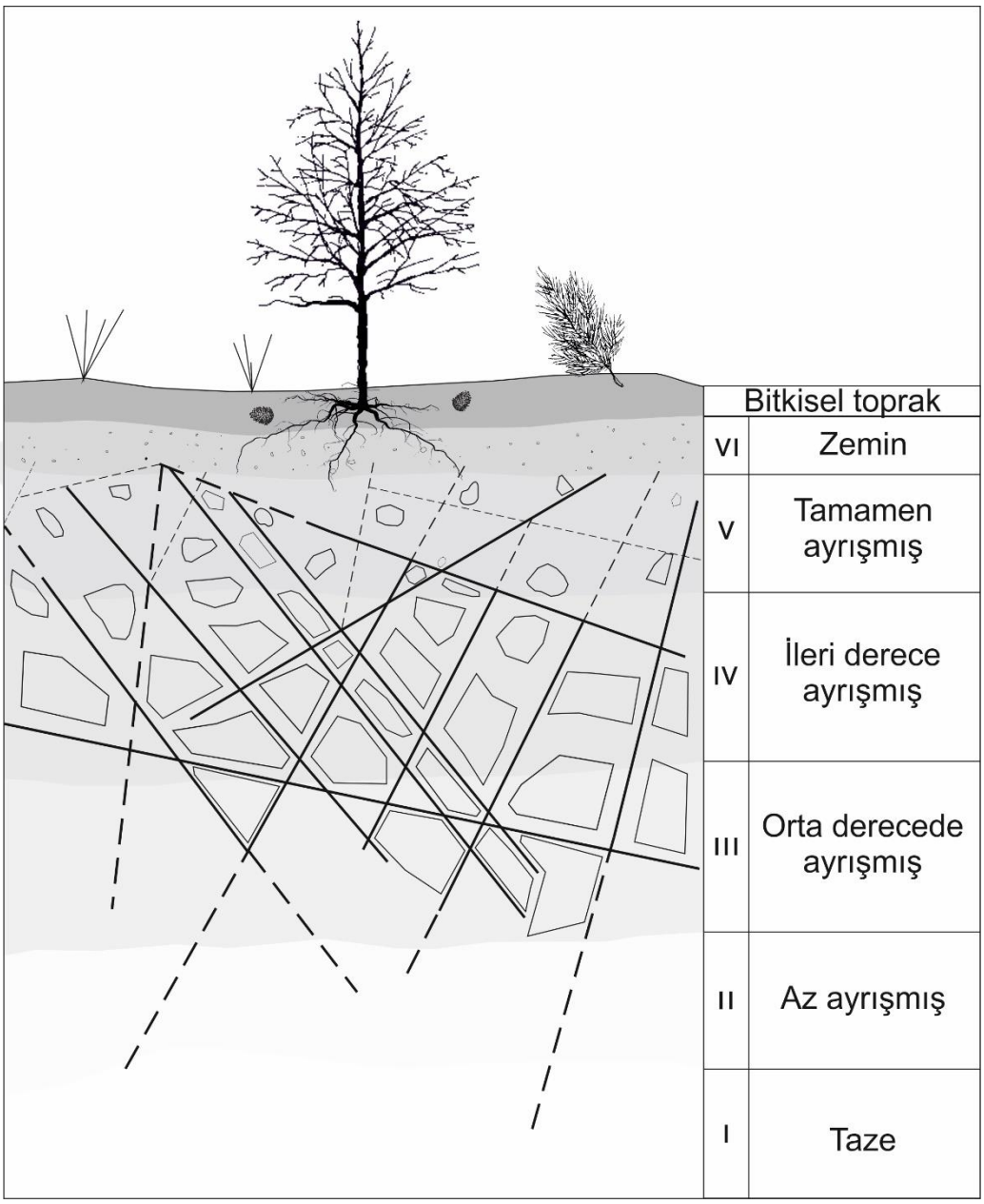
Kuvarsitin ayrışma profili tazeden, rezidüel zemin seviyesine kadar tanımlanmıştır. Kuvarsitlerin ayrışma ürünleri kuvarsdır. Bu nedenle rezidüel zemin oluşumuna katkıda bulunan bir kaya türü değildir, çalışma alanında da tespit edildiği gibi genellikle ince rezidüel zemin örtüsü olan veya hiç örtülmemiş ana kaya olarak bulunurlar. Ancak çalışma sahasının farklı yerlerinde farklı kalınlıklarda rezidüel zemin seviyeleri de gözlenmiştir. Bu tez kapsamında bu farklı kalınlıkların nasıl oluştuğu ortaya konamamıştır.

Tablo 4.17: Çalışma alanındaki tek tip (uniform) malzemeli kuvarsitler için arazide gözlenen ayırtman özellikler.

	Ayrışma Derecesi	Açıklamalar
I	Taze	Beyaz, açık kahve renklidir. Kaya kütlesi masiftir. Ayrışmayı gösteren bir belirteç yoktur. Çatlak sayıları çok az ve tamamı kapalıdır. Çekiçle çok sert vurulduğunda dahi kırılamazlar.
II	Az ayrışmış	Artmaya başlayan çatlaklar genellikle kapalı olmakta birlikte yer yer renk değişimi gözlenmektedir. Çekiçle vurulduğunda kırılmazlar.
III	Orta derece ayrışmış	Kayaçta, süreksizlik ve çevresinde renk değişimleri egemen hale gelmiştir. Çatlak sayıları artmaya devam etmiştir. Çekiçle süreksizliklere vurulduğunda küçük parçalar koparılabilir.
IV	İleri derecede ayrışmış	Kayaçta tümüyle renk değişimi gerçekleşmiş ve parçalanmaya başlamıştır. Açık çatlak sayıları artmıştır. Çekiçle birkaç darbeyle kırılabilir.
V	Tamamen ayrışmış	Tamamen parçalanmış olarak veya kaya/zemin birlikteliği olarak görülebilmektedir. Farklı boyutlardaki çekirdek taşları egemen olmaya başlamıştır. Rezidüel zemin miktarı artmıştır. Çekirdek taşları açık kahve rezidüel zemin daha koyu kahve rengini almıştır.
VI	Rezidüel zemin	0.5 cm boyutlarına varan kuvarslar ve kil boyutlu malzemeler bulunmaktadır. Üzerinde organik maddece zengin bitkisel toprak bulunmaktadır. Bu organik maddelerin bir kısmı bu seviyede de gözlenmektedir. Kürekle örnek toplanabilir.

Tablo 4.18: Çalışma alanında kuvarsitlerden oluşan kaya kütleleri için arazide gözlenen ayırtman özellikler.

	Malzeme sınıflarının yaklaşık oranları	Tipik özellikler
I	%100 I-II arası ayrışmış (tümünün taze kaya olması gerekmemektedir).	Kaya gibi davranır; kütle değerlendirmelerinde ve dizaynında kaya mekaniği prensipleri uygulanır.
II	%100 I-III arası ayrışmış	Çatlak sayısı artmakta ve yer yer renk değişimi gözlenmektedir.
III	%60-%90 I-III arası ayrışmış %10-%40 IV-VI arası ayrışmış	Kaya yapısı birbirine bağlı olmakla birlikte çatlaklar boyunca örnek kopartılabilir.
IV	%30-%50 I-III arası ayrışmış %50-%70 IV-VI arası ayrışmış	Çatlaklar dayanımı ve geçirgenliği kontrol etmektedir.
V	<%40 I-III arası ayrışmış %60-%100 IV-VI arası ayrışmış	Farklı boyutlarda çekirdek taşları ve rezidüel zemin birlikteliği olarak gözlenmektedir.
VI	%100 IV-VI arası ayrışmış (tümünün rezidüel zemin olması gerekmemektedir).	Çakıl boyutunda kuvars parçaları ve kil boyutlu malzemeler bulunmaktadır. Zemin gibi davranır.



Şekil 4.35: İnceleme alanındaki kuvarsitlerin ayrışma profili.

İnceleme alanında tam bir ayrışma profili nadiren gözlenmektedir. Farklı ayrışma seviyeleri çoklukla farklı lokasyonlarda gözlenmektedir. Arazide hakim/baskın olarak Şekil 4.36'da görüldüğü üzere taze, az ayrışmış ve orta derecede ayrışmış seviyeler şeklinde yer yer yanal geçişli ve bazen de topoğrafik etkiler ve bitki örtüsü sebebiyle terslenmiş şekilde (taze seviye

üstte, az ayrışmış ve/veya orta derecede ayrışmış seviye altta olarak) gözlenmektedir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36: İnceleme alanında kuvarsitlerin hakim ayrışma profili. Orta derecede ayrışmış seviyeler önceki topoğrafyaya bağlı olarak ve bitki köklerinin etkisi ile az ayrışmış seviyelerden daha altta gözlenmektedir.



Şekil 4.37: Çalışma alanındaki ayrışma seviyelerini gösteren mostra görüntüleri (Roma rakamları ile verilen sayılar ayrışma seviyelerini göstermektedir).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde önceki bölümlerde sunulan fiziksel, mekanik, petrografik ve kimyasal analiz ve deneylere ait veriler basit regresyon analizleriyle istatiksel olarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde, özgül ağırlık (G_s), kuru birim hacim ağırlık (γk), doygun birim hacim ağırlık (γd), ağırlıkça su emme (wa), schmidt çekici geri sıçrama (N), nokta yük dayanımı (I_{s50}), tek eksenli basınç dayanımı (σ_c), etkin (görünür) gözeneklilik (n_e), kızdırma kaybı (LOI), mikropetrografik indeks (I_p), mikroçatlak yayılımı (S_{mf}) değerleri karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarından bulunan doğrusal ilişkiler Tablo 5.1'de sunulmuştur.

Farklı özelliklerin karşılaştırılmaları sonucunda elde edilen korelasyon katsayılarının 0.8'in üzerinde olduğunda ilişkilerin uyumlu ve güvenilir, 0.7-0.8 arasında olduğu durumunda kullanılabilir ve güvenilir olduğu ancak sonuçların kullanımında dikkatli olunması gerektiği ifade edilmektedir (Johnson, 1984).

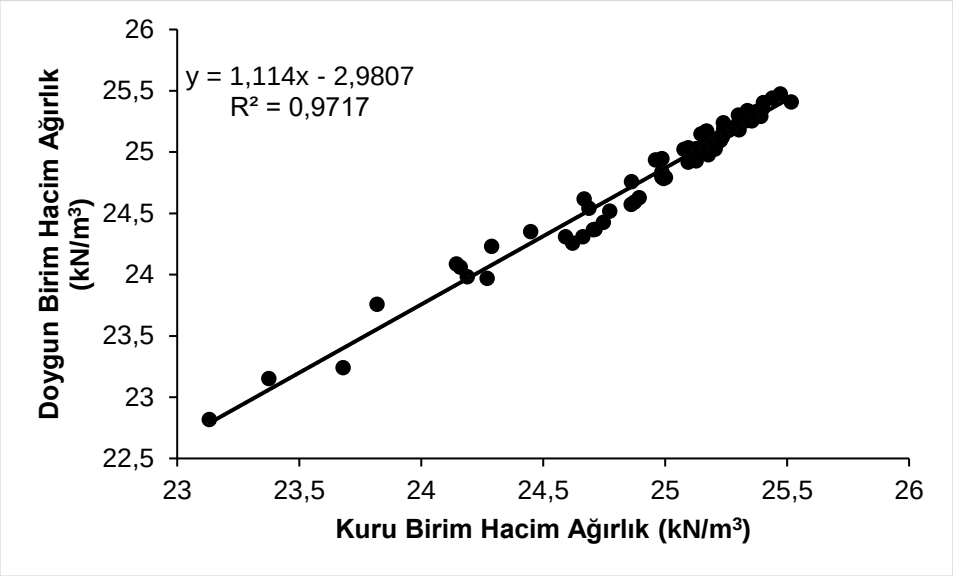
Tablo 5.1: Doğrusal ilişkilerle elde edilmiş korelasyon katsayıları.

	G_s	γ_k	γ_d	w_a	N	Is_{50}	σ_c	LOI	n_e	I_p	S_{mf}
G_s		0.40	0.33	0.38	-	0.68	0.68	0.53	0.37	0.73	0.72
γ_k			0.98	0.67	0.50	0.56	0.55	0.06	0.65	0.85	0.73
γ_d				0.53	0.44	0.50	0.50	0.04	0.51	0.81	0.63
w_a					0.53	0.63	0.63	0.09	0.99	0.55	0.81
N						0.60	0.54	-	0.53	0.69	0.70
Is_{50}							1	0.02	0.63	0.89	0.88
σ_c								0.02	0.61	0.89	0.88
LOI									0.09	0.17	0.39
n_e										0.64	0.77
I_p											0.81
S_{mf}											

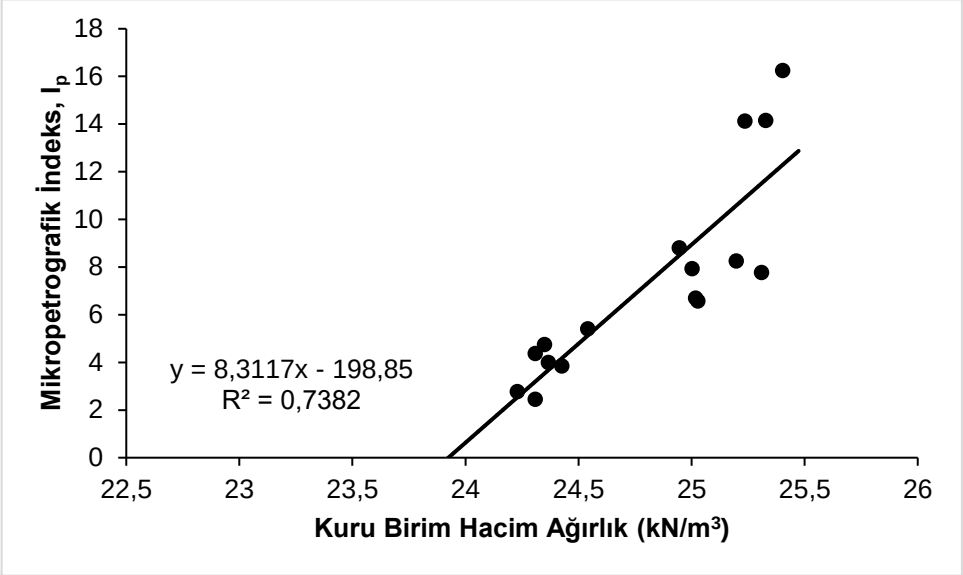
Deneysel verilerin değerlendirilmesinde, ayrışma ile uyumlu değişimler gösteren, kuru birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme üzerinde ağırlıklı olarak durulmuştur. Yüksek korelasyon katsayısı veren bu değerler arasındaki ilişkiler Şekil 5.1 ile Şekil 5.3 arasında sunulmuştur.

Kuru birim hacim ağırlık değerlerinin ayrışma ile birlikte azalmasıyla doygun birim hacim ağırlık ve mikropetrografik indeks değerlerinde azalma gerçekleşmiştir. Ündül (2007), ultramafik kayaçlarda yaptığı çalışmada, ağırlıkça su emme değerleri ile etkin gözeneklilik değerlerinin karşılaştırmasında bu çalışmadakine benzer doğrusal ilişki ortaya koymuştur. Kuru

birim hacim ağırlık değerleri ile doygun birim hacim ağırlık değerleri, kuru birim hacim ağırlık ile mikropetrografik indeks değerleri arasında doğrusal olmayan, yüksek korelasyon katsayısı gösteren ilişkiler tespit etmiştir. Değerlerin karşılaştırılması sonucunda yüksek korelasyon katsayısı veren bu değerlerin diyoritlerdeki makro ve mikro süreksizliklere, piroksen ve dunitlerde serpantinleşmenin gelişmesine bağlı olarak geliştiğini vurgulamıştır. Tuğrul (1995), bazaltlarda yaptığı çalışmada ayrışma sonucu mikroçatlakların oluştuğunu, boşluk miktarının arttığını ve bununla kuru ağırlığın azaldığını ifade etmiştir. Tüm bu durum ilerleyen ayrışma nedeniyle fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimi göstermektedir.

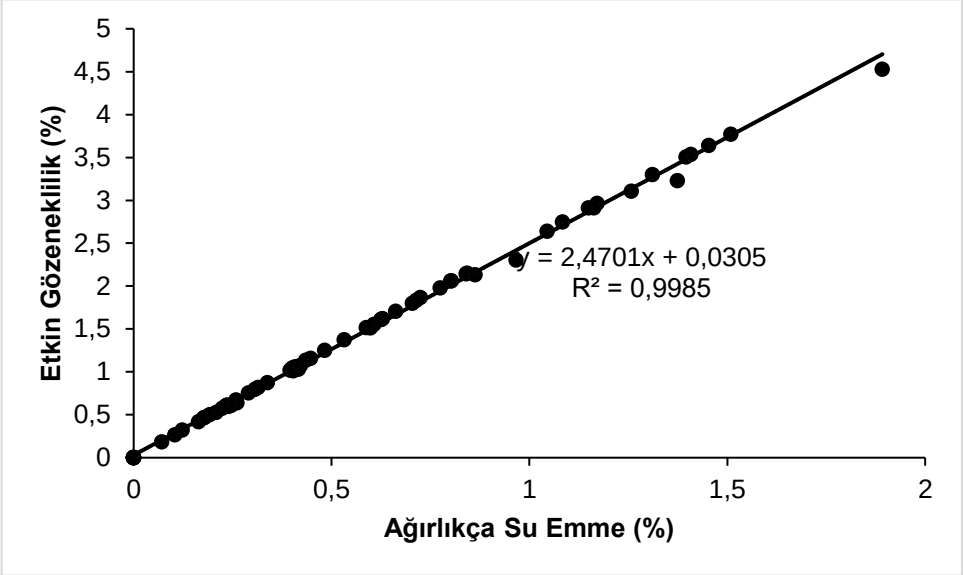


Şekil 5.1: Kuru birim hacim ağırlık ile doygun birim hacim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.2: Kuru birim hacim ağırlık ile mikropetrografik indeks değerlerinin karşılaştırılması.

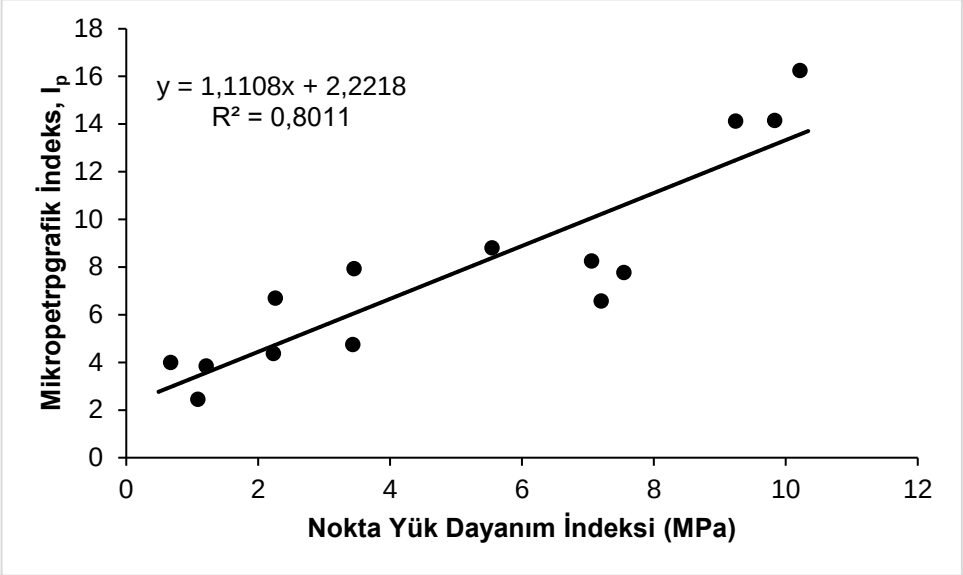
Ayrışmanın ilerlemesi ile makro ve mikro çatlaklarda meydana gelen artış, kayaçların yüzey alanları artmış dolayısıyla kayaç içindeki gözeneklilik artmış ve kayaç bünyesine daha çok su çekmiştir. Taze ve az ayrışmış seviyelerde gözlenen kapalı çatlakların etkisi porozite değerlerinde de gözlenmektedir. Az ayrışmış seviyeden sonra artan etkin porozite değerleri bu iki bulgu arasındaki ilişkiyi desteklemektedir. Şekil 5.3'te sunulmuştur. Ündül (2007) yaptığı çalışmada da bu sebeplerden, ağırlıkça su emme değerleri ile etkin gözeneklilik değerleri arasında benzer doğrusal ilişki tespit etmiştir.



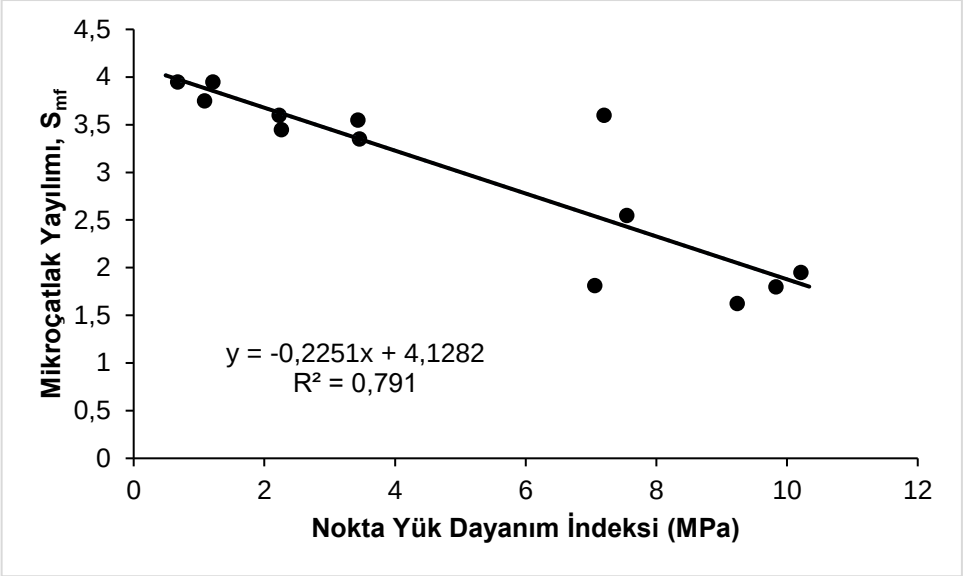
Şekil 5.3: Ağırlıkça su emme ile etkin gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması.

Daha önceden sunulmuş bu özelliklerin yansıması olarak benzer ilişkiler mikropetrografik indeks ve mikroçatlak yayılımı değerleri ile nokta yük dayanım indeksi değerleri ve nokta yük dayanımı değerlerinden elde edilmiş olan tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasında da gözlenmektedir. Yüksek korelasyon katsayıları veren bu değerler Şekil 5.4 ile Şekil 5.7 arasındaki grafiklerde sunulmuştur.

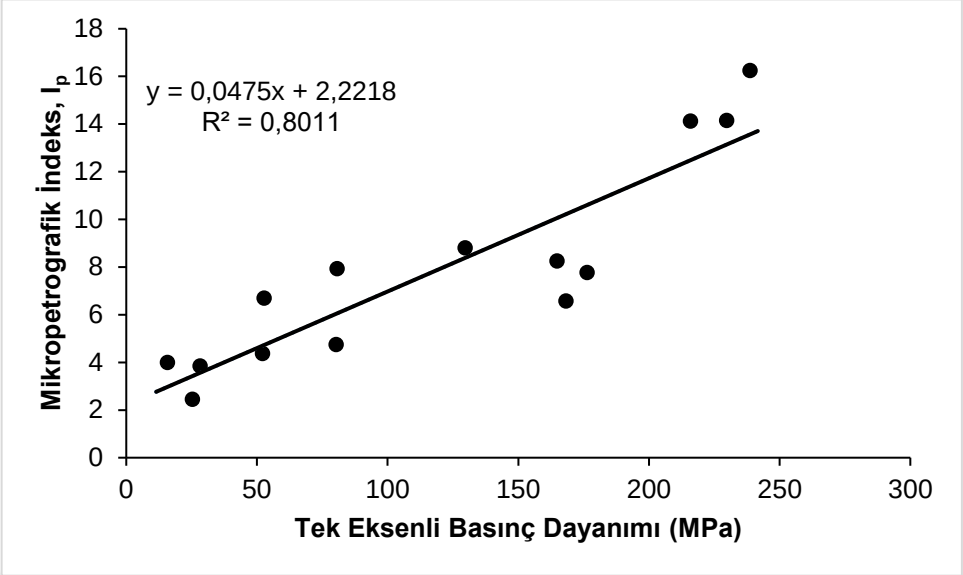
Bu çalışmadakine benzer şekilde Tuğrul (1995) tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile petrografik ayrışma indeksi değerleri arasında doğrusal olmayan, tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile mikroçatlak yoğunluğu değerleri arasında yüksek korelasyon katsayısı veren doğrusal bir ilişki tespit etmiştir. Arel ve Tuğrul (2001) ise granitler üzerinde yaptıkları çalışmada tek eksenli basınç dayanımı ile mikropetrografik indeks değerleri arasında yüksek korelasyon katsayısı veren doğrusal bir ilişki tespit etmişlerdir.



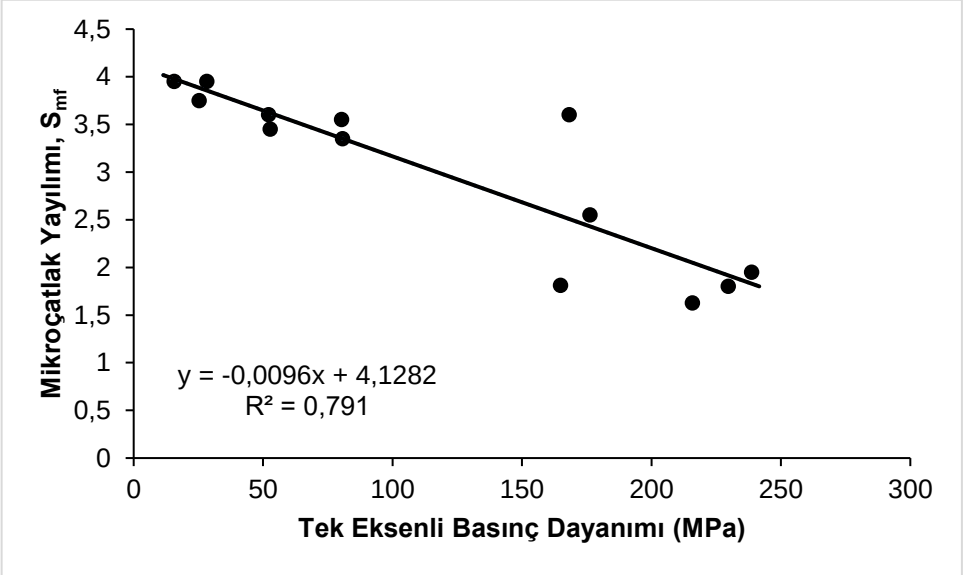
Şekil 5.4: Nokta yük dayanımı indeksi ile mikropetrografik indeks değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.5: Nokta yük dayanımı indeksi ile mikroçatlak yayılımı değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.6: Tek eksenli basınç dayanımı indeksi ile mikropetrografik indeks değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.7: Tek eksenli basınç dayanımı indeksi ile mikroçatlak yayılımı değerlerinin karşılaştırılması.

Bu tez çalışmasında, Çatalca bölgesinde yüzeylenen Şermat kuvarsitlerinin ayrışmaları sonucunda fiziksel, mekanik, petrografik ve mineralojik özelliklerinde meydana gelen değişimler ortaya konmuş ve bir ayrışma profili oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetle sunulmuştur.

1. İncelenen kuvarsitler için ayrışma altı seviyeye ayrılmıştır. Bunlar; taze (I), az ayrışmış (II), orta derecede ayrışmış (III), ileri derecede ayrışmış (IV), tamamen ayrışmış (V) ve rezidüel zemin (VI) seviyeleridir.

2. Kuvarsitlerde gelişen ayrışmanın çoğun fiziksel ayrışma süreçlerinin etkin olduğu, kimyasal ve biyolojik ayrışma etkinliklerinin çok fazla etkilemediği tespit edilmiştir. Ancak yüzey ve yeraltı sularının yağış verilerinde sunulmuş olan pH ve asit yağmurlarının kimyasal ayrışmayı etkileyeceği düşünülmektedir. Bu durumun ilerleyen çalışmalarda daha ayrıntılı araştırılması önerilmektedir.

3. XRD sonuçlarından elde edilen verilere göre kuvarsitler, tazeden tamamen ayrışmış seviyeye kadar birbirleriyle çok benzer sonuçlar vermiştir. Bu da kuvarsitleri oluşturan ana mineral olan kuvarsların kimyasal olarak ayrışmaya duraylı olmalarından kaynaklanmaktadır. Rezidüel zemin seviyesinde gözlenen farklılığın ise kayaç içerisinde eser miktarda bulunan mika minerallerinin ayrışması ve killerin göreceli olarak artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kuvarsitler başka bir ürün üretmediği için arazide rezidüel zemin seviyesi genellikle ince bir zon olarak geliştiği saptanmıştır. Ancak çalışma sahasının farklı yerlerinde farklı kalınlıklarda rezidüel zemin seviyeleri de gözlenmiştir. Farklı çalışmalar ile bu durumun ortaya konulması ilerleyen çalışmalara önerilmektedir.

4. İnce kesit gözlemlerinde ayrışmanın ilerlemesiyle mikro çatlak sayılarının arttığı, bu çatlaklarda yer yer mikalara rastlandığı ve kuvars tanelerinin küçüldüğü gözlenmiş, mikropetrografik indeks ve mikroçatlak yayılımı çalışmaları ile doğrulanmıştır.

5. LOI değerleri taze seviyeden, tamamen ayrışmış seviyeye kadar yakın değerler vermiştir. Rezidüel zemin seviyesinde XRD analizlerinde de gözlendiği gibi kil artışına bağlı olarak yüksek LOI değerleri elde edilmiştir.

6. Ayrışmanın artmasıyla kuru birim hacim ağırlık değerlerinde en fazla 25.47 kN/m^3, en az 22.81 kN/m^3 olarak ölçülmüş ve bu durum % 10.44'lük bir azalmayı, doygun birim hacim değerlerinde ise en fazla 25.51 kN/m^3, en az 23.13 kN/m^3 olarak ölçülmüş ve bu durum % 9.32'lik bir azalmayı göstermektedir. Özgül ağırlık değerlerinde ise en fazla 2.82 en az 2.44 değerleri ölçülmüştür. Bu durum % 13.47'lik bir azalmayı göstermektedir. Etkin porozite değerlerinde en fazla % 4.52, en az % 0 olarak ölçülmüş ve bu durum % 100'lük bir artışı göstermektedir. Su emme değerlerinde en fazla % 1.89, en az % 0 olarak ölçülmüş ve bu

durumda % 100’lük bir artış meydana gelmiştir. Mikro ve makro çatlak oranının artmasından kaynaklanan bu değişimler, iç yapı analizlerinde ve farklı özelliklerin regresyon analizlerinin yardımıyla ortaya konmuştur.

7. Ayrışmanın artmasıyla meydana gelen değişimlere uyumlu olarak kayanının dayanımında da önemli azalmalar meydana gelmiştir. Taze ve az ayrışmış seviyelerdeki örneklerde standartlara uygun karot örnekleri alınamazken orta derecede ayrışmış örneklerde taze seviyeye göre yarıya yakın azalmalar tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Akartuna, M., 1953, Çatalca-Karacaköy bölgesinin jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri*, 13, 88.

Alavi Nezhad Khalil Abad, S.V., Mohamad, E.T., Komoo, I., 2014, Dominant weathering profiles of granite in southern Peninsular Malaysia, *Engineering Geology*, 183, 208-215.

Alavi Nezhad Khalil Abad, S.V., Tuğrul, A., Gökçeoğlu, C., Jahed Armaghani, D., 2016, Characteristics of weathering zones of granitic rocks in Malaysia for geotechnical engineering design, *Engineering Geology*, 200, 94-103.

Anon, 1970, The logging of rock cores for engineering purposes, *Quaterly Journal of Engineering Geology*, 3, 1-24.

Anon, 1972, The preparation of maps and plans in terms of engineering geology, *Quaterly Journal of Engineering Geology*, 45, 293-382.

Anon, 1977, The description of rock masses for engineering purposes, *Quaterly Journal of Engineering Geology*, 10, 355-388.

Anon, 1995, The description and classification of weathered rocks for engineering purposes, *Quaterly Journal of Engineering Geology*, 28, 207-242.

Aral, İ.F., Çengel, Ş., 2003, Tekedere Grubu Kayaçların (Safaalanı-Saray-Tekirdağ) Yapıtaşı-Agrega Olarak Değerlendirme Olanakları, *III Ulusay Kırmataş Sempozyumu*, 3-4 Aralık 2003 İstanbul, 293-299.

Arda, A., 1988, *1/25.000 Ölçekli Sayısal Jeoloji Haritası, Kırklareli, F20-c2 paftası*, 1/25.000, Ankara, Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, MTA.

Arel, E., Tuğrul, A., 2001, Weathering and its relation to geomechanical properties of Cavusbasi granitic rocks in Northwestern Turkey, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 60 (2), 123-133.

Arrhenius, S., 1889, Über die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Sauren, *Zeitsch. f. Physikal. Chem.*, 4 (2), 226-248.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1994, *Annual Book of ASTM Standards-Construction: Soil and Rock*, ASTM Publication, 04.08, 978.

Aydın, Y., 1974, *Etude petrographique et geochimique de la partie centrale du Massif d'Istranca (Turquie)*, Doktora, University of Nancy, 131.

Aydın, Y., 1982, *Yıldız Dağları (Istranca) masifinin jeolojisi*, Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 107.

Bayraktar, S., 2010, *Çatalca (İstanbul) Batısı Kuvarsit ve Kuvars Kumu Yataklarının Jeokimyasal-Mineralojik İncelenmesi*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bedi, Y., Ergen, A., Doğan, A., Okuyucu, C., Tekin, U.K., Tuncay, E., Kuşçu, İ., Ulusoy, E., Türkmen, Ö., Soycan, H., Demiray, G., Göncüoğlu, M.C., 2011a, Istranca Kristalen Kompleksi'nin Tektonostratigrafik Özellikleri ve Bulgaristan'daki İstiflerle Karşılaştırılması: Ön Bulgular (KB Türkiye-GD Bulgaristan), *64. Jeoloji Kurultayı*, 25-29 Nisan 2011, 28-29.

Bedi, Y., Ergen, A., Doğan, A., Tekin, U.K., Ivanova, D., Bozkurt, A., Tuncay, E., Okuyucu, C., Soycan, H., Göncüoğlu, M.C, 2013, Istranca Kristalen Kompleksi'nin Jura Örtüsünün Stratigrafisi ve Yeni Yaş Bulguları (KB Türkiye), *66.Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 1-5 Nisan 2013, 82-83.

Bedi, Y., Ergen, A., Doğan, A., Tuncay, E., Bozkurt, A., Tekin, U.K., Okuyucu, C., Göncüoğlu, M.C., 2015, Istranca Kristalen Kompleksi'nin Tektonostratigrafik Özellikleri (KB Türkiye-GD Bulgaristan), *MTA 80. Yıl Sempozyumu*, 1-3 Aralık 2015, Ankara, 99-104.

Bedi, Y., Vasilev, E., Dabovski, C., Ergen, A., Doğan, A., Okuyucu, C., Boncheva, I., Sachanski, V., Lakova, I., Ivanova, D., Göncüoğlu, M.C., 2011, The napped structure of the Istranca Crystalline Complex in NW Turkey and SE Bulgaria, *3rd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region*, 1-10 October 2011, Bucharest, Romania, 28-30.

Bedi, Y., Vasilev, E., Dabovski, C., Ergen, A., Okuyucu, C., Doğan, A., Tekin, U.K., Ivanova, D., Boncheva, I., Lakova, I., Sachanski, V., Kuşçu, İ., Tuncay, E., Demiray, D.G., Soycan, H., Göncüoğlu, M.C., 2013a, New age data from the tectonostratigraphic units of the Istranca "Massif" in NW Turkey: a correlation with SE Bulgaria, *GEOLOGICA CARPATHICA*, 64 (4), 255-277.

Bilen, C., 2020, *Ayrışmış Kireçtaşlarının Sınıflandırılması ve Karakterizasyonu*, Doktora, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 159.

Bjelland, T., Thorseth, I.H., 2002, Comparative studies of the lichen–rock interface of four lichens in Vingen, western Norway, *Chemical Geology*, 192, 81–98

Bozkurt, A., 2013, *Edirne İli Lalapaşa İlçesi Ömeroba Köyü (Türkiye) Dolayında 1:25.000 Ölçekli Jeolojik Harita Alımı ve Bölgenin Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bozkurtoğlu, E., Özdamar, Ş., Kumral, M., 2018, İstanbul Doğu Yakası Magmatik Kayaçlarının Ayrışması ve Ayrışmanın Jeolojik, Petrografik-Mineralojik İzleri, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 4-1, 49-73.

Bryson, L.S., Gomez-Gutierrez, I.C., Hopkins, T.C., 2012, Development of a new durability index for compacted shale, *Engineering Geology*, 139-140, 66-75.

Bürküt, Y., 1969, Istranca Masifinin Petrojenezi, *Madencilik*, 8 (4), 167-180.

Cattò, S., Cavazza, W., Zattin, M., Okay A.I., 2018, No significant Alpine tectonic overprint on the Cimmerian Strandja Massif (SE Bulgaria and NW Turkey), *International Geology Review*, 60 (4), 513-529.

Chatalov, G., 1990, Geology of the Strandja zone in Bulgaria, Sofia, *Publishing House Bulgarian Academy of Sciences*, 1-263.

Chatalov, G.A., 1980, Two facies type of Triassic in Strandza mountain, SE Bulgaria, *Rivista Italiana Paleontologia*, 85, 1029-1046.

Chatalov, G.A., 1988, Recent developments in geology of the Strandja zone in Bulgaria, *Bulletin Technical University of İstanbul*, 41, 433-465.

Chiu, C.F., Ng, C.W.W., 2014, Relationships between chemical weathering indices and physical and mechanical properties of decomposed granite, *Engineering Geology*, 179, 76-89.

Cooks, J., Otto, E., 1990, The weathering effects of the lichen Lecidea aff. Sarcogynoides (Koerb.) on magaliesberg quartzite, *Earth Surface Processes and Landforms*, 15, 491-500.

Çağlayan, M.A., 1996, Evolution of Strandja Massif in Mesozoic-Lower Tertiary and its role in the evolution of Thrace Basin, *Bulletin Turkish Association Petrol Geological*, 81, p. 82-93.

Çağlayan, M.A., Yurtsever, A., *1998, 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Burgaz-A3, Edirne-B2 ve Burgaz-A4 ve Kırklareli-B4; Kırklareli-B5 ve B6; Kırklareli-C6 Paftaları, Pafta No:20, 21, 22, 23*, 1/100.000, Ankara, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları.

Çelik, İ., Önal, D., Polat, M., 2018, Çatalca Orman İşletme Müdürlüğü Yangın Yönetim Planı (2018-2022), T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, 1-90.

Çılgın, İ.O., 2010, *Istranca Masifi Temel Kayaçlarının Petrolojisi ve Deformasyonu, Büyüköğünlü-Vaysal (Lalapaşa), Edirne*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dabovski, C., Boyanov, I., Khrischev, K., Nikolov, T., Sapunov, I., Yanev, Y., Zagorchev, I., 2002, Structure and Alpine evolution of Bulgaria, *Geologica Balcanica*, 32 (2/4), 9-15.

Dabovski, C., Savov, S.S., 1988, Structural studies in the nappes of Southeast Strandza, *Geologica Balcanica*, 18 (2), 19-36.

Dearman, W.R., Baynes, F.J., İrfan, T.Y., 1978, Engineering grading of weathered granite, *Engineering Geology*, 12, 345-374.

Doust, H., Arıkan, Y., 1974, The geology of the Thrace basin: Türkiye 2. Petrol Kongresi Tebliğleri, Ed. Okay, H., Dileköz, E., Ankara, 119-136.

Duane, M.J., 2006, Coeval biochemical and biophysical weathering processes on quaternary sandstone terraces south of Rabat (Teara), northwest Morocco, *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 1115–1128.

Duman, H., 2003, *Çatalca (İstanbul)-Muratbey Köyü Karstik Kaynaklarının Hidrojeolojik İncelemesi*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Elliott, C., 2008, Influence of temperature and moisture availability on physical rock weathering along the Victoria land coast, *Antarctica, Antarct. Sci*., 20 (01), 61–67.

Elmas, A., 2002, Trakya Yarımadası'nda Vize-Çatalca arasındaki Istranca Masifi-örtüsü kayaları ilişkisinin araştırılması, Tübitak YDABÇAG Proje, Proje No: 100Y061.

Elmas, A., Yılmaz, İ., Yiğitbaş, E., Ullrich, T., 2011, A Late Jurassic–Early Cretaceous metamorphic core complex, Strandja Massif, NW Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 100 (6), 1251-1263.

Eppes, M.C., Keanini, R., 2017, Mechanical weathering and rock erosion by climate-dependent subcritical cracking, *Reviews of Geophysics*, 55.

Erdoğan, M., Eren, R.H., Oktay, F.Y., 1999, Silivri Çevresindeki Ergene Formasyonunun Agrega Potansiyeli ve Özellikleri, *2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul 1999, 113-128.

Erginal, A.E., Gönüz, A., Bozcu, M., Ateş, A.S., Çetiner, Z.S., 2007, Gelibolu Yarımadası Batı Kıyılarında Alveolar Ayrışmanın Kökeni Üzerine İlk Bulgular, *MTA Dergisi*, 134, 27-34.

Erginal, A.E., Öztürk, B., 2009, Kuvaterner Eolinit (Bozcaada) ve Eosen Kumtaşı (Gelibolu Yarımadası) Üzerinde Deniz Tuzu Ayrıştırması: Mikroanalitik Verilerin Katkısı, MTA Dergisi, 139, 51-59.

Eskibalcı, M.F., Uzun, N., Şahkulubey, L., 2013, Çatalca Bölgesi Kuvarsitlerinin Zenginleştirilmesinde Yüksek Alan Şiddetli Yaş ve Kuru Manyetik Ayırıcı Performanslarının İncelenmesi, *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 13 (2), 11-18.

Fernandes, A.M., Tomazini da Conceição, F., Spatti Junior, E.P., Sardinha, D. de S., Mortatti, J., 2016, Chemical weathering rates and atmospheric/soil CO2 consumption of igneous and metamorphic rocks under tropical climate in southeastern Brazil, *Chemical Geology*, 443, 54-66.

Fjellanger, J., Nystuen, J.P., 2014, Diagenesis and weathering of quartzite at the palaeic surface on the Varanger Peninsula, Northern Norway, *Norwegian Journal of Geology*, 87, 133-145.

Fookes, P.G., 1980, An Introduction to the Influence of Natural Aggregates on the Performanca and Durability of Concrete, *Quarterly Journal of Engineering Geoloy*, 123, 207-229.

Garipağaoğlu, N., Duman, E., 2018, Çatalca İlçesi'nin Arazi Kullanımında Meydana Gelen Değişimler (1987-2016), *Marmara Coğrafya Dergisi*, 37, 219-232.

Gedik, İ., Timur, E., Umut, M., Bilgin, A.Z., Bilgin, Z.R., Pehlivan, Ş., Duru, M., Şentürk, K., Özcan, İ., Çelik, Y., 2014, *1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Kırklareli-F20 Paftası, No: 201*, Ankara, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları.

Gerber, E., Scheidegger, A., 1969, Stress-induced weathering of rock masses, *Eclogae Geol. Helv*., 62 (2), 401–415.

Gerdjikov, I., 2005, Alpine metamorphism and granitoid magmatism in the Strandja zone: New data from the Sakar unit, SE Bulgaria, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14 (2), 167-183.

Gocev, P.M., 1985, Strandzides, Geotectonics, *Tectonophysics and Geodynamics*, 18, 28-54.

Goel, R.K., Subhash, M., 2015, *Importance of Weathering in Rock Engineering*, Int Golden Jubilee Conf Engineering Geology in New Millennium EGNM-2015.

Goudie, A.S., Migon, P., Allison, R.J., Rosser, N., 2002, Sandstone geomorphology of the Al-Quwayra area of south Jordan, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 46, 365–390.

Gratchev, I., Kim, D.H., 2016, On the reliability of the strength retention ratio for estimating the strength of weathered rocks, *Engineering Geology*, 201, 1-5.

Gupta, V., Sharma, R., 2012, Relationship between textural, petrophysical and mechanical properties of quartzites: A case study from northwestern Himalaya, *Engineering Geology*, 135-136, 1-9.

Güler, B., 2006, *İstanbul Ayazağa-Cebeci-Çatalca Bölgelerindeki Agraga Kaynaklarının Yüksek Dayanımlı Betonda Kullanılabilirliği*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri.

Gün, E., 2009, *Istıranca Masifinin Kıyıköy Civarındaki Mesozoyik Yaşlı Kayalarının Yapısal ve Metamorfik Evrimi*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.

Hadizadeh, J., Law, R. D., 1991, Water-weakening of sandstone and quartzite deformed at various stress and strain rates, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 28 (5), 431-439.

Hagdorn, H., Göncüoğlu, M.C., 2007, Early-Middle Triassic echinoderm remains from the Istranca Massif, Turkey, *N. Jb. Geol. Paläont. Abh*, 246 (2), 235-245.

Hakyemez, H.Y., Erkal, T., 1994, Kumsal Plaserleri Araştırma Yöntemi: Trakya'nın Karadeniz Kıyı Kuşağı, *MTA Dergisi*, 116, 97-104.

Hallbauer, D.K., Wagner, H., Cook, N.G.W., 1973, Some observations concerning the microscopic and mechanical behaviour of quartzite specimens in stiff, triaxial compression tests, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 10, 713-26.

Heidari, M., Momeni, A.A., Naseri, F., 2013, New weathering classifications for granitic rocks based on geomechanical parameters, *Engineering Geology*, 166, 65-73.

Henderson, M.E.K., Duff, R.B., 1963. The release of metallic and silicate ions from minerals, rocks, and soils by fungal activity, *Journal of Soil Science* 14, 236–246.

Hoatson, D., Blake, D., Mory, A., Tyler, I., Pittavino, M., Allen, B., Kamprad, J., Oswald Jacobs, I., 1997, Bungle Bungle Range, Purnululu National Park, Western Australia: A Guide to the Rocks, Landforms, Plants, Animals and Human Impact, *Australian Geological Survey Organisation*, Canberra.

Hochstetter, F., 1870, Die geologischen vernaltnise des östlichen, Theiles der Europaischen Türkei, *Jahrb. K. k. Geol. Reichsanstalt*, 20 (1), 365-461.

Humphreys, G.S., Wilkinson, M.T., 2007, The soil production function: A brief history and its rediscovery, *Geoderma*, 139 (1), 73–78.

ISRM, 1981, Rock Characterization Testing and Monitoring, Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, In: Brown, E.T. (ed), 211.

ISRM, 2007, The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Suggested Methods Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group Ankara, Turkey, 628.

İrfan, T., 1996, Mineralogy, fabric properties and classification of weathered granites in Hong Kong, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 29, 5-35.

İrfan, T.Y., 1981, *Ayrışma ve Ayrışma Sınıflamaları*, Türkiye Jeoloji Kurumu Konferansı Dizisi, No. 19.

İrfan, T.Y., Dearman, W. R., 1978, The engineering petrography of a weathered granite in Cornwall, England, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 11, 233-244.

Jomard, H., Lebourg, T., Tric, E., 2007, Identification of the gravitational boundary in weathered gneiss by geophysical survey: La Clapière landslide (France), *Journal of Applied Geophysics*, 62, 47–57.

Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, *Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayını*, 66: 20-34.

Khatun, M., Singh, S., Chakravarti, R., 2019, Palaeo-weathering Characteristics and Nature of Source Lithology of a Carbonaceous Metasedimentary Unit in the Dalma Volcano-sedimentary Belt, North Singhbhum Mobile Belt, *Eastern India, Journal of the Geological Society of India*, 94 (1), 53-61.

Kurtz, H.D., Netoff, D.I., 2001, Stabilization of friable sandstone surfaces in a desiccating, wind-abrading environment of southcentral Utah by rock surface microorganisms. *Journal of Arid Environments*, 48, 89–100.

Lauriol, B.M., Lalonde, A.E., Dewez, V., 1997, Weathering of quartzite on a cryoplanation terrace in Northern Yukon, Canada, *Permafrost and Periglacial Processes*, 8, 147-153.

Li, L., Tan, Y., Huang, B., Deng, X., 2020, Pore property as an indicator of macro-deterioration in slightly weathered tuffs, *Engineering Geology*, 267.

Lilov, P., Maliakov, Y., Balogh, K., 2004, K-Ar dating of metamorphic rocks from Strandja massif, SE Bulgaria, Bulgarian Academy of Sciences, Geochemistry, *Mineralogy and Petrology*, 41, 107-120.

Little, A.L., 1969, *The engineering classification of residual tropical soils*, Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engr., Mexico, 1, 1-10.

Machev, P., Ganev, V., Klain, L., 2015, New LA-ICP-MS U-Pb zircon dating for Strandja granitoids (SE Bulgaria): Evidence for two-stage late Variscan magmatism in the internal Balkanides, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24 (3), 230-248.

Marques, E.A.G., Barroso, E.V., Menezes Filho, A.P., Vargas, E. do A., 2010, Weathering zones on metamorphic rocks from Rio de Janeiro-Physical, mineralogical and geomechanical characterization, *Engineering Geology*, 111, 1–18.

Martin, R.P., Hencher S.R., 1986, Principles for Description and Classification of Weathered Rock for Engineering Purposes, Geological Society, London, *Engineering Geology Special Publications*, 2, 99-308.

Momeni, A.A., Khanlari, G.R., Heidari, M., Sepahi, A.A., Bazvand, E., 2015, New engineering geological weathering classifications for granitoid rocks, *Engineering Geology*, 185, 43-51.

Moores, J.E., Pelletier, J.D., Smith, P.H., 2008, Crack propagation by differential insolation on desert surface clasts, *Geomorphology*, 102 (3), 472–481.

Mottershead, D.N., Gorbushina, A.A., Lucas, G.R., Wright, J., 2003, The influence of marine salts, aspect and microbes in the weathering of sandstone in two historic structures, *Building and Environment*, 38, 1193–1204.

Mousavi, S.Z.S., Tavakoli, H., Moarefvand, P., Rezaei, M., 2019, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Assessing the effect of freezing-thawing cycles on the results of the triaxial compressive strength test for calc-schist rock, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 123, 104090.

Moye, D.G., 1955, Engineering geology for Snowy Mountain Scheme, Jour. *Instit. of Engineers*, Australia, Vol. 27, 287-298.

Murugan, R., Srinivasan, B., Tripathi, J.K., 2019, Geochemical, Sr and Nd isotopic studies on the Kalva Rangan Durga Quartzites of the Shimoga greenstone belt: Implications on weathering of Dharwarian continental crust, *Geological Journal*, 1-15.

Natal'in, B.A., Satır, M., Sunal, G., Toraman, E., 2005, Structural and Metamorphic Evolution of the Strandja Massif, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu, Proje No: 101Y010.

Natal'in, B.A., Sunal, G., Gün, E., Wang, B., Zhiqing, Y., 2016, Precambrian to Early Cretaceous rocks of the Strandja Massif (northwestern Turkey): Evolution of a long lasting magmatic arc, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 53 (11), 1312-1335.

Natal'in, B.A., Sunal, G., Satır, M., Toraman, E., 2012, Tectonics of the Strandja Massif, NW Turkey: History of a long-lived arc at the northern margin of Palaeo-Tethys, *Turkish Journal of Earth Sciences,* 21 (5), 755-798.

Natal'in, B.A., Sunal, G., Zhiqing, Y., Gün, E., 2012b, *Istranca Masifi'nin (Türkiye) Doğu Kesiminde (Vize-Kıyıköy Bölgesi) Geç Paleozoyik Yaşlı Dalma-Batma-Birikme Orojenezi*, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2-6 Nisan, 452-453.

Nishiyama, T., Kusuda, H., 1996, Application of a fluorescent technique to the study of the weathering process, *Engineering Geology* 43, 247-253.

Nkpadobi, J.I., Raj, J.K., Ng, T.F., 2016, Classification of cut slopes in weathered meta-sedimentary bedrocks, *Earth Sciences Research Journal*, 20 (2), 1-9.

Okay, A.I. 1989, Tectonic units and sutures in the Pontides, Northern Turkey, Tectonic Evolution of the Tethyan Region, In: Şengör, A.M.C. (ed.), NATO ASI Series, Kluwer Academic Publications, Dordrecht, 109-116.

Okay, A.I., Özcan, E., 2014, *Faulting, basement uplift and carbonate sedimentation: Çatalca region, west of Istanbul. Field trip guidebook, AAPG International Conference & Exhibition 2014, Istanbul, Turkey*, pre-conference field trip – 4, September 13, 2014, Turkish Association of Petroleum Geologists, Ankara, 15.

Okay, A.I., Satır, M., Tüysüz, O., Akyüz, S., Chen, F., 2001, The tectonics of the Strandja Massif: late-Variscan and mid-Mesozoic deformation and metamorphism in the northern Aegean, *International Journal of Earth Sciences*, 90 (2), 217–233.

Okay, A.I., Tüysüz, O., 1999, Tethyan sutures of the northern Turkey, The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen, In: Durand, B., Jolivet, L., Horvát, F., Sérrane, M., (eds.), *Geological Society of London Special Publication*, London, 156, 475-515.

Okewale, I.A., 2020, Applicability of chemical indices to characterize weathering degrees in decomposed volcanic rocks, *Catena*, 189.

Örgün, Y., Yalçın, T., Bozkurtoğlu, E., Duman, H., Yiğitbaş, E., Kuzu, C., Nasuf, E., Öztürk, A., 2003, İstanbul-Çatalca-Muratbey Civarında Yapılan Madencilik Faaliyetlerinin Büyük Çekmece Göl Havzasında Yeralan Yeraltı Yüzey Sularında ve Çevreye Olan Etkisi, *Kuvaterner Çalıştayı IV*, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü.

Pamir, H.N., Baykal, F., 1947, Istranca Masifi'nin jeolojik yapısı, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni,* 1, 7-43.

Pamir, H.N., Baykal, F., 1947, Istranca Masifinin Jeolojik Yapısı, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 1, 7-43.

Paradise, T.R., 1997, Disparate sandstone weathering beneath lichens, Red Mountain, Arizona, *Geografisker Annaler*, 79A, 177–184.

Paradise, T.R., 2003, Sandstone weathering and aspect in Petra, Jordan, Z. *Geomorphologie*, 46 (1), 1–17.

Peltier, L.C., 1950, The Geographic Cycle in Periglacial Regions as It is Related to Climatic Geomorphology, *Annals of the Association of American Geographers*, 40 (3), 214-236.

Piccini, L., Mecchia, M., 2009, Solution weathering rate and origin of karst landforms and caves in the quartzite of Auyan-tepui (Gran Sabana, Venezuela), *Geomorphology*, 106, 15–25.

Price, D.G., 1995, Weathering and weathering processes, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 28, 243-252.

Rahardjo, H., Aung, K.K., Leong, E.C., Rezaur, R.B., 2004, Characteristics of residual soils in Singapore as formed by weathering, *Engineering Geology*, 73, 157–169.

Raza, M., Bhardwaj, V.R., Ahmad, A.H.M., Mondal, M.E.A., Khan, A., Khan, M.S., 2010, Provenance and weathering history of archaean Naharmagra quartzite of Aravalli Craton, NW Indian shield: Petrographic and geochemical evidence, *Geochemical Journal*, 44, 331-345.

Rice, K.C., Price, J.R., 2014, Comparison of Mineral Weathering and Biomass Macronutrient Uptake in Two Small Forested Watersheds Underlain by Quartzite Bedrock, Catoctin Mountain, Maryland, USA, *Aquatic Geochemistry*, 20 (2-3), 225-242.

Robert, M., Tessier, D., 1992, Incipient weathering: some new concepts on weathering, clay formation and organization, Weathering, Soils & Paleosols, In: Martini I.P ve Chesworth W. (eds), 4, Elsevier Science Publishers B.V, 71-105.

Rocchi, I., Coop, M.R., 2015, The effects of weathering on the physical and mechanical properties of igneous and metamorphic saprolites, *Géotechnique*, 65 (6), 482–493.

Rocchi, I., Coop, M.R., Maccarini, M., 2017, The effects of weathering on the physical and mechanical properties of igneous and metamorphic saprolites, *Engineering Geology*, 231, 56-67.

Rossi, A.M., Graham, R.C., 2010, Weathering and Porosity Formation in Subsoil Granitic Clasts, Bishop Creek Moraines, California, *Soil Science Society of America Journal*, 74 (1), 172-185.

Ruxton, B.P., Berry, L., 1957, Weathering of granite and associated erosional features in Hong Kong, *Bull. Geol. Soci. Amer*., 68, 1263-1292.

Sakınç, M., 1994, Karaburun (B İstanbul) Denizel Oligoseninin Stratigrafisi ve Paleontolojisi, *MTA Dergisi*, 116, 9-14.

Singh, V.K., Singh, D.P., 1993, Correlation between point load index and compressive strength for quartzite rocks, *Geotechnical and Geological Engineering*, 11, 269-272.

Small, E.E., Anderson, R.S., Hancock, G.S., 1999, Estimates of the rate of regolith production using 10Be and 26Al from an alpine hillslope, *Geomorphology*, 27 (1), 131–150.

Somasekhar, V., Ramanaiah, S., Sarma, D.S., 2018, Geochemical characterization of the siliciclastic rocks of Chitravati Group, Cuddapah Supergroup: Implications for provenance and depositional environment, *Journal of Earth System Science*, 127 (4), 1-27.

Sönmez Gökçen, N., 1964, Çatalca (Trakya) Civarı Neojeninden Congeria'lı Serinin Ostracod'larla Bulunan Yeni Yaşı Hakkında Not, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 63, 43-54.

Sun, Q., Zhang, Y., 2019, Combined effects of salt, cyclic wetting and drying cycles on the physical and mechanical properties of sandstone, *Engineering Geology*, 248, 70-79.

Sunal, G., Natal'in, B.A., Satır, M., Toraman, E., 2006, Paleozoic magmatic events in the Strandja Massif, NW Turkey, *Geodinamica Acta*, 19 (5), 283-300.

Sunal, G., Natal'in, B.A., Satır, M., Toraman, E., 2006c, *Istranca Masifinin Erken Paleozoyik Evrimi; Taşıma Zirkon, Tek Tane Buharlaşma Pb- Pb Çalışması*, 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara, 404-407.

Sunal, G., Satır, M., Natal'in, B.A., Topuz, G., Vonderschmidt, O., 2011, Metamorphism and diachronous cooling in a contractional orogen: the Strandja Massif, NW Turkey, *Geological Magazine*, 148 (4), 580-596.

Sunal, G., Satır, M., Natal'in, B.A., Toroman, E., 2008, Paleotectonic position of the Strandja Massif and surrounding continental blocks based on zircon Pb-Pb Age studies, *International Geology Review*, 50, 519-545.

Şahin, S.Y., Aysal, N., Güngör, Y., Peytcheva, I., Neubauer, F., 2014, Geochemistry and U-Pb zircon geochronology of metagranites in Istranca (Strandja) Zone, NW Pontides, Turkey: Implications for the geodynamic evolution of Cadomian orogeny, *Gondwana Research*, 26 (2), 755-771.

Şahin, Y.S., Güngör, Y., Aysal, N., Öngen, S., 2009, *Istranca ve İstanbul Zonları (KB Türkiye) İçerisinde Yüzeylenen Granitoyidlerin Jeokimyası ve SHRIMP Zirkon U-Pb Yaşlandırması*, 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 13−17 Nisan 2009, MTA – Ankara, 598-599.

Şen, Ş., Koral, H., Önalan, M., 1998, Küçükçekmece-Çatalca Dolayında Trakya Havzası Doğusunun Jeolojisi ve Gelişimi: Yeni Bulgular, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi*, 11, 27-36.

Taner, M.F., Çağatay, A., 1983, Istranca Masifi'sindeki Maden Yataklarının Jeolojisi ve Mineralojisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 31-40.

Teodoro, G.S., Lambers, H., Nascimento, D.L., de Britto Costa, P., Flores-Borges, D.N.A., Abrahão, A., Mayer, J.L.S., Sawaya, A.C.H.F., Ladeira, F.S.B., Abdala, D.B., Pérez, C.A., Oliveira, R.S., 2019, Specialized roots of Velloziaceae weather quartzite rock while mobilizing phosphorus using carboxylates, *Functional Ecology*, 33 (5), 762-773.

Toraman, E., 2002, *Istranca Masifinin Mesozoik Yaşlı Kayalarındaki Deformasyonların Yapısal ve Kinematik Analizi*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.

Toraman, E., Natal'in, B.A., Sunal, G., 2003, The Role Of The Mesozoıc Orogen-Parallel Dısplacement in The Kınematıc Hıstory of The Strandja Massıf (Thrace Regıon, Nw Turkey), *Geophysical Research Abstracts*, 5, 00480.

Tran, T.V., Alkema, D., Hack, R., 2019, Weathering and deterioration of geotechnical properties in time of groundmasses in a tropical climate, *Engineering Geology*, 260, 105221.

Trudgill, S.T., Viles, H.A., 1998, Field and laboratory approaches to limestone weathering, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 31, 333-341.

TSE, 2002, TS EN 1097-6 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, 24.

Tuğrul, A., 1995, *Niksar yöresindeki bazaltların mühendislik özelliklerine ayrışmanın etkileri*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tuğrul, A., 2004, The effect of weathering on pore geometry and compressive strength of selected rock types from Turkey, *Engineering Geology*, 75, 215–227.

Turkington, A.V., Paradise, T.R., 2005, Sandstone weathering: a century of research and innovation, *Geomorphology*, 67, 229–253.

Turoğlu, H., 2018, Kaya Yüzeyi Sertliği ile Ayrışma ve Kaya Erozyonunun Tahmin Edilmesi: Avşa Adası Granit Formasyonları Üzerine Bir Örnek Çalışma, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 1, 1-12.

Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal A., 2011, *Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 975-395-419-0, 5.

Umut, M., Kurt, Z., İmik, M., Ateş, M., Sarıkaya, H., Saraç, G., 1984, Edirne-Kırklareli, Lüleburgaz, Uzunköprü civarının jeolojisi, MTA Derleme No. 7604 (Yayımlanmamış).

Umut, M., Kurt, Z., İmik, M., Özcan, İ., Sarıkaya, H., Saraç, G., 1983, Tekirdağ, Silivri (İstanbul), Pınarhisar alanının jeolojisi, MTA Derleme No. 7349 (Yayımlanmamış).

Usturbelli, Z.H., 2008, *KTÜ (Trabzon) Merkez Kampüsünde Çevre Düzenlemesi İçin Kullanılan Duvar Yapı Taşlarının Mühendislik Zamanda Ayrışması ve Ayrışma Durumunun Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ündül, Ö., 2007, *Ayrışmanın Çınarcık Barajı Göl Alanındaki (Bursa) Ultramafik Kayaçların Mühendislik Özelliklerine Etkisi*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ündül, Ö., Tuğrul, A., Özyalın, Ş., Zarif, İ.H., 2015, Identifying the changes of geo-engineering properties of dunites due to weathering utilizing electrical resistivity tomography (ERT), *Journal of Geophysics and Engineering*, 12, 273-281.

Ündül, Ö., Tuğrul, A., Zarif, İ.H., 2011, Ayrışma Özelliklerinin Elektriksel Özdirenç Tomografisi (EÖT) Yöntemi Yardımı ile Karşılaştırılması, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35 (2), 115-132.

Üşümezsoy, Ş., 1982, Igneous and Metamorphic Geology and Mineralization of Istranca Region: Jeotectonic Setting and Mineralization of Istranca Region.

Üşümezsoy, Ş., 1982, *Istranca Masifinin Petrojenetik Evrimi*, İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Doktora, 94.

Vasilev, E., Dabovski, C., 2010, Tectonostratigraphy of Strandzha Massif: Correlations across the Türkish-Bulgarian Border: Sofia, *BAS Guide Book,* 1-58.

Viles, H.A., Pentecost, A., 1994, Problems in assessing the weathering action of lichens with and example of epiliths on sandstone, In: Robinson, D.A., Williams, R.B.G. (eds.), Rock Weathering and Landform Evolution, Wiley, Chichester.

Wang, M., Wan, W., 2019, A new empirical formula for evaluating uniaxial compressive strength using the Schmidt hammer test, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 123, 104094.

Wang, P., Xu, J., Liu, S., Wang, H., 2016, Dynamic mechanical properties and deterioration of red-sandstone subjected to repeated thermal shocks, *Engineering Geology*, 212, 44-52.

Waragai, T., 2016, The effect of rock strength on weathering rates of sandstone used for Angkor temples in Cambodia, *Engineering Geology*, 207, 24-35.

Wells, T., Binning, P., Willgoose, G., 2005, The role of moisture cycling in the weathering of a quartz chlorite schist in a tropical environment: Findings of a laboratory simulation, *Earth Surf. Processes Landforms*, 30 (4), 413–428.

West, N., Kirby, E., Bierman, P., Clarke, B.A., 2014, Aspect-dependent variations in regolith creep revealed by meteoric 10Be, *Geology*, 42 (6), 507–510.

Wray, R.A.L., 1997, A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones, *Earth-Science Reviews*, 42, 137-160.

Wray, R.A.L., 2013, Solutional Weathering and Karstic Landscapes on Quartz Sandstones and Quartzite, *Treatise on Geomorphology*, 6, 463-483.

Wray, R.A.L., Sauro, F., 2017, An updated global review of solutional weathering processes and forms in quartz sandstones and quartzites, *Earth-Science Reviews*, 171, 520-557.

Xu, S., Grasso, P., Mathab, A., 1990, *Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock*, 6th Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, 1, 511-519.

Yanev, S., Göncüoğlu, M.C., Gedik, İ., Lakova, I., Boncheva, I., Sachanski, V., Okuyucu, C., Özgül, N., Timur, E., Maliakov, Y., Saydam, G., 2006, Stratigraphy, correlations and palaeogeography of Paleozoic terranes of Bulgaria and NW Turkey: A review of recent data, Tectonic development of the Eastern Mediterranean Region, In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D., (eds.), Geological Society London Special Publications, London, 260, 51-67.

Yang, X., Jiang, A., Li, M., 2019, Experimental investigation of the time-dependent behavior of quartz sandstone and quartzite under the combined effects of chemical erosion and freeze–thaw cycles, *Cold Regions Science and Technology*, 161, 51-62.

Yazıcı, M., Natal'in, B.A., 2015, Structural geology and sedimentology of the Sermat Quartzites, Strandja Massif, NW Turkey, Geophysical Research Abstracts, European Geosciences Union General Assembly 2015, Viyana, Austria, 6971.

Yenipazar, Y., 2000, *Büyükkılıçlı (Silivri) Bentonitinin Döküm ve Sondaj Sanayi Yönünden Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C., 1997, Geology and tectonic evolution of the Pontides, Regional and Petroleum geology of the Black Sea and Surrounding Region, In: Robinson, A.G. (eds.), American Association of Petroleum Geologists, 68, 183-226.

Yin, Y., Zhang, B.Y., Zhang, J.H., Sun, G.L., 2016, Effect of densification on shear strength behavior of argillaceous siltstone subjected to variations in weathering-related physical and mechanical conditions, *Engineering Geology*, 208, 63-68.

Young, R.W., 1987, Sandstone landforms of the tropical East Kimberley region, northwestern Australia. *Journal of Geology* 95, 205–218.

Yurtsever, A., Çağlayan, A., Özcan, İ., İmik, M., Arda, A., 1993, Istranca Masifi kayaçları; Yıldız Dağları (Istranca Masifi)'nın jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9929, 1, 196, Ankara (yayımlanmamış).

https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr [Ziyaret tarihi: 11 Aralık 2020].

https://iett.istanbul/, [Ziyaret tarihi: 24 Aralık 2020].

https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/Asit_Yagmur/Catalca, [Ziyaret tarihi: 13 Şubat 2021].

https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=ISTANBUL, [Ziyaret tarihi: 24 Aralık 2020].

https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ISTANBUL, [Ziyaret tarihi: 24 Aralık].