

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KINDIRALIK DERE FORMASYONU'NUN SEDİMANTOLOJİK
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ, GÜMÜŞHANE, TÜRKİYE**

Selim YILDIZOĞLU

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Raif KANDEMİR

II. DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Merve ÖZYURT

JÜRİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Orhan KARSLI

Prof. Dr. Cüneyt ŞEN

Doç. Dr. Yılmaz DEMİR

RİZE 2022

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KINDIRALIK DERE FORMASYONU'NUN SEDİMANTOLOJİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ, GÜMÜŞHANE, TÜRKİYE

Prof. Dr. Raif KANDEMİR danışmanlığında, Jeoloji Müh. Selim YILDIZOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile oluşturulan jüri tarafından 08/02/2022 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı Soyadı	İmza
Başkan	: Prof. Dr Cüneyt ŞEN	
Üye	: Prof. Dr. Orhan KARSLI	
Üye	: Prof. Dr. Raif KANDEMİR	
Üye	: Doç.Dr. Yılmaz DEMİR	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Merve ÖZYURT	

Doç. Dr. Ahmet YANIK
ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

“Kındıralık Dere Formasyonu'nun Sedimentolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Gümüşhane, Türkiye” adlı bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma boyunca bana yardımcı olan, bilgi ve tecrübe desteğini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Raif KANDEMİR'e teşekkür ederim. Tez kapsamında ikinci danışman olarak özellikle tezin jeokimyasal verilerinin yorumlanmasında bana destek veren Sayın Dr.Öğr. Üyesi Merve ÖZYURT'a (Karadeniz Teknik Üniversitesi) da ayrıca teşekkür ederim. İnce kesitlerin hazırlanması aşamasında ve bilimsel olarak birçok konuda bana yardımcı olan Sayın Doç.Dr. Yılmaz DEMİR'e, tezin yazım aşamasında bana destek veren Jeoloji Yüksek Mühendisi Mehdi İLHAN'a teşekkür ederim. Hayatım boyunca maddi ve manevi her konuda yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen, varlıklarından güç aldığım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Selim YILDIZOĞLU

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Kındıralık Dere Formasyonu'nun Sedimentolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Gümüşhane, Türkiye” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergelerindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 08.02.2022

Selim YILDIZOGLU

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

KINDIRALIK DERE FORMASYONU'NUN SEDİMANTOLOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ, GÜMÜŞHANE, TÜRKİYE

Selim YILDIZOĞLU

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Raif KANDEMİR
II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Merve ÖZYURT

Alp Himalaya kuşağının önemli bileşenlerinden biri olan Sakarya Zonu, tartışmalı bir Mesozoyik jeodinamik evrimine sahiptir. Mesozoyik jeodinamiğinin önemli ürünlerini oluşturan Üst Kretase istifleri doğu Sakarya Zonu'nda oldukça yaygındır ve kuzey-güney hattında farklılıklar gösterirler. Doğu Sakarya Zonu'nun güneyinde yüzeyleme veren Üst Kretase istiflerinin en tipik mostraları Doğu Pontidler'in Gümüşhane yöresinde yer alır. Gümüşhane yöresinde bu çökeller, farklı litofasiyes özelliklerine göre, alttan üste doğru Kındıralık Dere, Elmalı Dere ve Tepeköy Formasyonları olmak üzere üç ana litostratigrafik birime ayrılır. Tez kapsamında Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu'nun Geç Kretase riftleşmesi ile oluşan havzaların ilk ürünü olan Kındıralık Dere Formasyonu incelenmiştir. Bu kapsamda üç adet ölçülü stratigrafik kesit değerlendirilmiştir. Kındıralık Dere Formasyonu Gümüşhane yöresinde, düşey ve yanıl yönde farklı litofasiyes özellikler gösterir. Petrografik olarak yapılan incelemelerde, çökellerin başlıca monojenik konglomera, kalkarenit ve kumtaşlarından oluştuğu belirlenmiştir. İncelenen kayaçlardaki bileşenler çoğunlukla taşınmış biyoklast parçalarından oluşmaktadır. Çökellerin çoğunlukla havza yamacında oluştuğu düşünülmektedir. Kındıralık Dere Formasyonu içerisinde özellikle Pirahmet kesitinde baskın olarak gözlenen kumtaşı seviyeleri tez kapsamında jeokimyasal açıdan incelenmiştir. İncelenen kumtaşlarının litarenit ve sublitarenit olduğu belirlenmiştir. Çalışılan örnekler jeokimyasal özellikleri açısından, düşük SiO₂ değerleri ve yüksek CaO değerlerine sahiptirler. TiO₂ ve Fe₂O₃+MgO değerleri, sırasıyla 0,22-0,77 ve 4,13-10,28 arasında değişir. İncelenen örneklerin U/Th oranları 0,28-0,35 (ortalama 0,32) arasında Ni/Co oranları 0,58-1,35 (ortalama 0,89) arasında ve V/Cr oranları ise 1,49-2,46 (ortalama 1,91) değerleri arasında değişmektedir. Bu değerler oksik çökelme ortamlarına işaret etmektedir. İncelenen örneklerin jeokimyasal değerleri, asidik ve ortaçağ karakterli bir yay magmatizmasının ürünleri ile ilişkilidir. İncelenen örnekler Geç Kretase riftleşmesi sonucu parçalanmış karbonat platformu üzerinde gelişen asimetrik havzaların yamaçlarında çökelmişlerdir. İncelenen kumtaşlarındaki jeokimyasal sonuçlar; havzaya gelen terijen bileşenlerin bir magmatik yaydan beslendiğini göstermektedir.

2022, 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: Gümüşhane, Sakarya Zonu, Kındıralık Dere Formasyonu, Üst Kretase, Jeokimya

ABSTRACT

SEDIMENTOLOGICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF THE KINDIRALIK DERE FORMATION, GÜMÜŞHANE, TÜRKİYE

Selim YILDIZOĞLU

**Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate Education Institute
Department of Geological Engineering
Master Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Raif KANDEMİR
Second Supervisor: Assist. Prof. Merve ÖZYURT**

Sakarya Zone is one of the important components of the Alpine-Himalayan belt and has a controversial Mesozoic geodynamic evolution. The Upper Cretaceous sequences, which constitute the important products of Mesozoic geodynamics, are quite common in the eastern Sakarya Zone, and they show difference in lithology in the north-south line. The Upper Cretaceous sequences are represented by sedimentary rocks in the the south part of the Eastern Pontides (East part of the Sakarya Zone) and the most typical outcrops of the Upper Cretaceous sequences are located in the Gümüşhane region of the Eastern Pontides. In the Gümüşhane region, these sedimentary rocks are divided into three main lithostratigraphic units, from bottom to top, Kindıralık Dere, Elmalı Dere and Tepeköy Formations, according to their different lithofacies characteristics. Within the scope of the thesis, the Kindıralık Dere Formation, which is the first product of the basins formed by the Late Cretaceous rifting of the Late Jurassic-Early Cretaceous Berdiga Formation, was investigated. In this context, three measured stratigraphic sections were studied. Kindıralık Dere Formation shows different lithofacies features in vertical and lateral directions in Gümüşhane region. In petrographic examinations, it was determined that the sediments were mainly composed of monogenic conglomerate, calcarenite and sandstones. The components in the studied rocks are mostly composed of transported bioclast fragments. The sediments mostly formed on the basin slope. The predominant sandstone levels in the Kindıralık Dere Formation, especially in the Pirahmet section, were investigated geochemically within the scope of the thesis. It has been determined that the examined sandstones are composed of litharenite and sublitharenite. The studied samples have low SiO₂ values and high CaO values in terms of their geochemical properties. TiO₂ and Fe₂O₃+MgO values vary between 0.22-0.77 and 4.13-10.28, respectively. The U/Th ratios are between 0.28 and 0.35 (average 0.32), Ni/Co ratios are 0.58-1.35 (average 0.89), and V/Cr ratios are 1.49-2.46 (average 1.91) values. These values indicate oxic environments. The geochemical values of the studied samples are related to the products of an acidic and intermediate arc magmatism. Investigated samples were deposited on the slopes of asymmetrical basins, which were developed on the carbonate platform that broke up as a result of Late Cretaceous rifting event. The geochemical results show that the terrigenous fragments coming to the basin were derived from a magmatic arc.

2022, 72 pages

Key words: Gümüşhane, Sakarya Zone, Kindıralık Dere Formation, Upper Cretaceous, Geochemistry

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER.....	VII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.3. Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri.....	2
1.4. Bölgesel Jeoloji.....	3
1.5. Önceki Çalışmalar	6
1.6. Sedimanter Kayaçlarda Jeokimyasal Çalışmalar.....	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Saha Çalışmaları	12
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	14
2.3. Ofis Çalışmaları	16
3. BULGULAR.....	17
3.1. Giriş	17
3.2. Sedimanter Petrografik Çalışmalar.....	17
3.2.1. Ölçülü Stratigrafik Kesitler.....	18
3.2.1.1. Pirahmet ÖSK.....	19
3.2.1.2. Harmancık ÖSK.....	25
3.2.1.3. Yıkıntıbaşı ÖSK.....	30
3.3. Jeokimyasal Bulgular.....	36
3.3.1. Anaoksitler.....	36
3.3.2. Seçilmiş İz Elementler	39
3.3.3. Nadir Toprak Elementleri (REE).....	39
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	43
5. ÖNERİLER.....	57

KAYNAKLAR	58
Ek 1.	69
Ek 2.	71
ÖZGEÇMİŞ	72



ŞEKİLLER

Şekil 1. Çalışma sahasının yer bulduru ve ulaşım haritası (a), Çalışma sahasının morfolojik yapısını gösterir harita (Görüntü Google Earth'den alınmıştır) (b)..	2
Şekil 2. İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).....	3
Şekil 3. Gümüşhane yöresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.	6
Şekil 4. Kındıralık Dere Formasyonu'ndan alınan ÖSK'lar.	13
Şekil 5. Gümüşhane ve yakın yöresinin jeoloji haritası (Güven 1993'den değiştirilmiştir) ve ÖSK lokasyonları.....	18
Şekil 6. Kındıralık Dere Formasyonu'ndan alınan ÖSK'ların uydu görüntüsündeki konumları.....	19
Şekil 7. Pirahmet ÖSK ve saha fotoğrafları.	21
Şekil 7. devamı	22
Şekil 7. devamı	23
Şekil 8. Pirahmet ÖSK'dan alınan kayaçların ince kesit fotoğrafları.....	24
Şekil 9. Harmancık ÖSK ve saha fotoğrafları.	26
Şekil 9. Devamı	27
Şekil 9. Devamı	28
Şekil 10. Harmancık ÖSK'den alınan kayaçların ince kesit fotoğrafları.	29
Şekil 11. Yıkıntıbaşı ÖSK ve saha fotoğrafları.	32
Şekil 11 devamı	33
Şekil 12. Yıkıntıbaşı ÖSK'dan alınan kayaçların ince kesit fotoğrafları.	35
Şekil 16. Çalışılan örneklerin Hf vs Yb, Al ₂ O ₃ vs Yb, Hf vs Lu, Al ₂ O ₃ vs Lu, Al ₂ O ₃ vs FeO _{3t} , Al ₂ O ₃ vs K ₂ O, Rb vs Al ₂ O ₃ , Rb vs K ₂ O diyagramları.	41
Şekil 17. Çalışılan örneklerin Zr vs tREE, Al ₂ O ₃ vs tREE, Zr vs LREE, Al ₂ O ₃ vs LREE, Zr vs HREE, Al ₂ O ₃ vs HREE diyagramları.	42
Şekil 18. Çalışılan örneklerin REE değerlerinin PAAS ve Chondrite normalize değerleri (Taylor ve McLennan, 1985).....	43
Şekil 19. Çalışılan örneklerin LOI içeriklerinin CaO ve MgO içeriklerine göre korelasyonları.	44

Şekil 21. Rb vs K ₂ O (Floyd vd., 1990); (b) F1 vs F2 (Roser ve Korsch, 1988); (c) (b) La/Sc vs Co/Th (Gu vd., 2002; Condie, 1993); (a) Zr/Sc vs Th/Sc (McLennan vd., 1993).....	50
Şekil 22. Örneklerin ana iz element içeriklerine göre tektonik ortam ayırlama.....	52
Şekil 23. Doğu Sakarya Zonun'ndaki Geç Kretase havzalarının gelişim süreci (Aydın vd. 2020'den değiştirilmiştir).	53



SEMBOLLER VE KISALTMALAR



Yaprak parçaları



Biyoturbasyon



Biyoturbasyon



Mollusk kavkı parçaları



Dereceli tabakalanma

ACM

Aktif Kıtasal Marj

AES

Emission Speetro Metry

Al

Aluminyum

Ba

Baryum

C

Karbon

Ca

Kalsiyum

Ce

Seryum

CIA

Kıtasal Ada Yayı

CIA

Alterasyonun Kimyasal İndeksi

CIW

Ayrışmanın Kimyasal İndeksi

Co

Kobalt

Cr

Krom

Cu

Bakır

Dy

Disprosyum

Er

Erbium

Eu

Ewropyum

Fe

Demir

Ga

Galyum

Gd

Gadolinyum

GPS

Küresel Konumlama Sistemi

H

Hidrojen

Hf

Hafniyum

HFSE

Yüksek Alan Enerjili Elementler

Ho

Holmiyum

HREE	Ađır Nadir Toprak Elementleri
ICP	İnductively Coupled Plazma
ICV	Bileşimsel Değişim
K	Potasyum
La	Lantan
LİLE	Büyük İyon Yarıçaplı Elementler
LOI	Ateşte Kayıp
LREE	Hafif Nadir Toprak Elementler
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
MS	Moss Speetrometry
N	Azot
Na	Sodyum
NASC	Kuzey Amerikan Şeyl Bileşimi
Nb	Niyobyum
Nd	Neodin
NE	Neotetis Evrimi
Ni	Nikel
O	Oksijen
OIA	Okyanus Ada Yayısı
P	Fosfat
PAAS	Post-Arkeen Avusturalya Şeyli
PM	Pasif Marj
Pr	Paraseodim
Rb	Rubidyum
REE	Nadir Toprak Elementler
Sc	Skveiyum
Si	Silisyum
Sm	Samaryum
Sn	Qelay
Sr	Stronsiyum
Ta	Tantan

Tb	Terbiyum
Th	Toryum
Ti	Titanyum
Tm	Tulyum
tREE	Toplam Nadir Toprak Elementleri
U	Uranyum
UCC	Üst Kıtasal Kabuk
V	Vanadyum
W	Tungsten
Y	İtriyum
Yb	İterbiyum
Zr	Zirkonyum

1. GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş

Bu tez kapsamında Gümüşhane’de Yıkıntıbaşı Tepe (Kale), Pirahmet ve Harmancık’da yüzeyleme veren Geç Kretase yaşlı Kındıralık Dere Formasyonu’nun sedimantolojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Tez çalışması kapsamında arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında çökellerin daha önceden yapılmış haritalar üzerinde yayılımı belirlenerek, ölçülü stratigrafik kesit hatları belirlenerek kesitler sahada alınmıştır. Kındıralık Dere Formasyonu’nun en iyi şekilde yüzeyleme verdiği Yıkıntıbaşı Tepe, Pirahmet ve Harmancık lokasyonlarından tabandan tavana fasiyeslerini, fasiyeslerin birbirleriyle olan ilişkilerini, içermiş oldukları sedimantolojik özelliklerini belirleyebilmek için üç adet ölçülü stratigrafik kesit hattı belirlenmiş ve sistematik örnekler alınmıştır.

Kesit hatları birimin kalınlığı ve yayılım alanı göz önüne alınarak belirlenmiştir. Daha önceki çalışmalar incelenmiş ve kesit hatlarında gözlenen eksiklikler bu çalışmada giderilmeye çalışılmıştır. Bu ölçülü stratigrafik kesitlerden alınan kayaç örnekleri ince kesitler haline getirilmiştir. Kesitler ve saha gözlemleri ile beraber; sedimantolojik ve paleontolojik özellikleri, çökme ortam ve şartları birlikte değerlendirilerek, stratigrafik konumu yorumlanmıştır. Tez kapsamında alınan örneklerden Pirahmet lokasyonunda yüzeyleme veren Kındıralık Dere Formasyonu içerisindeki kumtaşlarından jeokimyasal analizler gerçekleştirilerek yorumlamalar yapılmaya çalışılmıştır.

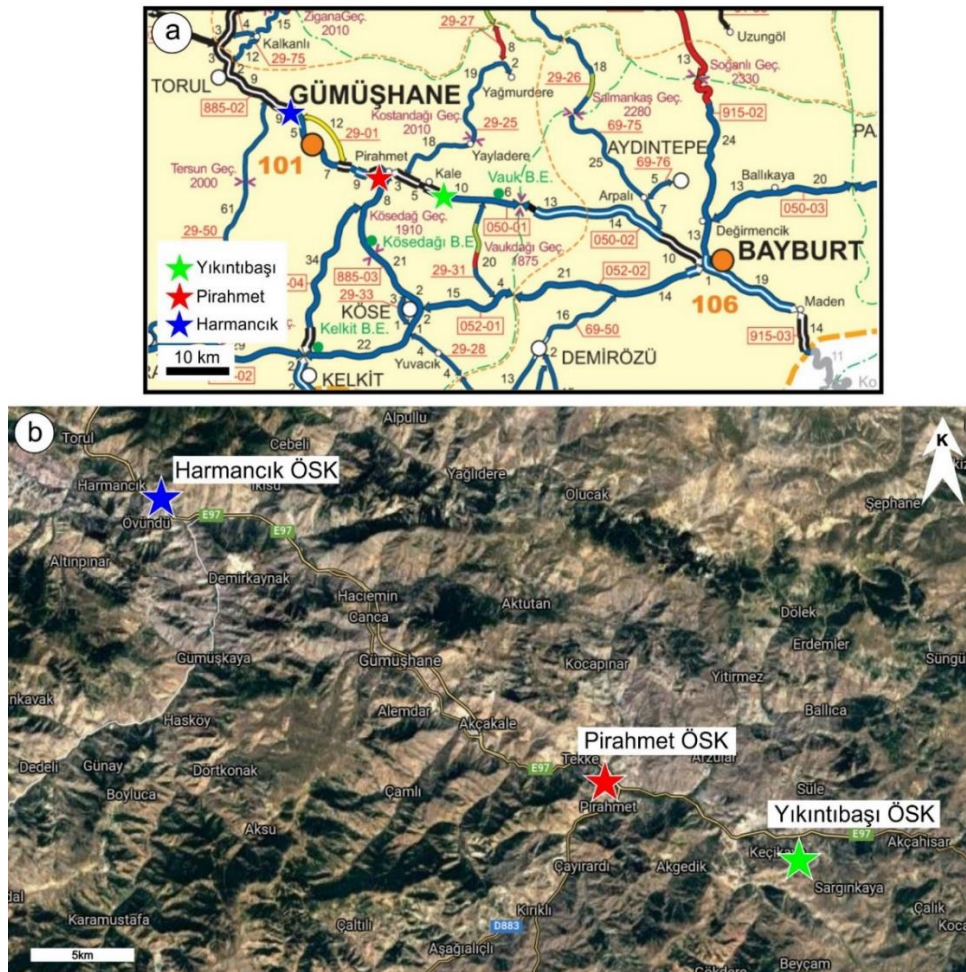
1 2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Kuzeydoğu Sakarya Zonu’nun jeodinamik evrimi hakkında önemli bilgileri bünyesinde bulunduran Kındıralık Dere Formasyonu Gümüşhane ve yakın yöresinde geniş bir yayılım alanına sahiptir. Formasyon Tetis okyanusunun Geç Kretase yaşlı paleo-ortamsal ve tektono-sedimantolojik gelişimini ortaya koymak için iyi bir arşiv oluşturmaktadır. Tez kapsamında Formasyonun stratigrafik, sedimantolojik ve paleontolojik özellikleri sahadan alınan üç adet ölçülü stratigrafik kesit boyunca incelenecektir. Tez kapsamında ayrıca bu kayaçlar üzerinde ilk defa jeokimyasal analiz

çalışmaları gerçekleştirilecek ve yorumlanacaktır. Tez çalışması kapsamında, Kındıralık Dere Formasyonu'nun mikrofasiyes ve jeokimyasal özellikleri ortaya konularak, çökellerin kaynak alandan havzaya gelinceye kadar geçirdikleri sedimenter süreçler ve Geç Kretase yaşlı havzanın paleo-ortamsal ve tektono-sedimentolojik özellikleri belirlenmeye çalışılacaktır.

1 3. Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri

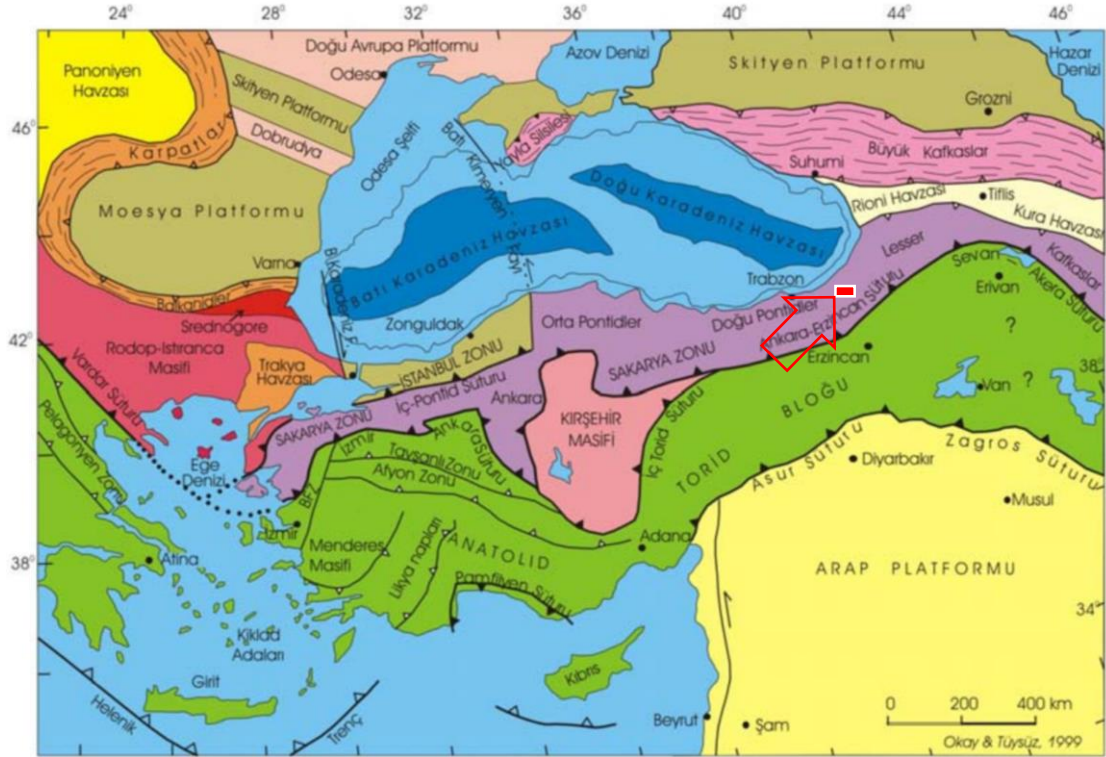
Çalışma alanlarına ulaşım Trabzon-Erzincan transit yolu üzerinden stabilize yollarla sağlanmaktadır (Şekil 1a). Ölçülen kesitlerin olduğu alanlar g-42, h-42 ve h-43 100.000 liklerinin kesişim alanından yer almaktadır. İnceleme alanı Trabzon H43-a1 paftasında yer almaktadır (Şekil 1b).



Şekil 1. Çalışma sahasının yer bulduru ve ulaşım haritası (a), Çalışma sahasının morfolojik yapısını gösterir harita (Görüntü Google Earth'den alınmıştır) (b).

1.4. Bölgesel Jeoloji

Tez kapsamında çalışılan bölge ve incelenen ölçülü stratigrafik kesitler Sakarya Zonu'nun (Şekil 2) (Okay ve Tüysüz, 1999) doğusunda Gümüşhane ilinin güneydoğusunda yer almaktadır.



Şekil 2. İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).

Gümüşhane ve yakın yöresindeki kayaçlar Paleozoyik'ten günümüze kadar uzanan bir süreçte şekillenen, 1950'lerden günümüze pek çok farklı amaçla, farklı araştırmacılar tarafından farklı adlarla tanıtılmışlardır. Genellikle stratigrafik adlama kurallarına uyulmadan yapılan bu tanıtımlar zaman zaman stratigrafik anlamda karışıklıklara neden olsa da güncel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Berdiga Formasyonu, Kermutdere Formasyonu vb.). Ana çizgileri itibari ile benzer jeolojik özelliklere sahip olan Gümüşhane ve Bayburt yöreleri yersel bazı farklılıklar sunsada, bu çalışmada benzer birimlerin tanıtımı olabildiğince aynı adla yapılmıştır.

Bölgenin en yaşlı temel kayaları, Erken Karbonifer yaşlı metamorfitler (Pulur Metamorfitleri), bunları keserek yerleşen Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitik kayaçlar

(Gümüşhane Plütonları) ve bu Hersiniyen temel üzerine uyumsuzlukla gelen Permo-Karbonifer yaşlı tortul kayalardan oluşmaktadır.

Erken Karbonifer yaşlı metamorfitle (Topuz vd., 2007) ve metamorfite keserek yerleşen Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitoidler (Topuz vd., 2011; Dokuz, 2011) Sakarya Zonu'nun Jura öncesi temeline ait en yaşlı kayalardır (Şekil 3). Bu birimler, yüzeyleme alanı bakımından batıya doğru azalan oranlarda olmakla birlikte, Sakarya Zonu'nun hemen her yerinde izlenirler. Erken Karbonifer yaşlı metamorfitle kendi içerisinde düşük dereceli ve yüksek dereceli olmak üzere iki grubu ayrılırlar. Düşük dereceli metamorfitle; fillit, okyanus ortası sırtı bazalt karakterli meta-bazit, lerzolit, yay önü karakterli harzburgit ve az oranlarda da karbonatlı fillit, mermer, metaçört ve kuvarsfeldispatik şist gibi kayalardan oluşmaktadır (Topuz vd., 2004; Dokuz vd., 2011). İkinci grubu oluşturan yüksek dereceli metamorfitle kuvarsfeldispatik gnays, şist ve çok az oranlarda da amfibolit içermektedir. Temeli oluşturan metamorfitle, başlıca granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, granit ve dasitlerden oluşan Gümüşhane Graniti, Gümüşhane Plütonu veya Gümüşhane Batoliti (Yılmaz, 1972; Coğulu, 1975) ve Köse Kompozit Plütonu (Dokuz, 2011) gibi değişik adlar altında incelenen Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitoyitik kayalar tarafından kesilmektedir (Şekil 3).

Metamorfite ve granitlerden oluşan temel üzerine uyumsuz olarak, bentik foraminifer fosil bulgularına dayanılarak Permo-Karbonifer yaşı verilen tortul kayalar gelirler (Leven ve Okay, 1996; Kandemir ve Lerosey-Aubril, 2011). Bu birimler, altta kumtaşı ve konglomera ara seviyeleri içeren sığ denizel karbonat düzeyleri (Çatalçeşme Formasyonu) içeren tortul kayalar ile başlayıp üste doğru kumtaşı ve konglomeralardan oluşan kaba kırıntılı (Hardiş Formasyonu) kayalardan oluşmaktadır.

Hersiniyen temel üzerine Erken-Orta Jura yaşlı birimler uyumsuz olarak gelir (Şekil 3). Bu birimler Gümüşhane ve yakın yöresinde 2-2200 metre arasında kalınlık farkına sahiptirler. Söz konusu birim doğu Sakarya Zonu'nun güney kesiminde değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla anılmışlardır (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Telmeyaylası Formasyonu, Turan, 1978; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Açar, 1977; Zimonköy Formasyonu, Eren, 1983; Şenköy Formasyonu, Yılmaz ve Kandemir, 2003). Şenköy Formasyonu; veezit, diyabaz, bazalt, aglomera, tüf ve tüfitlerden oluşan volkanik ara seviyeler içeren yersel çakıltası, dereceli kumtaşı, marn, kıltaşı ve kumlu kireçtaşı ile "Calcarei Ammonitico Rosso" (CAR) fasiyesinde gelişmiş; bol ammonit, belemnit, bivalv, sünger, crinoid, gastropod içeren;

kırmızı renkli ve yumrulu kireçtaşlarından oluşmaktadır (Kandemir, 2004; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Birim, yukarıda belirtilen kaya türlerinin yanında taban ve tavana yakın kömürlü seviyelerde içermektedir. Çok geniş alanlarda yüzeyleme veren ve kısa mesafelerde kalınlık ve ani fasiyes değişimleri sunan birimin tipik bir rift ortamında çökeldiği konusunda literatürde fikir birliği vardır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür vd., 1983; Yılmaz, 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz, 2002; Kandemir, 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Kandemir vd. 2021). Doğu Sakarya Zonu'ndaki Geç Jura-Erken Kretase dönemi, Erken-Orta Jura dönemindeki riftleşmenin ardından, tektonik ve magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık gelmektedir. Bu zaman aralığında tüm bölgede karbonat çökelişi hakimdir. Gümüşhane ve yakın civarında söz konusu sakin dönemde, Şenköy Formasyonu üzerine Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) gelmektedir (Şekil 3). İki birim arasındaki dokanak yer yer uyumsuz olarak düşünülmektedir. Berdiga Formasyonu olarak adlandırılan karbonatlar, yer yer masif katmanlı, taban seviyeleri genellikle dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan, üst seviyeleri çört yumru ve bantları içeren sığ denizel, bazı seviyeleri bol bentik foraminifer fosilleri içeren neritik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Taslı, 1992; Kırmacı, 1992).

Geç Kretase'den itibaren Doğu Sakarya Zonu'nun kuzey ve güneyi stratigrafik olarak farklı litolojiler göstermeye başlar. Kuzeyde yoğun bir magmatik aktivitenin etkisi varken güneyde ise magmatik aktiviteden uzak türbiditik karakterli bir istif çökelmiştir. Gümüşhane yöresinde Üst Kretase istifi tabanı tezin çalışma konusunuda oluşturan, ince-orta tabakalanmalı, sarı renkli kumlu kireçtaşları ve yer yer konglomeralardan oluşmaktadır. Bu birim çalışma alanında Kındıralık Dere Formasyonu (Pelin, 1977) olarak adlandırılmıştır. Bu birim üzerine ince tabakalanmalı kırmızı-mor, şarabi renkli bol Globotruncana ailesine ait pelajik foraminiferler içeren mikritik kireçtaşları ile devam ederek (Elmalı Dere Formasyonu-Pelin, 1977), gri, yeşil renkli tuf ara seviyeleri içeren ince-orta tabakalanmalı kumtaşı, kıltaşı ve marn aralanması ile son bulmaktadır (Tepeköy Formasyonu- Pelin, 1977). Güneyde gözlenen bu çökel topluluğu Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak tanıtılmıştır (Şekil 3).

Stratigrafiyi oluşturan tüm bu birimler Gümüşhane yöresinde, tabandan yersel olarak konglomeralar ve nummulitli kireçtaşları ile başlayan üste doğru bazalt, andezit ve piroklastlarıyla devam eden Alibaba Formasyonu olarak adlandırılan Eosen yaşlı volkano-tortul birim tarafından uyumsuzlukla örtülür (Tokel, 1972). Yöredeki en genç kayaçlar traverten ve alüvyonlardan oluşmaktadır (Şekil 3).

SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Neojen	Kuvaterner				Yamaç molozu / Alüvyon Traverten
Paleojen	Eosen		Kabaköy		Kumtaşı, çamurtaşı ara seviyeleri içeren bazalt, andezit ve bunların piroklastikleri Nummulitli kumlu kireçtaşları
Kretase	Üst Kretase		Tepeköy		İnce-orta tabakalanmalı, gri-yeşil renkli türbiditik karakterli kumtaşı, kiltaşı ve marn aralanması
			E.D.		İnce-orta tabakalanmalı, kırmızı-şarabi renkli, mikritik kireçtaşları
			K.D.		Sarı renkli, ince-orta-kalın tabakalanmalı kumlu kireçtaşları
			Berdiga		Masif ve orta-kalın tabakalı dolomit ve kireçtaşları
Jura	Alt-Orta		Şenköy		Bazaltik-andezitik litik tüf, volkanojenik kumtaşı, şeyl, bazalt, andezit, konglomera ve bol makro fosilli kırmızı kireçtaşı ve marnlar
Karbonifer	Alt				Gnays ve şistler
	Üst				Granitik kayalar
		Pulur Gümüşhane Granitoidi			

Şekil 3. Gümüşhane yöresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

1.5. Önceki Çalışmalar

Pelin (1977), “Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi” adlı çalışmada, Gümüşhane ve yakın civarında yüzeyleyen birçok birimi adlandırmıştır. Yazar teze konu oluşturan Üst Kretase yaşlı

birimleri 3 Formasyon altında incelemiştir. Bunlar sırasıyla; kumlu kireçtaşlarından oluşan Kındıralık Dere Formasyonu, kırmızı kireçtaşlarında oluşan Elmalı Dere Formasyonu ve turbiditlerden oluşan Tepeköy Formasyonu'dur.

Hacıosmanoğlu (1983), "Kale-Vauk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi" adlı çalışmasında Üst Kretase yaşlı kayaçları tabandan tavana kadar ayrıntılı olarak tanıtmış ve başlangıçta sığ ortam özelliğinde olan yörenin Üst Kretase sonlarına doğru derin deniz ortamına dönüştüğünü vurgulamıştır.

Eren (1983), "Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi" konulu çalışmasında Üst Kretase yaşlı çökelleri "Kermutdere Formasyonu" adı altında toplayarak, bunları kumlu kireçtaşı üyesi, kırmızı kireçtaşı üyesi ve türbidit üyesine ayırmıştır. Doğu Pontidler'de Üst Kretase yaşlı oluşukların transgresif olarak daha yaşlı oluşuklar üzerine geldiğini, yersel farklılıklar dışında, genelde Üst Kretase yaşlı tortuların türbiditik karakterde olduğunu ve Eosen'in transgresif özellikte geliştiğini belirtmiştir.

Gedik vd. (1996), "Doğu Pontidler'in Jeolojik Gelişimi" başlıklı çalışmalarında Orta veya Geç Kretase'de başlayan genel sıkışma rejiminin, okyanusal litosferin güneye doğru yitime uğramasına neden olduğunu ve bu olayın da Pontid bloğunda bir magmatik yay oluşumunu sonuçladığını belirtmişlerdir. Bu magmatik yay, Pontid bloğunu iki farklı fasiyese ayırmıştır. Kuzeyde lav ve piroklastların egemen olduğu yay önü bir havza; güneyde ise sedimanter kayaçların egemen olduğu, çok az magmatik etkinlikli yay gerisi bir havza gelişmiştir. Araştırmacılar, Kretase ve Tersiyer dönemlerindeki sıkışmaya bağlı kabuk hareketlerinin Alpin orojenezinin bir sonucu olduğunu belirterek, Tokel (1972) tarafından "Kermutdere Formasyonu" olarak adlandırılan kırmızı-morumsu renkli marn veya killi kireçtaşlarından oluşan Üst Kretase yaşlı birimin kıta yamacında oluştuğunu ve bu birimin üzerindeki sıkışma döneminin ürünleri olan flişlerin de yükselme ve buna bağlı olarak gelişen aşınmanın ürünü olarak kabul etmişlerdir.

Yılmaz (1997), Gümüşhane yöresindeki karbonat platformunun Jura-Alt Kretase ekstansiyonel tektonik hareketlerle Albiyen sürecinde kırıldığını, platform ve havza çökelleri arasındaki ilişkileri yöredeki Berdiga ve Kermutdere Formasyonlarının sunduğunu belirtmiştir. Platform ve havza çökellerini sırasıyla küçük bentik foraminiferli kumtaşı/istiftaşı, tanetaşı, breşik kireçtaşı, türbiditler ve pelajik foraminiferli kumtaşlarından oluştuğunu vurgulamıştır. Yamaç/havza çökellerinin sedimantolojik karakterleri ve platform-havza arasındaki ilişkilerin yapısal modellemesi, platform-havza

geçişinin tektonik uyumsuzluk ile kontrol edildiğini belirtmiştir. Yazar ayrıca, bu faylı havzaların rift ve kıtasal havzalarla da bazı benzerlikler gösterdiğini de belirtmiştir.

Eren ve Taslı (2002); Gümüşhane-Kale, Kilop alanında yaptıkları çalışmada Berdiga Formasyonu ile üzerine gelen Üst Kretase birimlerinin dokanağını incelemiş ve dokanakta bir stratigrafik boşluk (hiyatüs) olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar yapmış oldukları gözlemlerde inceledikleri düzeyin bir sert zemin (hardground) yüzeyi olduğunu ve *Skolithos* ve *Thalassinoides* tipi iz fosillerinin bulunduğunu ve ayrıca yüzeyde Neptüniyen Daykların varlığını belirtmişlerdir. Sert zeminin Doğu Pontid karbonat platformunun parçalanması ile ilgili olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada Hardground'un sığ denizel ortamda düşük sedimantasyonla oluştuğunu ve daha sonra hızlı bir şekilde yüzeyin üzerinde pelajik sedimantasyonun başladığını belirtmişlerdir.

Kandemir (2004); doktora tezinde, Gümüşhane ve yakın çevresinde Gümüşhane Graniti üzerinde uyumsuzlukla yer alan üstten ise Berdiga Formasyonu tarafından uyumlu üstlenen birimleri Şenköy Formasyonu olarak adlandırmıştır. Ayrıca daha önceki çalışmalarda yaşı çoklukla Erken Jura olarak belirtilen birimin, bu çalışmada elde edilen paleontolojik-palinolojik ve fasiyes bulgularına dayandırılarak yaşı Hettangiyen-Bathoniyen olarak sınırlandırmıştır.

Yılmaz ve Kandemir (2006), Gümüşhane Mesozoyik havzalarındaki çökelleri inceledikleri çalışmada Mesozoyik istifinde dört adet ekstansiyon safhasının ve iki adet sakin/duraylı safhanın olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada Gümüşhane yöresinde Senomaniyen'den Maastrihtiyen sonuna kadar üç ekstansiyonel periyodun olduğu vurgulanmış ve bu safhaların sedimantolojik delilleri olarak; farklı seviyelerdeki neptüniyen dayklar, sığ denizel kireçtaşları, tabaka kalınlığı ve tane boyu yukarıya doğru incelen sekansların varlığı, karışık faunal birliktelik, mikro-türbiditik yapılar, sedimanter faylar, graben- yarı grabenler, pelajik kireçtaşları, kalsitürbiditler, kalınlık ve fasiyesdeki yatay ve düşey ani değişiklikler, platform-havza geçişi, monojenik breşleri sunmuşlardır.

Yılmaz vd. (2008), Gümüşhane ve yakın civarında yaptıkları çalışmada Kermutdere Formasyonu'nu tabandan tavana üç ayrı çökel topluluğu olarak yorumlamıştır. Yazarlar çalışmada çökellerin ve ekstansiyonel rejim ile ilişkili platformdan havza ortamına kadar farklı ortamlarda çökeldiğini vurgulamışlardır. Doğu Pontid Karbonat Platformu'nun Geç Kretase zamanında kama şeklinde geometriye sahip olarak graben ve yarı graben havzalarında oluştuklarını belirtmişlerdir.

Kılıç (2009), “Gümüşhane-Bayburt Yöresi Kretase-Tersiyer Geçişinin Foraminifer Ve Sedimentoloji Kayıtları” adlı doktora çalışmasında, çok farklı kalınlık ve fasiyeste çökel içeren Üst Kretase-Tersiyer yaşlı kayaçların yayılım, dağılım, kaya türü, çökel yapı-doku-mikro ve makro fauna karakteristikleri, fosil içerikleri ile biyostratigrafik verilerini ortaya koymaya çalışmıştır. Bu amaçla Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde 7 pilot alandaki ayrı noktalardan 12 adet ölçülü stratigrafik kesit çalışılmıştır. Çalışmada, Üst Kretase istifinin Gümüşhane yöresinde taban monojenik breş/konglomera ve ince-orta tabakalı, kumlu kireçtaşları ile başlayan Kermutdere Formasyonu’ndan oluştuğunu, üste doğru ince tabakalı, mikritik kireçtaşları ile devam ederek, tuf ara seviyeli kumtaşı-marn-kiltaşı ardalanması ile son bulduğunu belirtmiştir. İçerdiği globotruncanid türü fosillere göre birime Santoniyen-Orta Kampaniyen yaşı verilmiş olup, birim içerdiği fauna ve sedimanter yapılar itibariyle derin deniz ortamını karakterize ettiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında, Gümüşhane yöresinde Üst Kretase çökellerinin ekstansiyonel tektonik ortam koşullarında oluştuğu belirtilmiştir. Maden (Bayburt) yöresinde ise Üst Kretase sürecinde Kapıkaya Formasyonu olarak adlandırılan kabataş, yüzentaş ve bağlamtaşı dokusunda yığılımlar oluşturan resifal ortam özelliği taşıyan çökellerin biriktiği vurgulanmıştır.

Akdoğan (2011), Karadeniz Teknik Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü bünyesinde yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, Erken-Orta Jura yaşlı kayaçlardan elde ettiği kumtaşı ve şeyllerden jeokimyasal verileri değerlendirmiştir. Kırıntılı kayaçlarda felsik bileşenlerin oranını temsil eden Th ve U gibi iz elementler ile mafik bileşenlerin oranını temsil eden Sc ve Cr gibi iz elementlerin geniş aralıklar sunduğunu belirtmiştir. Çalışmacı bu durumu, kayaçların kaynak alanlarında felsik kayaçların yanı sıra önemli oranlarda mafik kayaçların da bulunması gerektiğine bağlamıştır. Kayaçlardan elde ettiği tüm kayaç jeokimyasının ada yayı, aktif kıtasal kenar ve pasif kıtasal kenar gibi farklı tektonik ortamları tanımladığını ve bu çökellerin hem aktif volkanik yaydan hem de kıtasal kenardan malzeme alabilecek konumda havzalar olduklarını belirtmiştir.

1.6. Sedimanter Kayaçlarda Jeokimyasal Çalışmalar

Dünyanın tarihinin ortaya konulmasında en önemli arşivlerden biri olarak kabul edilen kırıntılı sedimanter kayaçlar, aşınma, taşınma çökelme ve diyajenezleri gibi sedimanter süreçleri boyunca meydana gelen jeolojik olayların izlerini bünyelerinde

taşırılar. Kırıntılı çökellerin, minerolojik ve jeokimyasal bileşimleri, ana tektonik ortamları, kaynak kaya litostratigrafleri, ayrışma ve taşınma proseslerinin yanı sıra çökelme koşulları ve diyajenetik evrimleri gibi çeşitli faktörler tarafından kontrol edilir (Bhatia, 1983; Roser ve Korsch, 1988; Mackenzie, 2005; Dickinson vd., 1983; McLennan vd., 1993; Nesbitt ve Young, 1996). Bu sebeple, son yıllarda çökel kayaları çalışanlar, kırıntılı sedimanter kayaçların gerek mineralojileri gerekse jeokimyasal özelliklerine odaklanmışlardır. Birçok araştırmacı, mineralojik ve jeokimyasal analizler ile kırıntılı sedimanter kayaçlardaki kaynak alan ve tektonik ortamlarının jeokimyasal özellikleri ile ilişkili olduklarını vurgulamışlardır. Özellikle de kırıntılı sedimanter kayaçların jeokimyasının tektonik anlamlarının yorumlamaları ilk olarak Middleton (1960) tarafından yapılan çalışmaya dayanmaktadır. Middleton (1960) kırıntılı sedimanter kayaçların, jeokimyasal özelliklerine bağlı olarak farklı tektonik ortamlarında geliştiklerini ortaya koymuş ve bu ortamları üç ayrı grup altında toplamıştır. Bunlar başlıca, tafrojeosenklinal, eu-jeosenklinal ve exo-jeosenklinaldır. Kırıntılı sedimanter kayaçlarda yapılan bu ayrımlamalar, başlıca K_2O/Na_2O ve alkali/ Al_2O_3 oranlarına göre yapılmıştır. Bunların yanı sıra, kırıntılı sedimanter kayaçların petrografik çalışmalarından (Dickinson ve Suczek, 1979) sonra, kırıntılı sedimanter kayaçların jeokimyasal bileşimleri incelenerek, farklı tektonik ortamlar ile ilişkili kırıntılı sedimanter kayaçların ana elementlerin yayılımları baz alınarak ayırlama (discriminant) çalışmaları yapılmış ve çeşitli diyagramlar geliştirmişlerdir (Bhatia, 1983). Bu çalışmalarda, kırıntılı sedimanter kayaçların Fe_2O_3+MgO , TiO_2 , Al_2O_3/SiO_2 oranlarında azalmalar ve K_2O/Na_2O ve $Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$ oranlarındaki artışlar özellikle okyanusal ada yayından kıtasal ada yayına, aktif kıtasal kenarlara ve pasif kenarlara ilişkilendirilir (Bhatia, 1983). Buna göre, kırıntılı sedimanter kayaçların olgunlukları durumunda kuvars içeriklerindeki artışa ve duraysız kırıntılı tanelerdeki azalmalarına bağlı olduğu ortaya konulmuştur. Bunların yanı sıra, kaynak alan litolojilerindeki değişimler sebebiyle, kayaçların SiO_2/Al_2O_3 ve K_2O/Na_2O oranlarının artışı ile kayaçların olgunlukları ile ilişkilendirilebilir (Bhatia, 1985). Benzer şekilde, SiO_2 ve K_2O/Na_2O oranlarının da, kayaçların tektonik ortamların ayrımları ve kaynak alanlarının belirlenmesinde kullanıldığı ortaya konulmuştur (Roser ve Korsch, 1986). Araştırmacılar, bu çalışmada, tektonik ortamları, pasif kenar, aktif kıtasal kenar ve okyanusal ada yayı olarak ayırmışlardır. Bunların yanı sıra, kırıntılı sedimanter kayaçların iz element analizlerine dayanarak, LREE, V, Sc ve Ba/Rb, K/Th ve K/U oranlarındaki farklılıklara göre tektonik ortamlarının pasif kenar, okyanusal ada

yayı, kıtasal ada yayına, aktif kıtasal kenar ayrımlarılmalarda kullanılmıştır (Bhatia ve Crook, 1986). Daha sonraki çalışmalarda ise, kaynak alan litolojileri ve tektonik ortam yorumlarında, özellikle ince taneli kayaçların detaylı olarak analiz edilebilmesi, ayrıışmış kayaçların analiz edilebilmesi, petrografik olarak tanımlanması güç bileşenlerin tanımlanması, ve kayaçların kaynak alanlardan havzaya gelişimi sırasında başına gelen sedimanter süreçlerin geçmişinin ortaya konması açısından jeokimyasal çalışmaların petrografik çalışmalara önemli katkılar koyduğu ortaya konmuştur (McLennan vd., 1993). Bunların yanı sıra, özellikle birkaç on yıl içerisinde, kırıntılı sedimenter kayaçlar gerek tektonik evrim gerekse petrol kaynaklarının araştırılmasına odaklanan sedimantologların odak noktası haline gelmiştir. Çok sayıda bilim insanı, sedimanter kayaçların kaynak alan ve jeodinamik ortamlarını belirleme de jeokimyasal verilerin kullanımında zorluklarını vurgulamıştır (Van de Kamp ve Leake, 1985; Nesbitt ve Young, 1989; Milodowski ve Zalasiewicz, 1991). Buna rağmen arazi gözlemleri, petrografik analizler ile desteklenmiş jeokimya çalışmaları dünya yüzeyinde jeolojik zamanlar boyunca meydana gelen sedimanter süreçlerin daha iyi anlaşılmasında yeni çıkarımlar sağlamak için güçlü bir araç olduğu geniş çapta kabul gördüğü ortaya konulmuştur (Taylor ve McLennan, 1985; Roser ve Korsch, 1986; Wronkiewicz ve Condie, 1987; Nesbitt ve Young, 1989; McLennan, 1989; McLennan ve Taylor, 1991; McLennan vd., 1993; Verma ve Altrin, 2016; Chen ve Robertson, 2019; Garzanti, 2019). Bu nedenle, sedimanter jeolojinin birçok alanında çalışan sedimantologlar, sedimanter kayaçların ana oksitleri ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$, TiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ vb.), redoks duyarlı elementler (Cr, Ni, Cu, Mo, V, Co, Sc vb.) ve nadir toprak elementleri (REE'ler) özelliklerine odaklanmışlardır (Dickinson, 1970; McLennan vd, 1993; Critelli, 2018; Löwen vd., 2018; Mohammedyasin ve Wudie, 2019; Lin vd., 2019; Gao vd., 2020; Rahman vd., 2020; Kandemir vd., 2021).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, saha, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere 3 ana başlık altında toplanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Gümüşhane yöresinde yüzeyleme veren Geç Kretase yaşlı Kındıralık Dere Formasyonu'nun sedimantolojik, jeokimyasal, paleontolojik ve tektono-stratigrafik özelliklerinin ortaya koyulmasıdır.

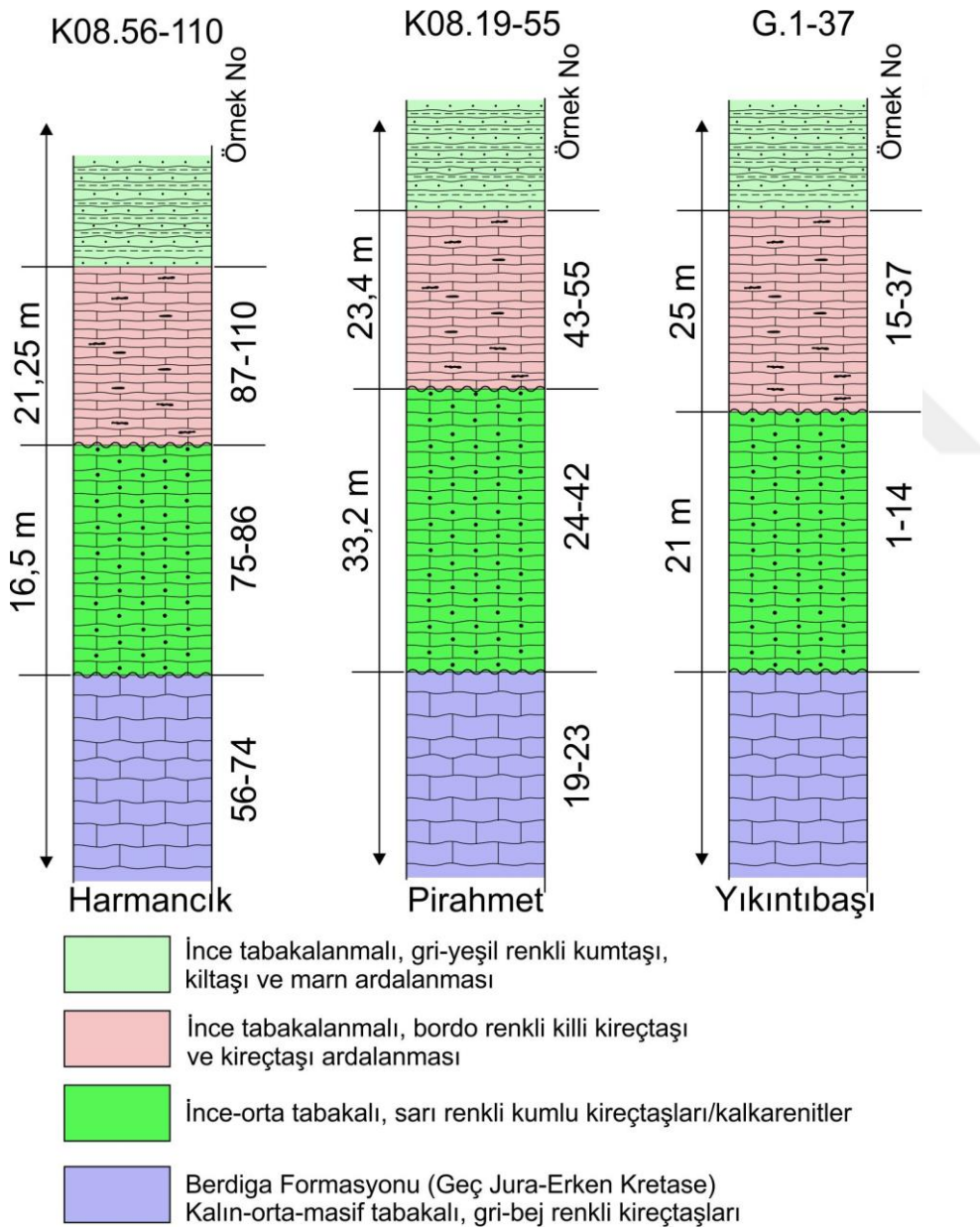
Bu amaçla birimden farklı hatlar boyunca üç adet ölçülü stratigrafik kesit alınmıştır. Bu ölçülü stratigrafik kesitlerdeki fosil faunayı tanımlamak ve petrografik inceleme için alınan kayaç örnekleri ile bunlardan yapılan ince kesitlerin yanı sıra saha gözlemleri temel verileri oluşturmaktadır. Tez kapsamında yapılan çalışmalar üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında detaylı bir kaynakça taraması yapılmış, literatüre ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünün tez yazım kurallarına uygun bir şekilde tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

2.1. Saha Çalışmaları

Saha çalışmalarının önemli bir bölümünü ölçülü stratigrafik kesitler (ÖSK) oluşturmaktadır. ÖSK'lar alınırken daha önce incelenmemiş alanlar tercih edilmeye çalışılmıştır. ÖSK alımı, birimin tabanından tavanına doğru tabakalanma doğrultusuna mümkün olduğunca dik bir hat boyunca alınmıştır. ÖSK sırasında litostratigrafi birimleri tanımlanarak, tektonik özellikleri de dikkate alınmıştır. ÖSK ölçülürken litolojik değişimler için istifin dikey ve yatay yönlerde sunduğu değişimler dikkatle incelenerek kesit hattına karar verilmiştir. Kındıralık Dere Formasyonu'ndan üç farklı lokasyondan ÖSK alınmıştır. Üç adet ÖSK'dan sedimantolojik ve paleontolojik inceleme amaçlı toplam 140 adet örnek alınmıştır.

Belirlenen ÖSK alım yerleri başlangıç ve bitiş noktaları GPS (küresel konumlama sistemi) ile belirlenerek, ÖSK'lar şerit metre yardımı ile ölçülmüştür. ÖSK hatları boyunca değişimleri karakterize edecek sayıda örnek alınmıştır. ÖSK'lar çıkarılırken, birimin tabaka kalınlığı, tane boyu, fosil içeriği, çökel yapılar, çökellerin göstermiş oldukları fasiyes özellikleri ve litolojik değişimler gibi özellikleri detaylandırılıp kayıt altına alınmıştır.

Pirahmet ÖSK; Gümüşhane-Pirahmet yerleşim yerinin kuzeydoğusundan alınan kesit 104,20 metre kalınlıkta olup, birim içinden de 32 adet el örneği toplanmış ve 32 adet ince kesit hazırlanmıştır. Harmancık ÖSK; Gümüşhane-Torul arasındaki Harmancık Köyü sınırları içerisindeki taşocağının doğuya bakan yamacından alınan kesit 85,35 metre kalınlıkta olup 64 adet el örneğinden ince kesitler yapılmıştır. Yıkıntibaşı ÖSK; Kale (Gümüşhane)-Erzurum yolu üzerinde Keçikaya Köyü yol ayrımından alınmış kesit 93,60 metre kalınlıkta olup, 44 adet örnek değerlendirilmiştir. Değerlendirilen örneklere göre aşağıdaki şekil hazırlanmıştır.(Şekil 4).



Şekil 4. Kındıralık Dere Formasyonu'ndan alınan ÖSK'lar.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Araziden alınan el örneklerinin petrografik amaçlı mikroskop altında incelenebilmesi için laboratuvar da çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Alınan örneklerin paleontolojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitler hazırlanmıştır. Örnekler ince kesit için; elmas kesici bıçakları olan makinede uygun boyutlu küçük dikdörtgen küpler halinde kesilerek, bir yüzeyindeki pürüzler aşındırıcılar ile giderildikten sonra kurutularak, 4 mm kalınlığında 4,5x6 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu ile yapıştırılmıştır. Diğer yüzeyi de dereceli aşındırıcılar yardımı ile en uygun kalınlığa getirilmesinden sonra inceltilecek kesitler mikroskopta incelemeye hazır hale getirilmişlerdir.

Hazırlanan ince kesitlerde kayaçların içerikleri (fosiller kapsamı, mikrofasiyes özellikleri ve bileşenleri) detaylı olarak incelenmiştir. ÖSK'daki tüm bileşenler tanımlanarak, ÖSK boyunca göreceli bolluk değerleri ile paleontolojik özelliklerini ortaya koyabilmek için fosiller belirlenmiş ve kayaçları oluşturan bileşenler ortaya çıkarılmıştır.

Sahadan alınan örneklerden Pirahmet ÖSK'sında yer alan kumtaşlarının jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Örneklerin jeokimyasal analiz için hazır hale getirilme işlemleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Petrografik incelemeler sonunda analiz için uygun görülen 7 adet kumtaşı/kumlu kireçtaşı örneği öncelikle çekiç yardımıyla daha küçük boyuta indirildikten sonra çeneli kırıcı yardımıyla cm boyutuna kadar küçültülmüştür. Bu işlemten sonra krom alaşımlı çelik halkalı öğütücüde örnekler ince toz haline getirilmiştir. Halkalı öğütücü ile toz haline getirilen örneklerden 50-100 gram'lık toz örnek paketleri hazırlanmıştır. Hazırlanan Kındıralık Dere Fomasyonu'na ait kumtaşı/kumlu kireçtaşı örneklerinin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır. Bu analizler Kanada/Vancouver'da ACME Analitik Laboratuvarlarında yapılmıştır. Ana oksit ve iz elementler ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry) yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemiyle analiz edilmiştir.

Kimyasal ayrışmanın değerlendirilmesine yönelik olarak kimyasal alterasyon indeksi (CIA; Nesbitt ve Young, 1982) ve kimyasal ayrışma indeksi (CIW; Harnois,

1988) önerilmiştir. Bu parametreler, feldispatın kil minerallerine dönüşümünü yansıtır ve kaynak alanın bozuşma geçmişini izlemek için kullanılır.

Kimyasal alterasyon indeksi (1) denklemi kullanarak, kimyasal ayrışma indeksi ise (2) denklemi kullanılarak hesaplanır.

$$(1): CIA = Al_2O_3 / [Al_2O_3 + K_2O + CaO^* + Na_2O] * 100$$

$$(2): CIW = Al_2O_3 / [Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O] * 100$$

CaO* silikat fraksiyonundaki CaO içeriğini gösterir ve $CaO^* = CaO - 10/3 \times P_2O_5$ olarak hesaplanır (McLennan vd., 1993). Tüm ana oksitler, CIA ve CaO* hesaplamaları için molar oranlardadır. CaO*'nın molar oranı, Na₂O'nun molar oranından daha az ise, o zaman CaO*, silikat fraksiyonundaki CaO'nun temsilcisi olarak kabul edilir. CaO*'nın molar oranı Na₂O'nun molar oranından büyükse, Na₂O'nun molar oranı CaO* olarak alınır. Buna ek olarak, CIA hesaplamalarında, eski kırıntılı kayalara çökeltme sonrası K ilavesinden etkilenir, bu nedenle CIW hesaplamalarında ise K içermeyen bir indeks olarak tercih edilir (Harnois, 1988; Mohammedyasın ve Wudie, 2019).

Önceki jeokimyasal çalışmalar kil minerallerinin silikat mineralleri farklı oranlarda alüminyum içerikleri ile temsil edilir, kırıntılı sedimanter kayaların kimyasal çeşitliliğini ortaya koymak için farklı kimyasal parametreler önerilmiştir (örneğin; ICV; Cox vd., 1995). ICV ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$ICV = [(Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO + MgO + MnO + TiO_2) / Al_2O_3]$$

Ayırtlama fonksiyonları (Discriminant function 1, F1 ve Discriminant function 2, F2; Roser ve Korsh) aşağıdaki fonksiyonlar ile hesaplanır.

$$F1 = 0,0447SiO_2 - 0,972TiO_2 + 0,008Al_2O_3 - 0,267Fe_2O_3 + 0,208FeO - 3,082MnO + 0,140MgO + 0,195CaO + 0,719Na_2O - 0,032K_2O + 7,510P_2O_5 + 0,303$$

$$F2 = -0,421SiO_2 + 1,988TiO_2 - 0,526Al_2O_3 - 0,551Fe_2O_3 - 1,610FeO + 2,720MnO + 0,881MgO - 0,907CaO - 0,177Na_2O - 1,840K_2O + 7,244P_2O_5 + 43,57$$

Ortalama (La/Yb) N oranı (burada alt simge 'N' normalizasyonu temsil eder). Çalışılan örneklerin göreceli bollukları için kondrit veya PAAS değerlerine normalize edilerek korelasyonları yapılmıştır. Buna ilaveten, genel karşılaştırılma için, daha önceki çalışmalarda analizleri verilen Üst kabuğun (UC, Taylor ve McLennan, 1985), Post-Archean Avustralya Şeyli (PAAS, Taylor ve McLennan 1985) gibi referans değerler ile karşılaştırılmıştır.

2.3. Ofis Çalışmaları

Ofis çalışmaları kapsamında, tezde işlenecek konu ve amaç ortaya çıktıktan sonra çalışma bölgesinin jeolojik tarihçesine yönelik önceki çalışmalar yurtiçi ve yurtdışı araştırmaları olmak üzere tez, bildiri, rapor ve makaleler ile jeolojik-topografik haritalar derlenerek, çalışma bölgeleri hakkında gerekli bilgiler toplanmıştır. Kındıralık Dere Formasyonu'nun sedimantolojik ve jeokimyasal özelliklerini içeren tez konusunda, saha ve laboratuvar çalışmalarında elde edilen bilgiler, bilgisayar ortamında CorelDraw ve Microsoft Office yazılımları kullanılarak, ÖSK'lar, çeşitli haritalar ile tamamlayıcı şekil ve fotoğraflar üretilmiştir. Üretilen bu veriler Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzu esas alınarak bu tez hazırlanmıştır.

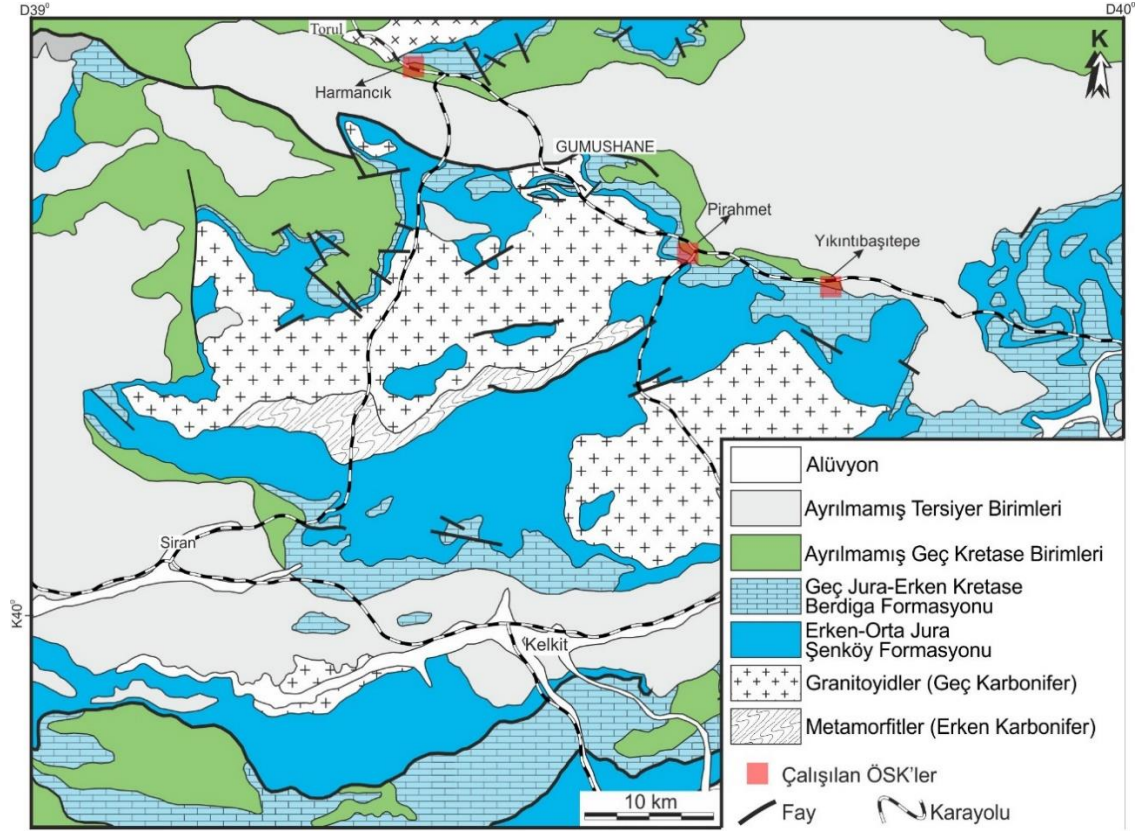
3. BULGULAR

3.1. Giriş

Kındıralık Dere Formasyonu ilk kez Pelin (1977)' in "Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi" adlı çalışmasında adlandırılmıştır. Yazar bu çalışmada Kındıralık Dere Formasyonu'nu karbonatlı sahil şeridi fasiyesinde gelişmiş olduğunu ve çökelme zamanının Turoniyen-Alt Senoniyen olduğunu belirtmiştir. Pelin (1977) yapmış olduğu çalışmada, formasyonun Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuz olarak oturduğunu, üstten ise şarap kırmızısı renginde mikritik kireçtaşlarından oluşan Elmalı Dere Formasyonu tarafından örtüldüğünü vurgulamıştır. Yapılan çalışmada formasyonun tabandan tavana; en altta kalın tabakalı seyrek çakıllı kireç çimentolu konglomeralarla başladığı, bej renkli orta tabakalanmalı *Milliolidea*'lı kumlu sparitik kireçtaşlarıyla devam ettiğini, bej renkli kalın tabakalı *Milliolidea*'lı ve küçük *Pelecypod*'lu kumlu sparitik kireçtaşlarıyla devam ederek bej renkli, ince tabakalı nadir *Globotruncana*'lı kaba kumlu sparitik kireçtaşlarıyla son bulduğunu belirtmiştir. Formasyonun toplam kalınlığı çalışmada 51 metre olarak belirtilmiştir. Pelin (1977) ayrıca yaptığı çalışmada formasyonun içerdiği litolojik özelliklerin çalışma alanının tümünde izlendiğini belirtmiştir.

3.2. Sedimanter Petrografik Çalışmalar

Yüksek lisans tezi kapsamında Gümüşhane yöresinde yüzeyleme veren en tipik Üst Kretase yüzlekleri seçilmiştir. ÖSK'ların seçildiği alanlar; Pirahmet ÖSK, Trabzon H43-a1, Harmancık ÖSK, G42-c4 ve Yıkıntıbaşı ÖSK, H43-a2 paftaları içerisinde yer almaktadır. Bu yüzleklerden üç adet ölçülü stratigrafik kesit çıkarılmış olup, kesitlere Trabzon-Erzurum ve Trabzon-Erzincan Devlet karayolu ile ulaşım sağlanabilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Gümüşhane ve yakın yöresinin jeoloji haritası (Güven 1993'den değiştirilmiştir) ve ÖSK lokasyonları.

3.2.1. Ölçülü Stratigrafik Kesitler

Belirlenen ÖSK alım yerleri GPS ile belirlenerek, şerit metre ve kırık metre yardımıyla ölçülmüştür. ÖSK hatları boyunca litolojideki değişimleri karakterize edecek sayıda örnekler alınmıştır. ÖSK'lar alınırken, birimin tabaka kalınlığı, tane boyu, fosil içeriği, sedimanter yapılar, çökellerin göstermiş oldukları fasiyes özellikleri ve litolojik farklılıkları detaylı olarak belirlenmiştir.

Pirahmet ÖSK (S); Pirahmet köyünün kuzey batısındaki vadi içerisinde kuzeydoğu yönünde alınmıştır. Alınan ÖSK 104,20 metre kalınlıkta olup, birim içinden de 32 adet el örneği toplanmıştır. Yıkıntibaşı ÖSK (G); Gümüşhane-Erzurum karayolu üzerinde Tamzı köyü yol ayrımındaki güneydoğu yönündeki bir kuru dere vadi içerisinde kuzeydoğu yönünde alınmış olup kesit boyunca 44 örnek toplanmıştır. Harmancık ÖSK (K08) ise Harmancık köyü yakınlarındaki bir kuru dere vadisinden güneydoğu yönünde 64 kayaç örneği alınarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Arazi çalışması sırasında alınan tüm örneklerden ince kesit yapılmıştır.



Şekil 6. Kındıralık Dere Formasyonu'ndan alınan ÖSK'ların uydu görüntüsündeki konumları.

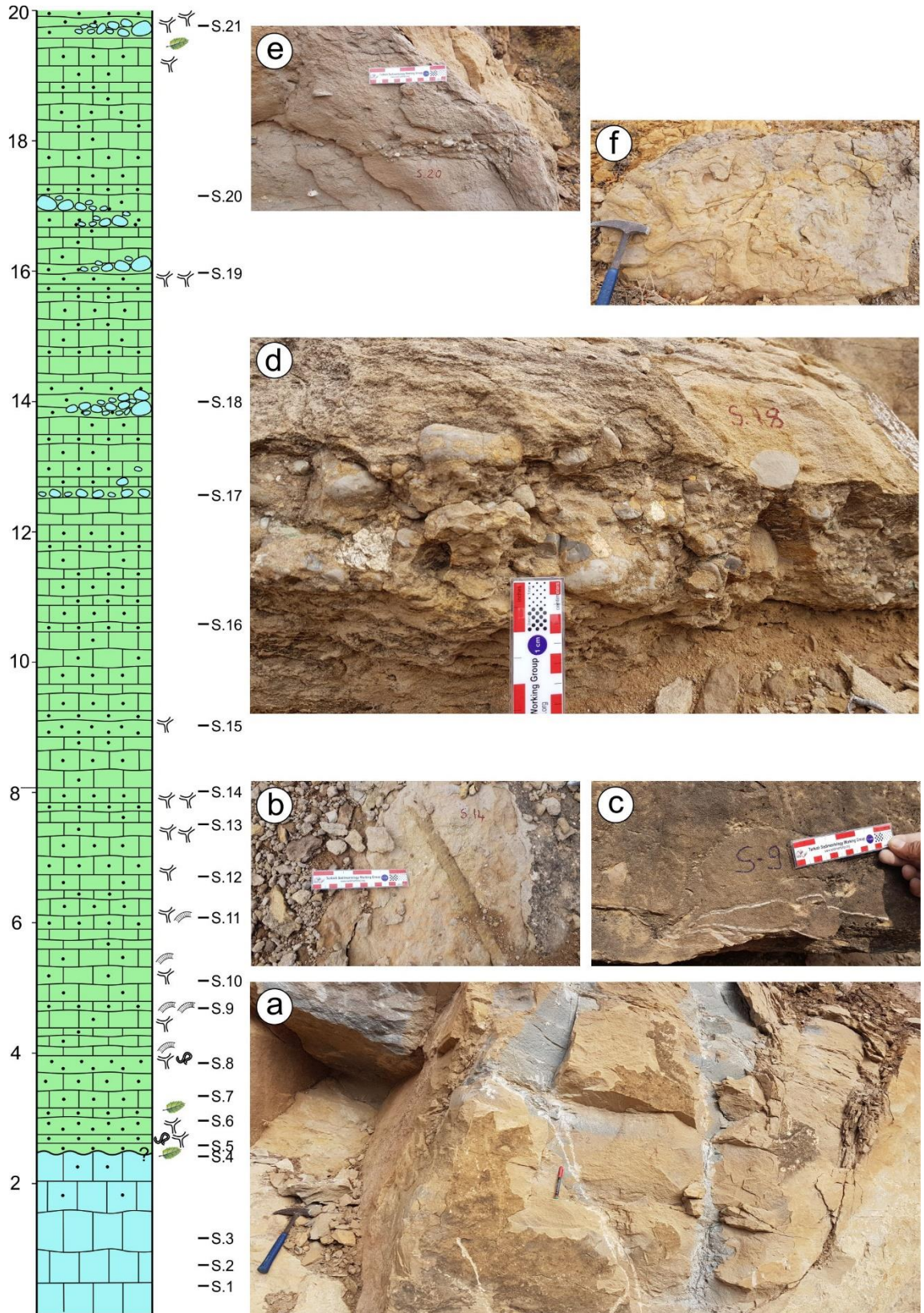
3.2.1.1. Pirahmet ÖSK

Pirahmet ÖSK, Gümüşhane ilinin güneydoğusundaki Gümüşhane-Erzincan karayolu üzerinde yer alan (Şekil 1a) Pirahmet Köyü'nden çıkartılmıştır (Şekil 7). Kesitin başlangıç koordinatları (derece, dakika): $40^{\circ}23,979'$ K, $39^{\circ}35,839'$ D, 1355 metre bitiş koordinatları: $40^{\circ}23,989'$ K, $39^{\circ}35,909'$ D, 1361 metre olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

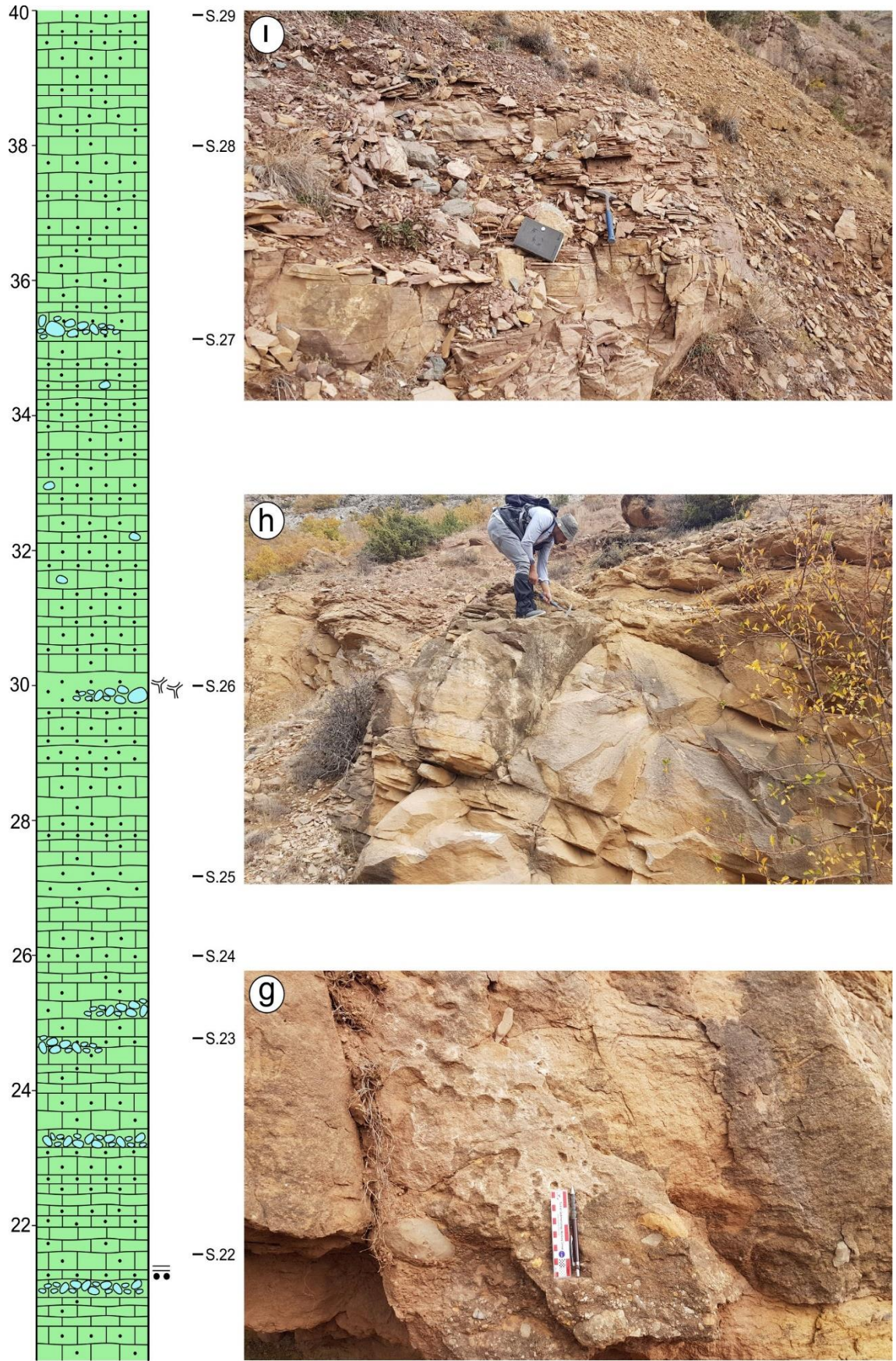
Pirahmet ÖSK 54,4 metre olarak ölçülmüştür. Pirahmet ÖSK tabanında gri renkli kalın-masif tabakalı çörtlü kireçtaşlarından oluşan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu yer almaktadır (Şekil 7a). Kındıralık Dere Formasyonu Pirahmet kesitinde sarı renkli orta tabakalanmalı kumlu kireçtaşlarıyla/kalkarenitlerle başlamaktadır. Kındıralık Dere Formasyonu'nun taban seviyelerinde tabaka yüzeylerinde bitki fosilleri ve çeşitli şekillerde biyoturbasyon izleri yoğun olarak gözlenmektedir (Şekil 7b). Bu

düzeylerde ayrıca bol mollusk kavkıları ve Inoceramus kavkı parçaları içeren düzeyler bulunmaktadır (Şekil 7c). İncelenen bu kalkarenit seviyelerinde yoğun şekilde iyi yuvarlaklaşmış tabandaki Berdiga Formasyonu'ndan türemiş kireçtaşı ve çört çakıllı seviyeler gözlenmektedir (Şekil 7d). İncelenen kesitin taban seviyelerinde tabaka yüzeylerinde yoğun olarak farklı şekillerde gözlenen biyoturbasyon yapıları izlenmektedir (Şekil 7b ve f). Çalışılan kumlu kireçtaşı tabakalarında istifin tabanından tavanına doğru tabaka kalınlığında ve tane boyutunda incelmeler gözlenmiştir. İstif içerisindeki çakıl içeriği Kındıralık Dere Formasyonu'nun üst seviyelerine doğru azalmakta ve tane çapı küçülmektedir. İncelenen kalkarenit tabakalarının bazılarında dereceli tabakalanmalar gözlenmektedir (Şekil 7g). İstif üst seviyelere doğru yer yer masif ve aşırı ayrılmış plaketer halinde ayrılabilen kalkarenit seviyeleri gözlenmiştir (Şekil 7h ve i). İncelenen istif 42. metreye kadar kalkarenitlerle devam etmektedir. 42. metreden sonra ince tabakalı sarı renkli kiltası ve çamurtaşları izlenmektedir (Şekil 7i). Kındıralık Dere Formasyonu üzerine Elmalı Dere Formasyonuna ait kırmızı renkli kireçtaşı ve çamurtaşları gelmektedir (Şekil 7j). Kırmızı renkli bu çamurtaşı seviyelerinin içerisinde yaklaşık 10 cm kalınlıkta sarı renkli bol fosil kavkılı ve Inoceramus kavkı parçaları içeren kalkarenit tabakası izlenmektedir (Şekil 7k). İstifin 45. metresinden sonra ince tabakalı, kırmızı-şarabi renkli pelajik kireçtaşları izlenmiştir (Şekil 7j). Bu kırmızı kireçtaşları Sakarya Zonu'ndaki Üst Kretase istifleri içerisinde kılavuz düzeyler olarak bilinmektedirler.

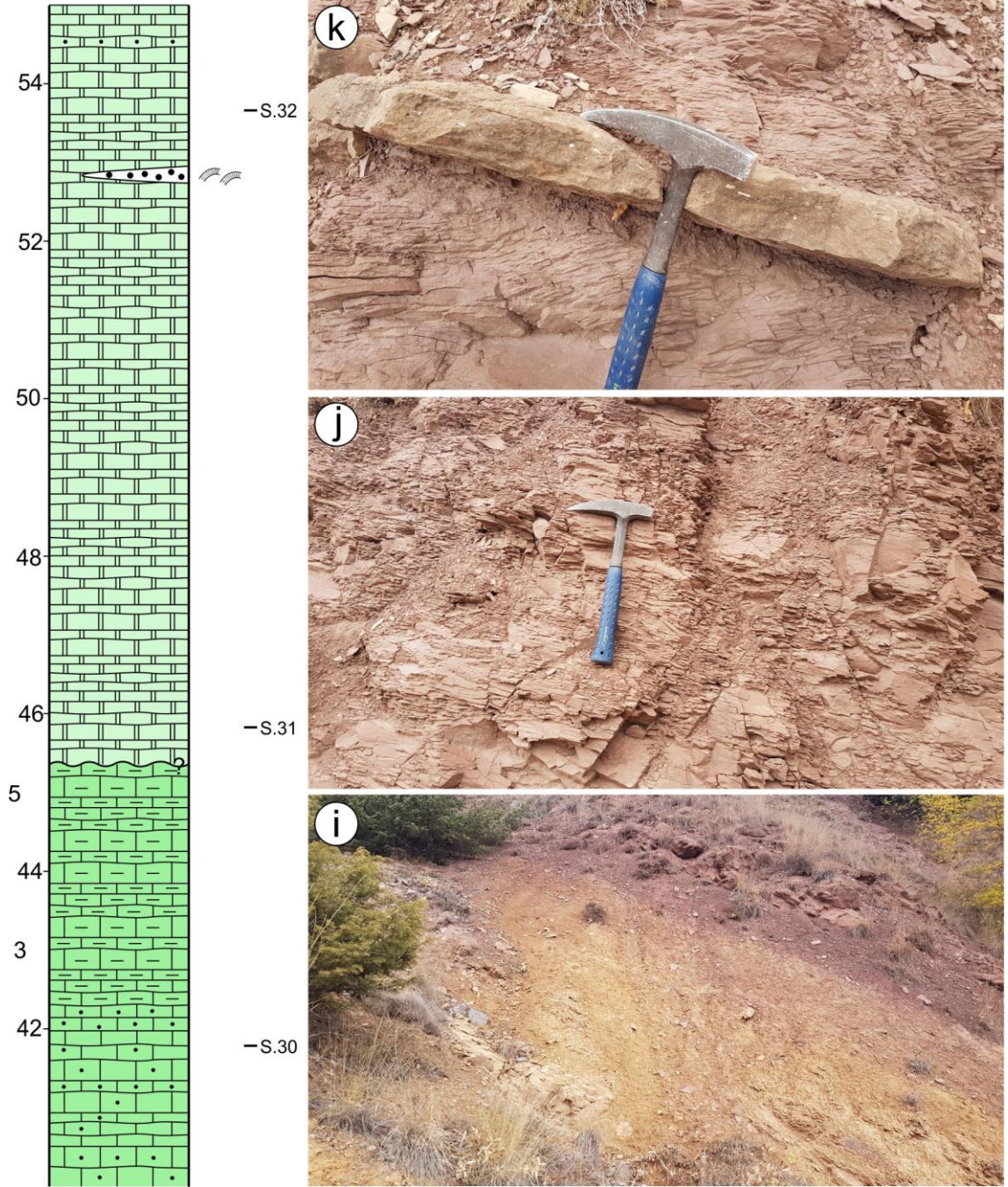
Pirahmet ÖSK kesitinden alınan kayaçların sedimanter petrografik incelemeleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. İstifin taban seviyelerinden itibaren kumlu kireçtaşlarıyla başlamaktadır. İncelenen kesitlerin bazılarında terijen malzeme girdisi %10 lara düşmektedir. Bu seviyelerde ise kireçtaşlarındaki bileşenler genellikle karbonatlı ögelerden oluştuğu için bu kayaçlar kalkarenitler olarak tanımlanmışlardır. İstif en alt seviyelerde glokoni içeren kumlu kireçtaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 8a-b). İncelenen kayaçlar içerisinde glokoni tanelerinin yanısıra yoğun mollusk kavkıları da izlenmektedir (Şekil 8b). İncelenen kireçtaşlarındaki bileşenlerin tümü parçalanmış ve taşınmış pozisyonadırlar. Taşınmış bileşenler içerisinde parçalanmış karbonat platformundan türemiş kireçtaşı parçaları da yoğun olarak izlenmektedir (Şekil 8c). Kireçtaşı parçalarının varlığı Üst Kretase havzalarını şekillendiren çekme-gerilmeleri ve bunlara bağlı gelişen havzaları destekleyen verilerden bir tanesidir. Yılmaz vd. (2008) ve Yılmaz ve Kandemir (2006)



Şekil 7. Pirahmet ÖSK ve saha fotoğrafları.



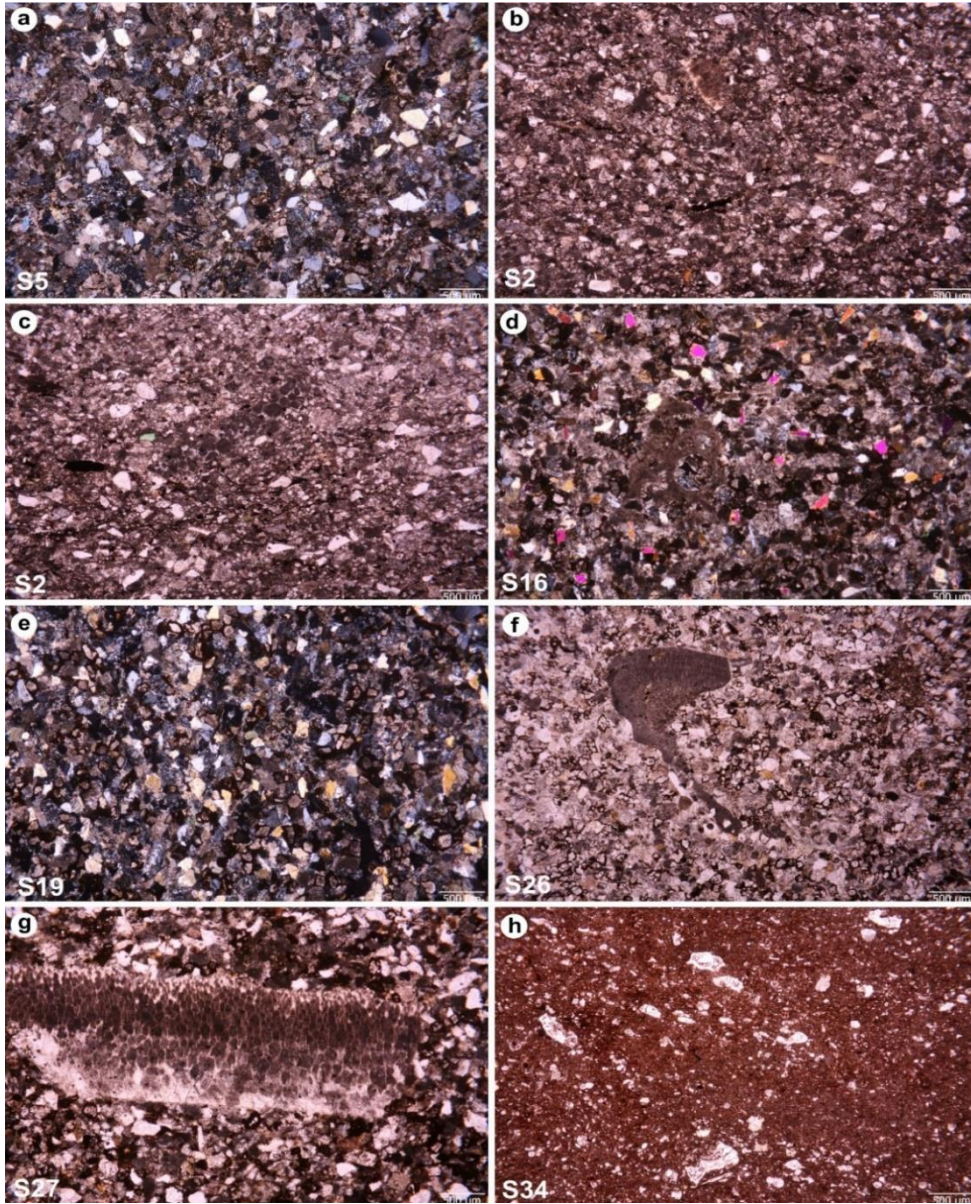
Şekil 7. devamı



Şekil 7. devamı

Üst Kretase havzalarının gelişimi konusunda detaylı bilgiler vermişlerdir. İncelenen kayalar içerisinde farklı boyutlarda çeşitli mollusk kavrıklarına ait bileşenler de izlenmiştir (Şekil 8d). Ölçülen istifin her seviyesinde terijen malzeme girdisinin artıp azalmasına bağlı olarak kumtaşları yine izlenmektedir (Şekil 8e). Kındıralık Dere Formasyonu'ndan yapılan sedimanter petrografik çalışmalarda, formasyon içerisinde tabandan tavana kırıntı girdisi ve karbonat miktarına bağlı olarak ardalanmalar izlenmiştir. İncelenen kesitlerdeki karbonat miktarı üst seviyelere doğru artmaktadır.

Şekil 8f’de incelenen örneklerdeki alg parçası, Şekil 8g de ise incelenen kesitte makroskobik olarak sıkça rastlanan *Inoceramus* kavkı parçası gözlenmektedir. İncelenen istifteki kesitlerde bazı seviyelerde yoğun olmak üzere dolomitleşme gözlenmiştir (Şekil 8f). Yapılan gözlemlerde dolomitleşme oranının istifin karbonat bileşenleri içeriği ile doğru orantılı olduğu gözlenmiştir. İstifin 45. metresinden itibaren mikritik-pelajik kireçtaşları izlenmektedir (Şekil 8h). Pelajik kireçtaşlarının mikroskoptaki incelemelerinde zengin planktonik foraminifer (*Globotruncana*, *Heterohelix*, *Pseudotextularia*, *Contusotruncana*) içerdikleri ve mikritik matriksle bağlanmış vaketaşı fasiyesinde geliştikleri izlenmiştir.



Şekil 8. Pirahmet ÖSK’den alınan kayaçların ince kesit fotoğrafları.

Çalışmanın jeokimya bölümünde Pirahmet ÖSK'daki kumtaşları detaylı olarak incelenmiştir. İncelenen kumtaşlarının boylanması iyidir. Kumtaşlarından yapılan petrografik incelemelerde bileşenlerin kuvars, Feldispat ve kayaç parçalarından oluştuğu gözlenmiştir. İncelenen kumtaşı kesitlerinde kuvars en bol bileşen olarak gözlenmektedir. Kuvarslar çoğunlukla monojenetik taneler halinde izlenmektedir ve çoğunlukla köşeli yapıdadırlar. İncelenen kesitlerdeki kuvars miktarları %60 ları bulmaktadır. İncelenen kesitlerde yoğun miktarda çört tanelerine rastlanmaktadır. İncelenen çört taneleri büyük büyütmelelerde mikro yapıda birçok kuvars tanesinden oluşmuş görünümüne sahiptir. Çört oranı da yaklaşık %20 oranında izlenmektedir. Kumtaşlarındaki diğer bir bileşen Feldispat taneleridir. Feldispat olarak köşeli yapıda plajiyoklas taneleri izlenmiştir. Feldispat oranı %10 u geçmemektedir. İncelenen kesitlerde dasitik/asidik bileşimli olduğunu düşündüğümüz volkanik kayaç parçaları izlenmektedir. Kayaç parçalarının yoğunluğu incelenen kesitlerde %10 geçmemektedir. İncelenen kumtaşlarında bu bileşenlerin dışında havza içi kökenli karbonat parçaları ve az oranda mika parçalarına rastlanmıştır. İncelenen kumtaşları Folk (1980)'un kumtaşı adlama diyagramında değerlendirildiğinde yarı litik arenit (sublitharenit) olarak tanımlanabilirler. İncelenen kumtaşlarının bağlayıcısı olarak sparitik bir bağlayıcı izlenmektedir.

3.2.1.2. Harmancık ÖSK

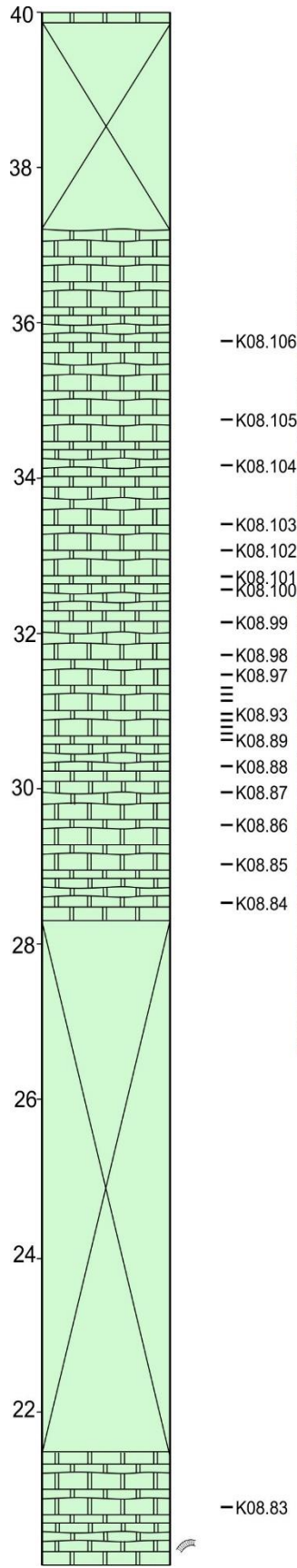
Harmancık ÖSK, Gümüşhane ilinin kuzeybatısında Gümüşhane-Erzurum karayolu üzerinde yer alır (Şekil 1a). Kesitin başlangıç koordinatları (derece, dakika): 40°31,726' K, 39°21,182' D, 1171 metre bitiş koordinatları: 40°31,687' K, 39°21,205' D, 1175 metre olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Ölçülen Harmancık ÖSK'sı Şekil 9'da verilmiştir.

Harmancık ÖSK 50,75 metre olarak ölçülmüştür. Harmancık ÖSK'da Kındıralık Dere Formasyonu altında gri renkli kalın-masif tabakalı çörtlü kireçtaşlarından oluşan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu yer almaktadır (Şekil 9a). Kındıralık Dere Formasyonu Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak geliyor görüntüsü vardır. Ölçülen kesitte bazı alanlar örtülü olarak izlenmektedir. İncelenen kesitte Pirahmet ÖSK'dan farklı olarak istif içerisinde Berdiga Formasyonu'nun kireçtaşlarından oluşan çakıllı seviyeler gözlenmemiştir. Harmancık ÖSK'da Kındıralık Dere Formasyonu içerisinde bazı düzeylerde Mollusk kavrı parçaları da izlenmektedir. İncelenen ÖSK içerisindeki bazı tabaka yüzeylerinde biyoturbasyon yapıları izlenebilmektedir. İncelenen

istif 29,50 metreye kadar kalkarenitlerle karakterize edilmektedir. Bu seviyeden sonra Elmalı Dere Fomasyonu'na ait pelajik kireçtaşları devam etmektedir (Şekil 9c, d ve e). Ölçülen ÖSK'nın 48. metresinde pelajik kireçtaşları arasında yaklaşık 1 metre kalınlıkta bir tuf seviyesi izlenmektedir (Şekil 9f).

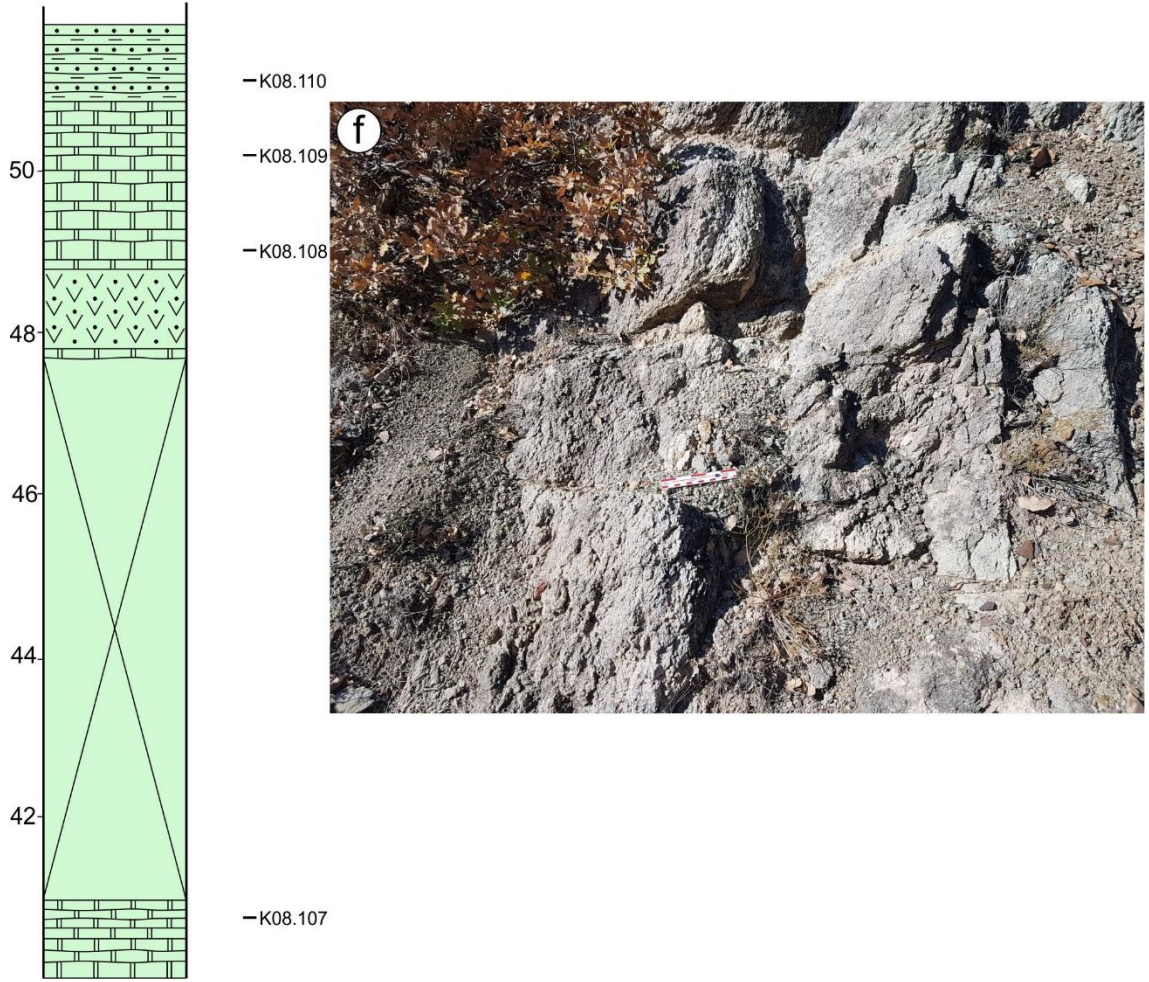


Şekil 9. Harmancık ÖSK ve saha fotoğrafları.



Şekil 9. Devamı

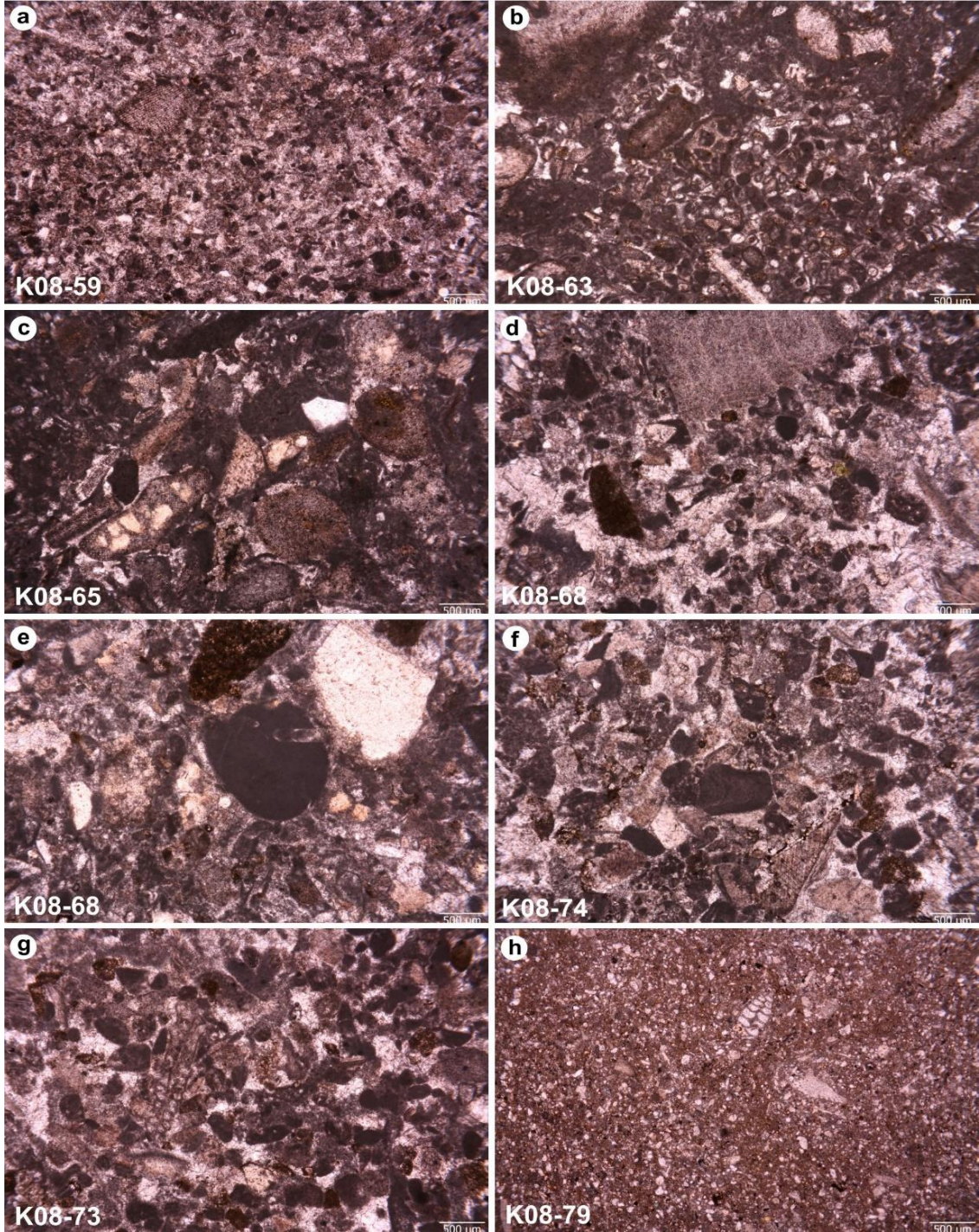




Şekil 9. Devamı

Harmancık ÖSK'dan alınan kayaçların sedimanter petrografik incelemeleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. İstif Berdiga Formasyonu üzerine gelmektedir. Berdiga Formasyonu'ndan yapılan mikroskobik incelemelerde kireçtaşlarının bol miktarda ekinit plakası, küçük bentik foraminifer parçaları ve Milliolidea'lar içerdiği gözlenmiştir. İncelenen kireçtaşları; tanetaşı ve istiftaşı olarak adlandırılmışlardır. Ölçülen kesitin 4. metresinden itibaren incelenen kesitlerde ciddi şekilde bileşenlerde çeşitlilik ve parçalanma gözlenmektedir. Kireçtaşlarını oluşturan bileşenler parçalanmış ve taşınmış görüntüsü sunmaktadır (Şekil 10b ve g). İncelenen kesitlerde en yaygın bileşen olarak ekinit plakaları gözlenmektedir. Bazı kesitlerde ise yoğun neomorfize olmuş mollusk olduğunu düşündüğümüz kavkı parçaları da izlenmektedir (Şekil 10b). İncelenen kireçtaşlarında taşınmış bryozoa parçaları gözlenmektedir (Şekil 10b). İstifin özellikle taban seviyelerindeki ekinit plakaları üzerinde yer yer yoğun silisleşmeler göze çarpmaktadır (Şekil 10c). İncelenen kesitlerde Pirahmet ÖSK'sına nazaran terijen malzeme girdisi oldukça düşüktür.

Kireçtaşlarında %10'u yukarıya geçmeyen oranda köşeli kuvars ve çört parçaları izlenmiştir (Şekil 10c ve e). Bazı seviyelerde Inoceramus kavkı parçalarına rastlanmaktadır (Şekil 10 d). İncelenen kesitlerde yaygın gözlenen bir diğer bileşen alg parçalarıdır. Genellikle iyi yuvarlaklaşmış şekilde gözlenen bu alglerin kırmızı alg türleri olduğu düşünülmektedir (Şekil 10 e ve f).



Şekil 10. Harmancık ÖSK'den alınan kayaçların ince kesit fotoğrafları.

Harmancık ÖSK'nın özellikle 11-12. metrelerinde dolomitleşme izlenmektedir (Şekil 10f ve g).

Dolomitleşme bazen bileşenlerin arasındaki boşlukları doldurmuş vaziyette (Şekil 10f), bazen de bileşenin tamamını kaplamış durumlarda izlenmiştir. Kesitlerde ayrıca taşınmış olduğunu düşündüğümüz bentik foraminifer parçaları da gözlenmektedir. Havza içi kökenli karbonat parçaları kesitlerde her seviyede yaygın şekilde gözlenmiştir. İncelenen kireçtaşlarının tümünde bağlayıcı sparit ve yer yer mikritten oluşmaktadır. İncelenen kireçtaşlarının çoğunluğunun tanetaşı, bazılarının ise istiftaşı olduğu saptanmıştır. Ölçülen kesitin 15. metresinden sonra Elmalı Dere Formasyonu'na ait kayaçlar başlamaktadır. Bu kayaçlar içerisinde yoğun silt boyu malzeme girdisi, pelajik ve bentik foraminifer birlikteliği göze çarpmaktadır. İstifin üst seviyelerine doğru tamamen ince tabakalı, pelajik, kırmızı-şarabi renkli kireçtaşlarından oluşan istif bulunmaktadır.

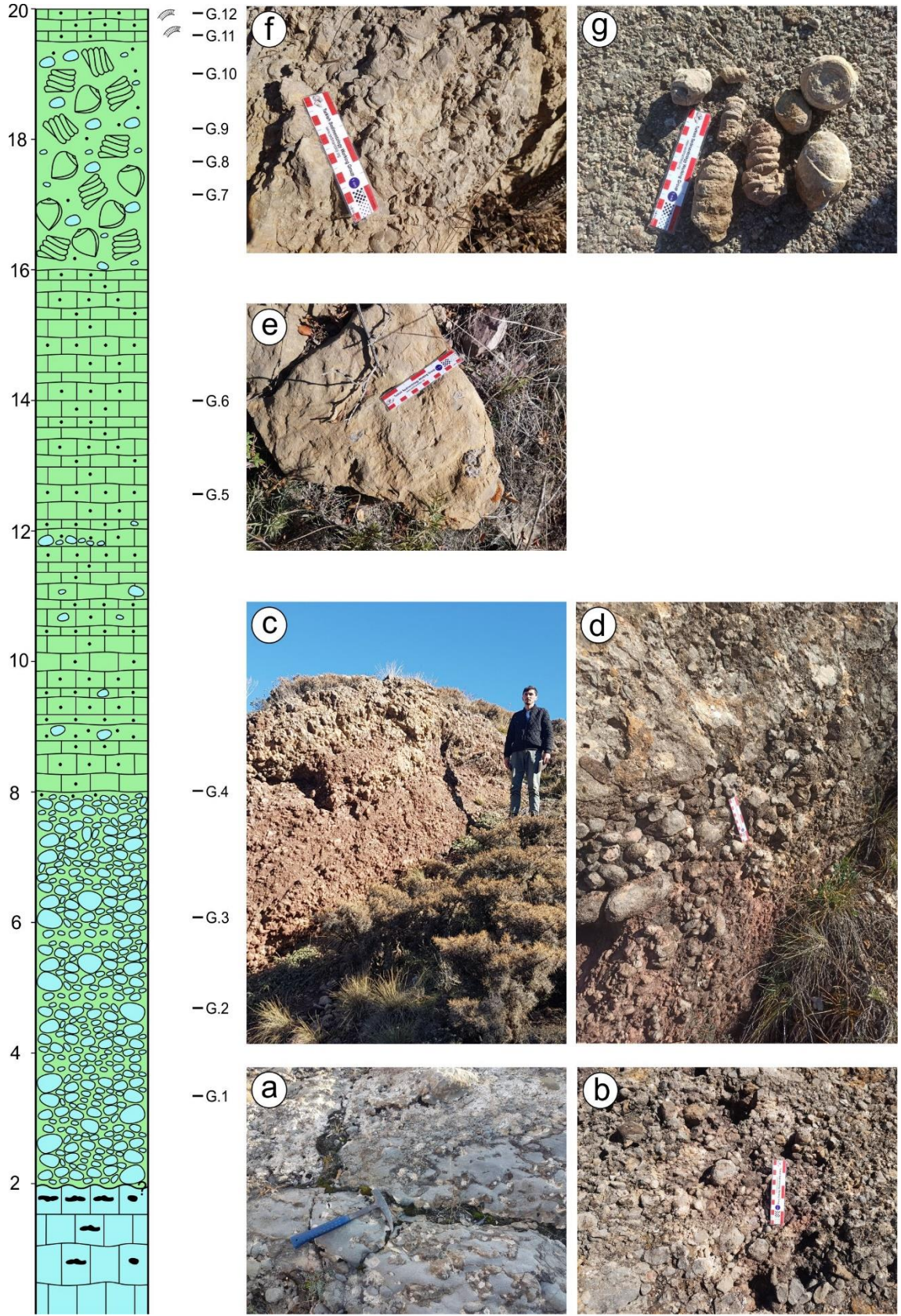
3.2.1.3. Yıkıntıbaşı ÖSK,

Yıkıntıbaşı ÖSK, Gümüşhane ilinin güneydoğusunda Gümüşhane-Erzurum karayolu üzerinde yer alır (Şekil 1a). Kesitin başlangıç koordinatları (derece, dakika): 40°22,993' K, 39°42,853' D, 1473 metre bitiş koordinatları: 40°22,976' K, 39°42,941' D, 1494 metre olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

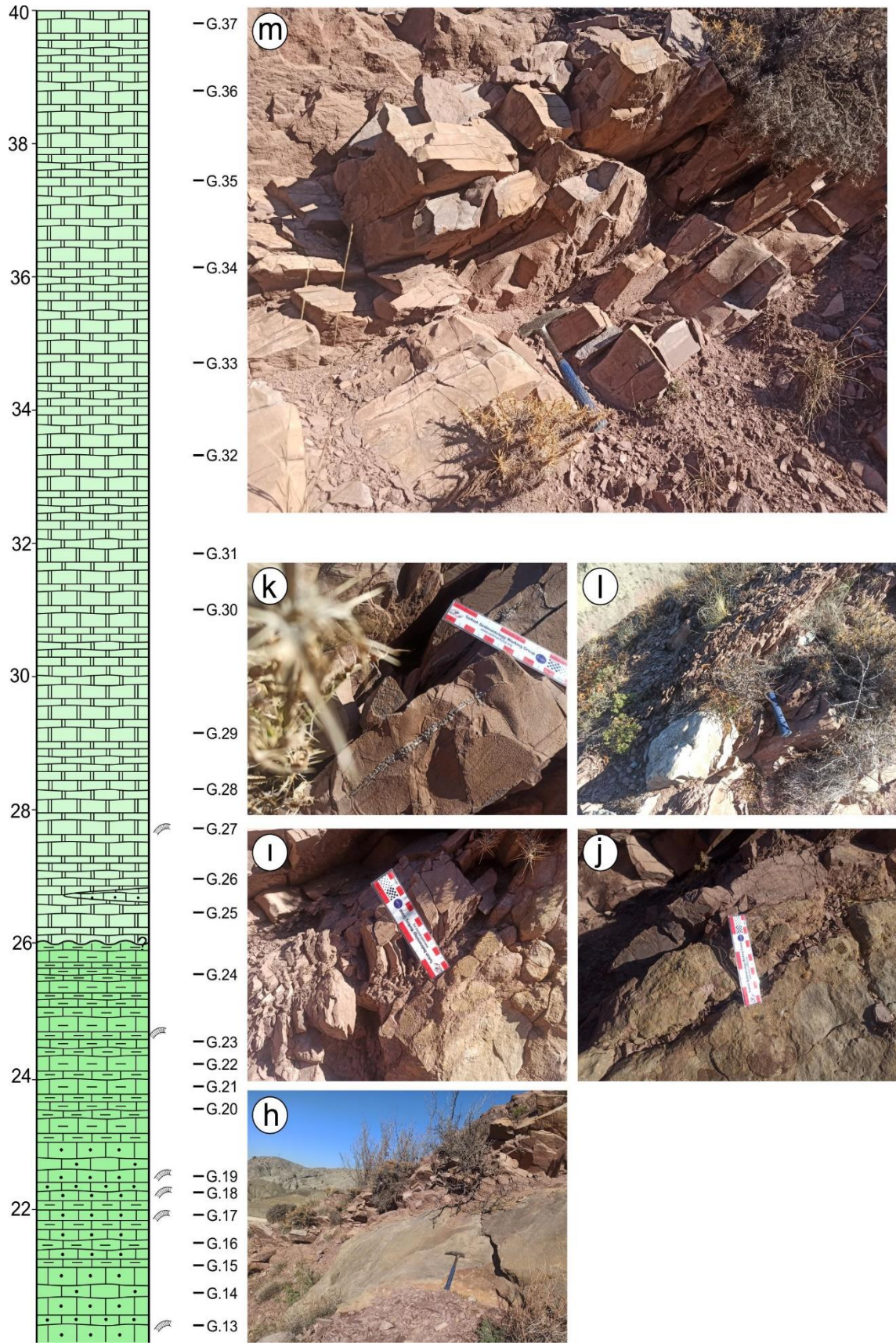
Yıkıntıbaşı ÖSK'nin tabanını Geç Jura-Erken Kretase yaşlı, orta-kalın masif tabakalı, gri renkli, çoğunlukla tanetaşı ve istiftaşı fasiyesinde gelişmiş yer yer dolomitleşmiş ve çört yumruları içeren platform karbonatlarından oluşan Berdiga Formasyonu bulunmaktadır (Şekil 11a). Yıkıntıbaşı ÖSK'da Üst Kretase istifinin tabanı 6 metre kalınlıkta yanal devamlılığı olmayan alt seviyeleri üst seviyelerine göre daha kötü pekleşmiş bileşenleri yarı köşeli, yuvarlak ve elips şekilli, bordo renkli bir matriksle bağlı çakıltaşlarından oluşmaktadır (Şekil 11b, c ve d). Çakıltaşları çoğunlukla monojenetik yapıda izlenmektedir. Çakıllar çoğunlukla Berdiga Formasyonu'ndan türemiş karbonatlı kayaçlardan, çört ve az oranda da volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Yılmaz vd. (2008) bu konglomeratik seviyeleri Gümüşhane civarındaki Albiyen-Santoniyen sürecinde gelişen ekstansiyonel rejim altında platform karbonatlarının kırılmasıyla oluşan grabenlerde biriktiğini vurgulamıştır. Konglomera seviyelerinin üzerine sarı renkli çeşitli mollusk kavkı parçalarının fosillerini içeren kumlu kireçtaşı ve karbonatlı kumtaşları

gelmektedir (Şekil 11e). Bu çökeller üzerine yanal yönde izlenemeyen mercekssel yapıda Nerinea ve Actaeonella cinsi gastropodlardan oluşan bir yığılma gelmektedir (Şekil 11f ve g). Bu seviye içerisinde çört çakılları da izlenmektedir. Bu birim üzerine tabakalanması belirgin olmayan sarı renkli kumlu yapıda içerisinde bol Inoceramus fosil kavkı parçaları bulunan kalkarenit seviyesi bulunmaktadır (Şekil 11h). Bu kalkarenit seviyesi üste doğru bordo renkli dayanımlı ince tabakalı şeyl, çamurtaşı ardalanması tarafından üzerlenmektedir. Elmalı Dere Formasyonu'nun taban seviyesi olan bu seviye bu tez çalışması kapsamında uyumsuz olarak düşünülmektedir. Elmalı Dere Formasyonu'nun tabanında içerisinde volkanik tanelerin de olduğu, bol Inoceramus'lu kumlu bir seviye ile başlamaktadır (Şekil 11i ve j). Elmalı Dere Formasyonu kıymık şekilli kırılğan karbonatlı çamurtaşı ve kalkerli şeyllerle devam etmektedir. Ölçülen kesitin 27. metrelerinde Şekil 11k'da gözlendiği gibi tabaka düzlemlerinde Inoceramus kavkı parçalarının yığılımları izlenmektedir. Bu seviyede ayrıca 10-20 cm kalınlıkta gri renkli mercekli kumlu kireçtaşı ara seviyesi izlenmektedir (Şekil 11l). Şekil 11m'de Elmalı Dere Formasyonu'nu genel görünümü, Şekil 11n'de ise Elmalı Dere Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen gri-yeşil renkli ince tabakalı kumtaşı, kiltası ve marn ardalanmasından oluşan Tepeköy Formasyonu arasındaki sınır izlenmektedir.

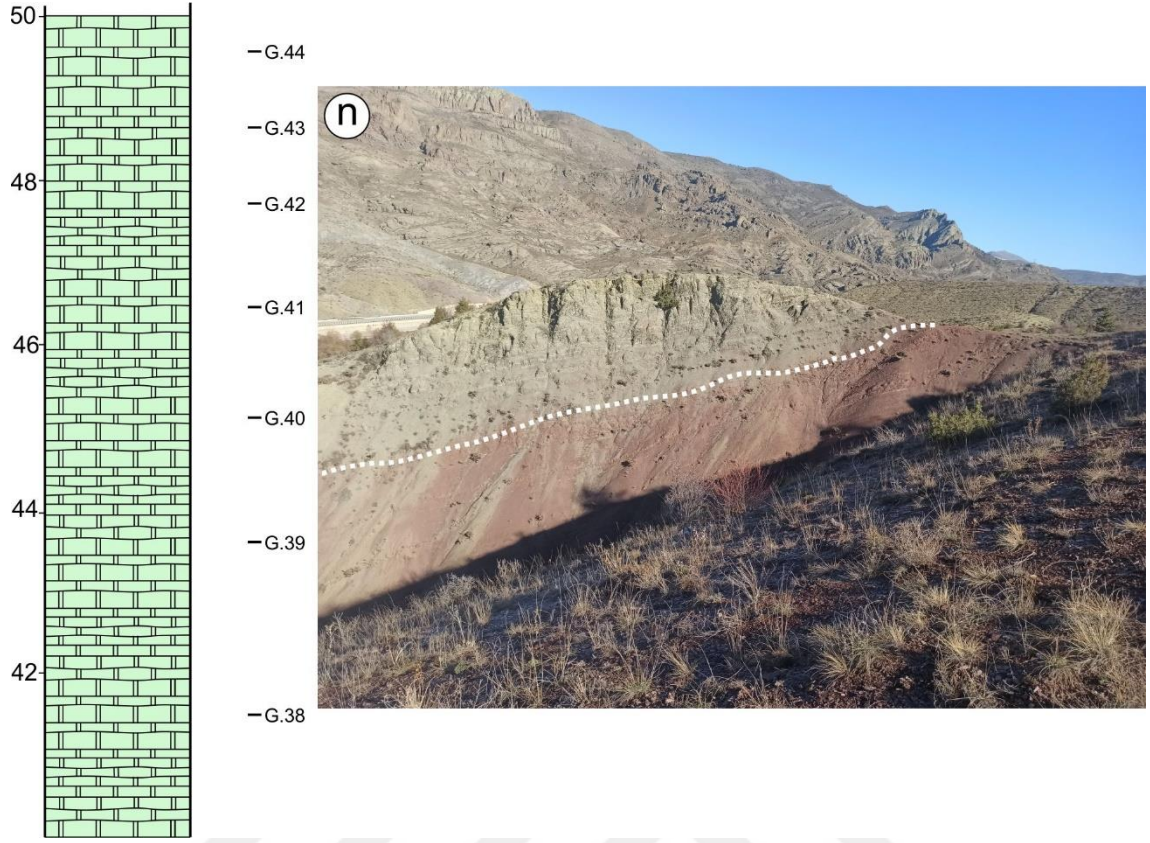
Yıkıntıbaşı ÖSK'daki kayaçların petrografik incelemeleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Ölçülen kesit (Şekil 11) tabandan 6 metre kalınlıkta monojenetik çakıltaşlarıyla başlamaktadır. Çakıltaşlarının en ince taneli kısmından alınan matriks dokusundan yapılan ince kesitte; tabveaki neritik kireçtaşlarına ait çakıl taneleri izlenmektedir. İncelenen bu çakıl tanelerinin sığ ortamlarda çökelmiş oolitik bileşenler içeren sparitik çimentolu tanetaşları olduğu Şekil 12a'da görülmektedir. Bu seviyelerde ince kesitte ayrıca yoğun çört taneleri de gözlenmiştir. Tüm bu bileşenler Fe'ce zengin koyu renkli bir bağlayıcı ile bağlanmıştır. Çakıltaşlarının üst seviyeleri daha ince taneli kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 12b). Bu seviyelerde bazı seviyelerde taşınmış iri onkoid parçaları ince kesitlerde gözlenmektedir (Şekil 12b). Bu seviyelerde ayrıca köşeli monokristalin kuvars tanelerine, çört tanelerine rastlanmaktadır. Tüm bu bileşenler sparitik, yer yer mikritik bağlayıcıyla bağlanmış kalkarenit-kumlu tanetaşları ve istiftaşları izlenmektedir. İstifin 8. ve 16. metreleri arasında terijen bileşen olarak %10-20 arasında köşeli monokristalin kuvars ve çört taneleri, bentik foraminifer, ekinit plakaları, bryozoa parçaları ve kırmızı alg parçaları ve glokoni içeren kalkarenitler gelmektedir. Kalkarenitler çoğunlukla tanetaşı fasiyesinde izlenmektedir (Şekil 12c ve d).



Şekil 11. Yıkıntıbaşı ÖSK ve saha fotoğrafları.



Şekil 11 devamı

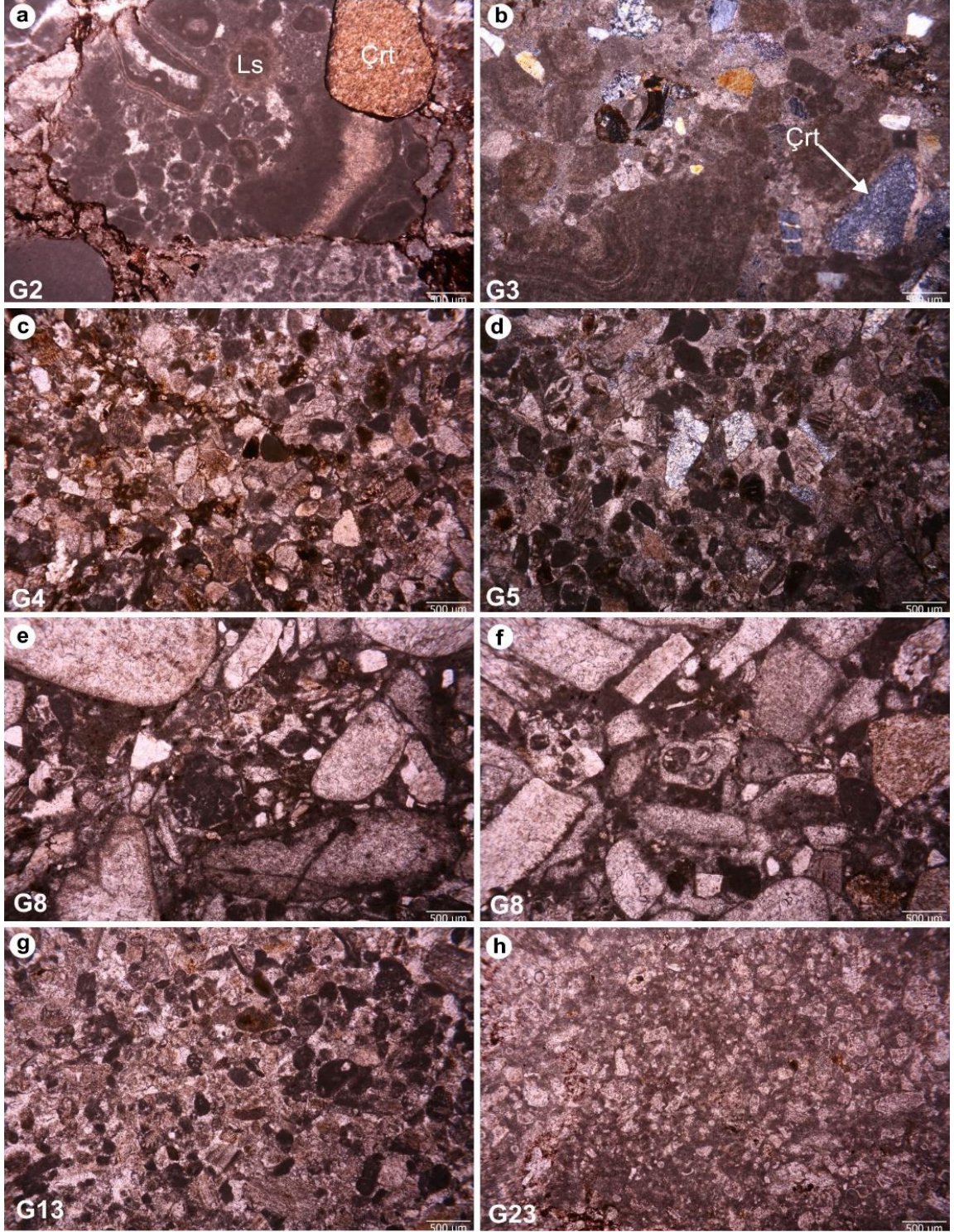


Şekil 11 devamı

Kılıç (2009) bu çökellerin; ekstansiyonel rejim altında platformun kırılmasından sonra platform kenarından türemediklerini ve türbiditik akıntılarla pelajik ortama taşındıklarını vurgulamıştır.

İstifin 16. metresinden sonra 1,5-2 metre kalınlıkta, yanal yönde izlenemeyen bol fosilli bir seviye izlenmiştir. Bu seviye ince kesitlerde petrografik olarak iyi yuvarlaklaşmış neomorfizmaya uğramış, iç dokuları tamamen kaybolmuş Mollusk olduğunu düşündüğümüz birçok bileşen içermektedir (Şekil 12e ve f). Bu bileşenlerin yoğun şekilde gastropoda parçalarından oluştuğu makroskobik olarak da izlenmektedir. Yoğun biyojenlerden oluşan bu seviyede ayrıca kuvars ve çört taneleri de gözlenmiştir. İncelenen bu kireçtaşlarının çoğunlukla yüzentaş ve moloztaşı fasiyeslerinde oldukları gözlenmiştir (Şekil 12e ve f). Bu seviyenin üzerinde yine kalkarenitler izlenmektedir (Şekil 12g). İncelenen kalkarenitlerde bileşenler; ekinit, bentik forminifer, kırmızı alg, bryozoa ve çeşitli boyutlarda mikritik karbonatlı öğelerden oluşmaktadır (Şekil 12g). Bu seviyelerde ayrıca Inoceramus kavrı parçaları ve glokoni taneleri ince kesitlerde yoğun şekilde izlenmiştir. Ölçülen Yıkıntıbaşı istifinin 23. metresinden sonra kırmızı-şarabi renkli mikritik kireçtaşları başlamaktadır (Şekil 11). Yıkıntıbaşı ÖSK'da Kındıralık Dere

Formasyonu ile Elmalı Dere Formasyonu arasındaki sınırın uyumsuz olduğu düşünülmektedir. İncelenen sınırdaki kırıntılı ve Inoceramus kavılarından oluşan seviyenin aslında bir uyumsuzluk olduğu belirgindir.



Şekil 12. Yıkıntibaşı ÖSK'dan alınan kayaçların ince kesit fotoğrafları.

Eren ve Taslı (2002) yaptıkları çalışmada Yıkıntıbaşı ÖSK' nın olduğu bölgeyi ve daha batısındaki Kilop yöresini çalışmış ve Kilop yöresinde Elmalı Dere Formasyonu'nun mikritik kireçtaşlarının Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini ve Yıkıntıbaşı kesitindeki aynı kireçtaşlarıyla birebir deneştirilebilir olduğunu vurgulamaktadırlar. Eren ve Taslı (2002)'nin Kilop kesitinde vurguladığı Elmalı Dere Formasyonu tabanında gözlenen uyumsuzluğun yanal yönde devam ederek Yıkıntıbaşı kesitinde de olması gerektiği düşünülmektedir.

Kındıralık Dere Formasyonu'nun kalkarenitleri üzerine kırmızı-bordo renkli, taban orta tabakalı, üstte daha ince tabakalı mikritik kireçtaşları yer almaktadır (Şekil 12h). Kireçtaşlarının mikroskopik incelemelerinde bol pelajik foraminifer (*Globotruncana* sp., *Marginotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Macroglobigerinelloides* sp.) türleri içerdikleri, vakestone ve istif taşı fasiyesinde geliştikleri belirlenmiştir (Şekil 12h).

3.3. Jeokimyasal Bulgular

3.3.1. Anaoksitler

İncelenen örneklerin ana ve iz element analizlerinin sonuçları Ek 1'de sunulmuştur. Buna ilaveten, genel karşılaştırılma için, daha önceki çalışmalarda analizleri verilen Üst kabuğun (UC, Taylor ve McLennan, 1985), Post-Archean Avustralya Şeyli (PAAS, Taylor ve McLennan 1985) ve Kuzey Amerika Şeyl (NASC, Taylor ve McLennan 1985) gibi referans değerler Ek 1'e eklenmiştir.

Çalışılan örneklerin, SiO₂ içeriğinde ağırlıkça %29,20 ile %45,49 arasında değişen (ortalama ağırlık %35,67; n=7) değerlerdedir ve nispeten geniş bir değişkenlik gösterir. CaO oranları 15,49 ile 30,76 arasında değişen (ortalama ağırlık %22,38; n=7) nispeten yüksek bir aralıktadır. Na₂O (ağırlıkça %0,03-0,04 ve ortalama ağırlıkça %0,03) ve K₂O (%1,40 -2,51, ortalama %1,87) içerikleri nispeten dar aralıklar gösterir. Örnekler %5,88 ile %9,39 arasında değişen Al₂O₃ (ortalama ağırlıkça %7,50), %1,90 ile %3,46 arasında değişen Fe₂O_{3T} (ortalama ağırlıkça %2,68), %2,08 ile %7,34 arasında değişen MgO (ortalama ağırlıkça %4,38), %0,03 ile %0,05 arasında değişen MnO (ortalama %0,04), 0,22 ile 0,77 arasında değişen TiO₂ (ortalama %0,40), %0,04 ile %0,07 arasında değişen P₂O₅ (ortalama %0,05) ve %0,003 ile %0,006 arasında değişen Cr₂O₃ (ortalama %0,004) içeriklerine sahiptir.

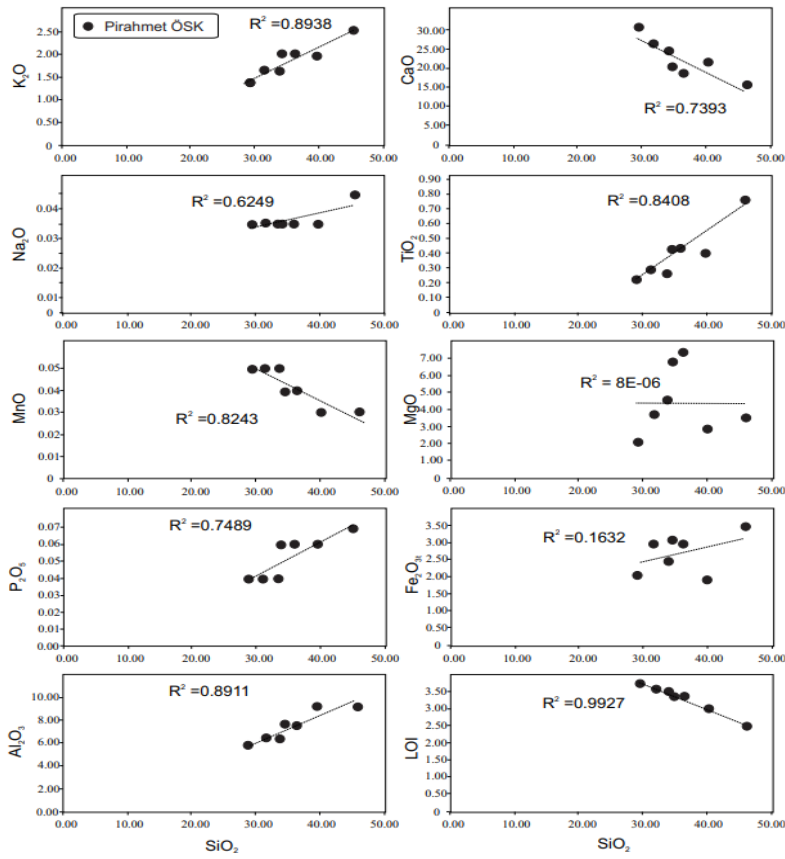
Na₂O/K₂O oranları 46,67 ile 62,75 arasında değişir (ortalama 59,50) ve düşük Na₂O içeriklerine bağlı olarak nispeten yüksek değerler gösterir. Kayaçların SiO₂/Al₂O₃ oranları ise 4,33 ile 5,25 arasında değişir (ortalama 4,79). Tüm çalışılan örneklerin kimyasal alterasyon indeksi (CIA, Nesbitt ve Young, 1982) 78,38 ile 81,91 arasında değişen (ortalama 79,49) dar bir aralık gösterir. Bunların yanı sıra, kimyasal Ayrışma İndeksi (CIW; Harnois, 1988) değerleri ise 98,99 ile 99,35 arasında değişen nispeten yüksek (ortalama 99,15) değerlerdedir.

İncelenen kumtaşlarının jeokimyasal özellikleri, üst kabuğun (UC, Taylor ve McLennan, 1985), Post-Archean Avustralya Şeyli (PAAS, Taylor ve McLennan 1985) ve Kuzey Amerika Şeyli (NASC, Taylor ve McLennan 1985) ile karşılaştırıldıklarında oldukça yüksek CaO ve oldukça düşük SiO₂ içerikleri ile temsil olur. Bunların yanı sıra, çalışılan kumtaşları nispeten düşük Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅ ve MnO değerleri ve yüksek MgO değerlere sahiptir. Buna karşın SiO₂/Al₂O₃, K₂O/Al₂O₃ oranları bunlar ile nispeten benzer olup Na₂O/K₂O değerleri ise düşük Na₂O içeriklerine bağlı olarak yüksektir.

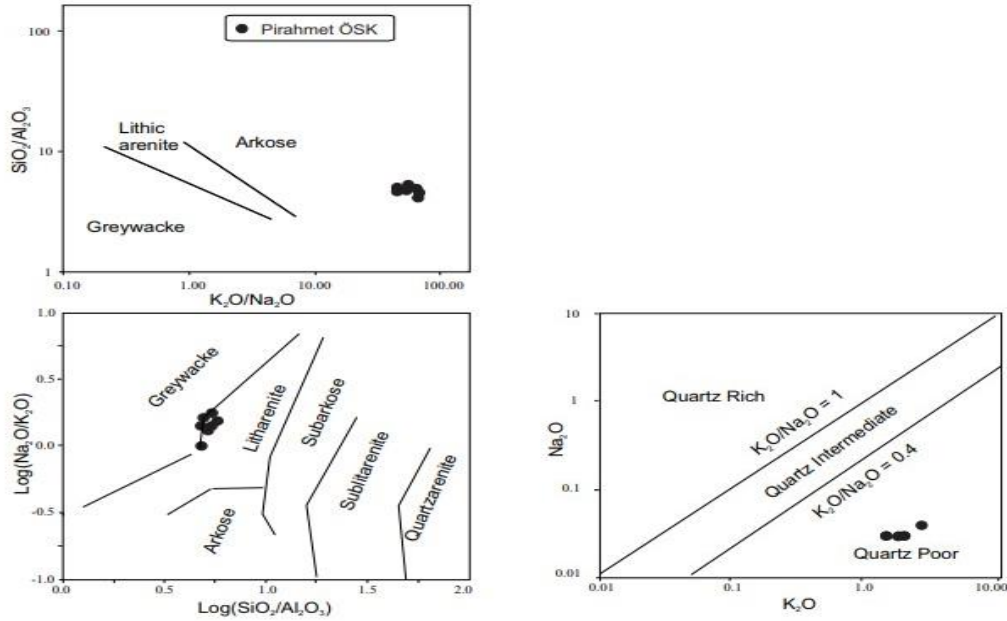
Bunların yanı sıra, tüm çalışılan örneklerin SiO₂ içerikleri Na₂O ve K₂O TiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O_{3T} arasında kötü dağılımlı olmak üzere nispeten pozitif bir eğilim gösterir. Buna karşın, örneklerin SiO₂ içerikleri MnO ve CaO arasında negatif bir eğilim gösterir ve SiO₂ ile MgO arasında belirgin bir korelasyon gözlenmez (Şekil 13).

Ayrıca, CaO ile LOI arasında pozitif eğilim varken, MgO ile LOI arasında belirgin bir korelasyon gözlenmemiştir. Çalışılan kumtaşları her ne kadar, SiO₂ içerikleri arasında değişmekte olmasına karşın sedimentlerin kimyasal olgunluğunu ortaya koymak için en çok kullanılan jeokimyasal kriterlerden biri olan SiO₂ içerikleri ve SiO₂/Al₂O₃ oranlarına göre dizayn edilen diyagrama (Crook, 1974) göre örnekler kuvarsça düşük alana düşmektedir.

Buna ilaveten, kimyasal olgunluğuna yönelik olarak Feldispat içeriklerini değerlendirmek için alkali içerikleri (Na₂O+K₂O) önemlidir. Pettijohn vd. (1987) tarafından kırıntılı sedimanter kayaçları sınıflandırmak için log(Na₂O/K₂O) vs log(SiO₂/Al₂O₃) diyagramı önerilmiştir. Çalışılan sedimanter kayaçlar, Harnois (1988) ve Crook (1974) diyagramlarına göre, sublitharenit ve kuvarsca zengin olarak sınıflandırılabilir (Şekil 14).



Şekil 13. Çalışılan örneklerin SiO_2 içeriklerinin, K_2O , Na_2O , MnO , P_2O_5 , CaO , TiO_2 , MgO , Fe_2O_{3T} , Al_2O_3 ve LOI içeriklerine göre korelasyonları.



Şekil 14. Çalışılan kumtaşlarının $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ vs $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (wt%), $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ vs $\text{Log}(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ ve K_2O vs Na_2O göre kimyasal sınıflama diyagramları (Creaser vd., 1997; Pettijohn vd., 1987).

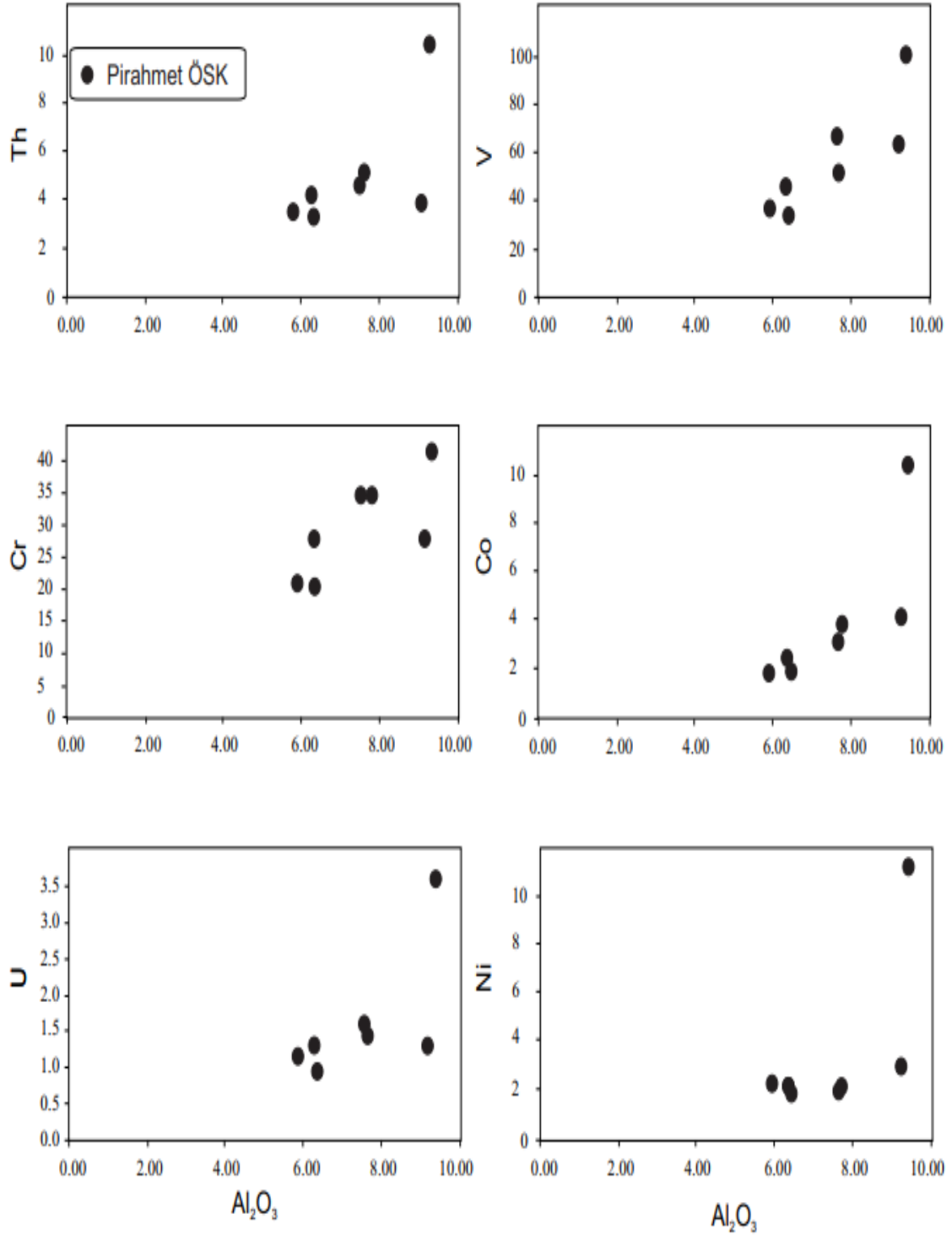
3.3.2. Seçilmiş İz Elementler

Çalışılan örneklerin, seçilmiş büyük iyon litofil elementler (LİLE), K₂O (1,40-2,51 %mol, ortalama 1,87 %mol), Rb 26,10-39,90 ppm (ortalama 31,61 ppm), Cs 0,70-1,20 ppm (ortalama 0,97 ppm), Ba 133,00-354,00 ppm (ortalama 206,29 ppm), Sr 262,00-431,90 ppm (ortalama 315,01 ppm) arasında değişir. Bunların, bazı yüksek alan kuvvet elementleri (HFSE) Zr 111,30-420,50 ppm (ortalama 176,69 ppm), Hf 2,90-10,50 ppm (ortalama 4,56 ppm), Y 12,20-21,10 ppm (ortalama 15,36 ppm), Nb 2,50-7,80 ppm (ortalama 4,37 ppm), Ta 0,10-0,40 ppm (ortalama 0,24 ppm) arasındadır. Buna ek olarak, diğer bazı eser elementleri (TE) Cr 20,53-41,05 ppm (ortalama 29,32 ppm), V 34,00-101,00 ppm (ortalama 57,14 ppm), Co 1,7-10,4 ppm (ortalama 3,9 ppm), Ni 1,7-11,3 ppm (ortalama 3,5 ppm), Sc 4-8 ppm (ortalama 5,9 ppm), Th 3,2-10,4 ppm (ortalama 5 ppm) ve U 0,9-3,6 ppm (ortalama 1,6 ppm) arasında değişir. Çalışılan örneklerin Al₂O₃ içeriklerinin Cr, Co, U ve içeriklerine göre kötü dağılımlı nispeten pozitif bir yönseme gösterirler (Şekil 13). Çalışılan örneklerin Hf vs Yb, Al₂O₃ vs Yb, Hf vs Lu, Al₂O₃ vs Lu, Al₂O₃ vs FeO_{3t}, Al₂O₃ vs K₂O, Rb vs Al₂O₃, Rb vs K₂O diyagramlarında dağılımları kötü dağılımlı nispeten pozitif yönsemelidir (Şekil 16).

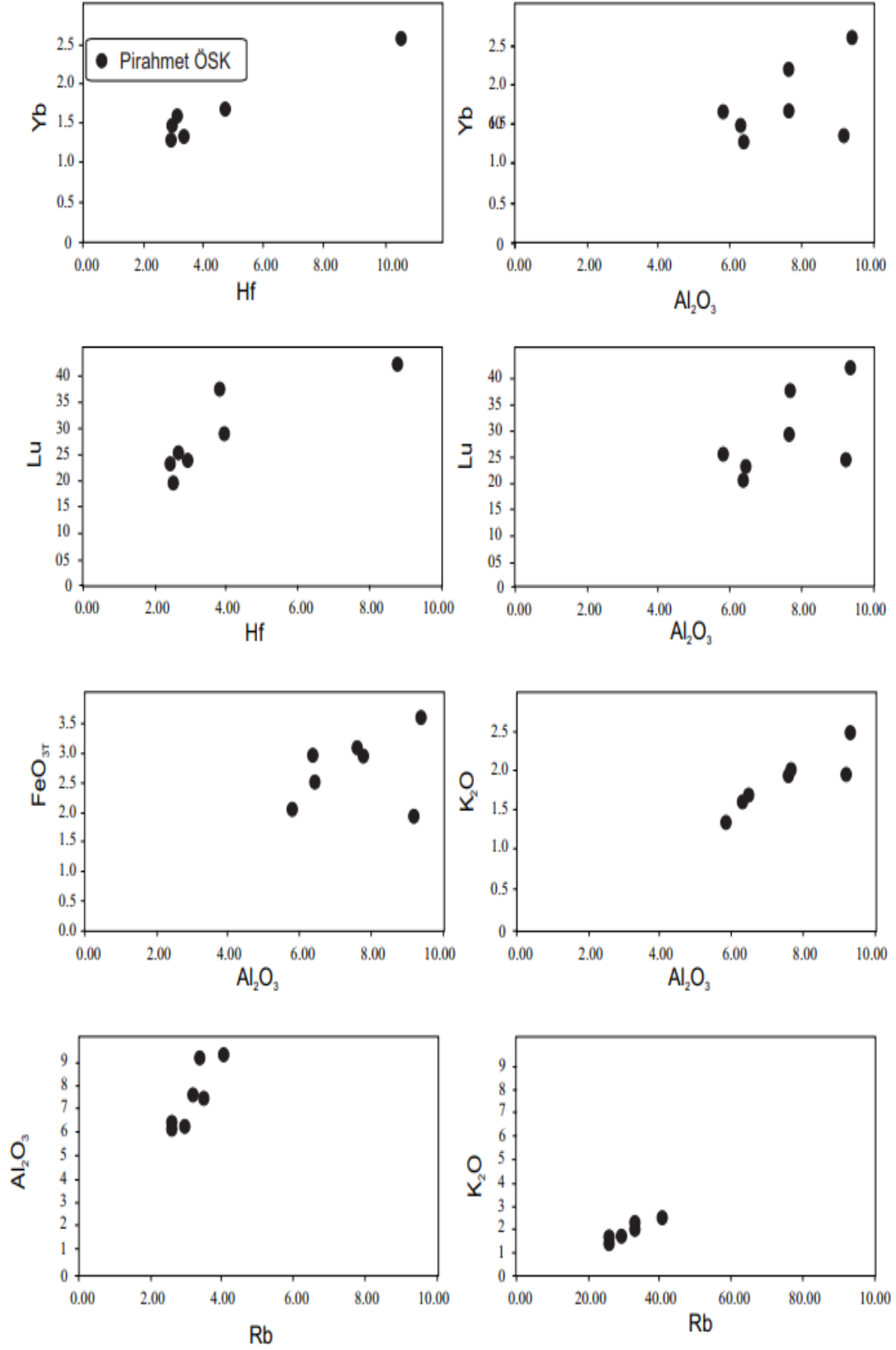
3.3.3. Nadir Toprak Elementleri (REE)

Çalışılan örneklerin REE konsantrasyonları Ek 1’de sunulmuştur. Buna ilaveten, genel karşılaştırılma için, daha önceki çalışmalarda analizleri verilen Üst kabuğun (UC, Taylor ve McLennan, 1985), Post-Archean Avustralya Şeyli (PAAS, Taylor ve McLennan 1985) gibi referans değerler Ek 1’e eklenerek karşılaştırılmıştır (Ek 2). Çalışılan kumtaşlarının toplam REE içeriği (ΣREE: La-Lu) 53,71 ppm ile 139,14 ppm arasında (ortalama 76,88ppm), değişmektedir. Bu değerler, PAAS (ortalama 184,77 ppm; Taylor ve McLennan 1985) ve UC (146,37 ppm; Taylor ve McLennan, 1985) değerlerine göre nispeten daha düşüktür. Çalışılan kumtaşlarının Y/Ho değerleri 26,38 ile 32,17 arasında değişmekte olup ortalama 29,01’dir. Çalışılan örneklerin Zr vs tREE, Al₂O₃ vs tREE, Zr vs LREE, Al₂O₃ vs LREE, Zr vs HREE, Al₂O₃ vs HREE diyagramlarında nispeten kötü dağılımlı olarak pozitif yönsemeler gösterir (Şekil 17). Çalışılan kumtaşları Condrite normalize edilmiş desenleri Şekil 18’de gösterilmiş olup örneklerin desenleri birbirlerine nispeten benzer özellikler gösterir. Örneklerin La/YbN ve Pr/YbN oranları

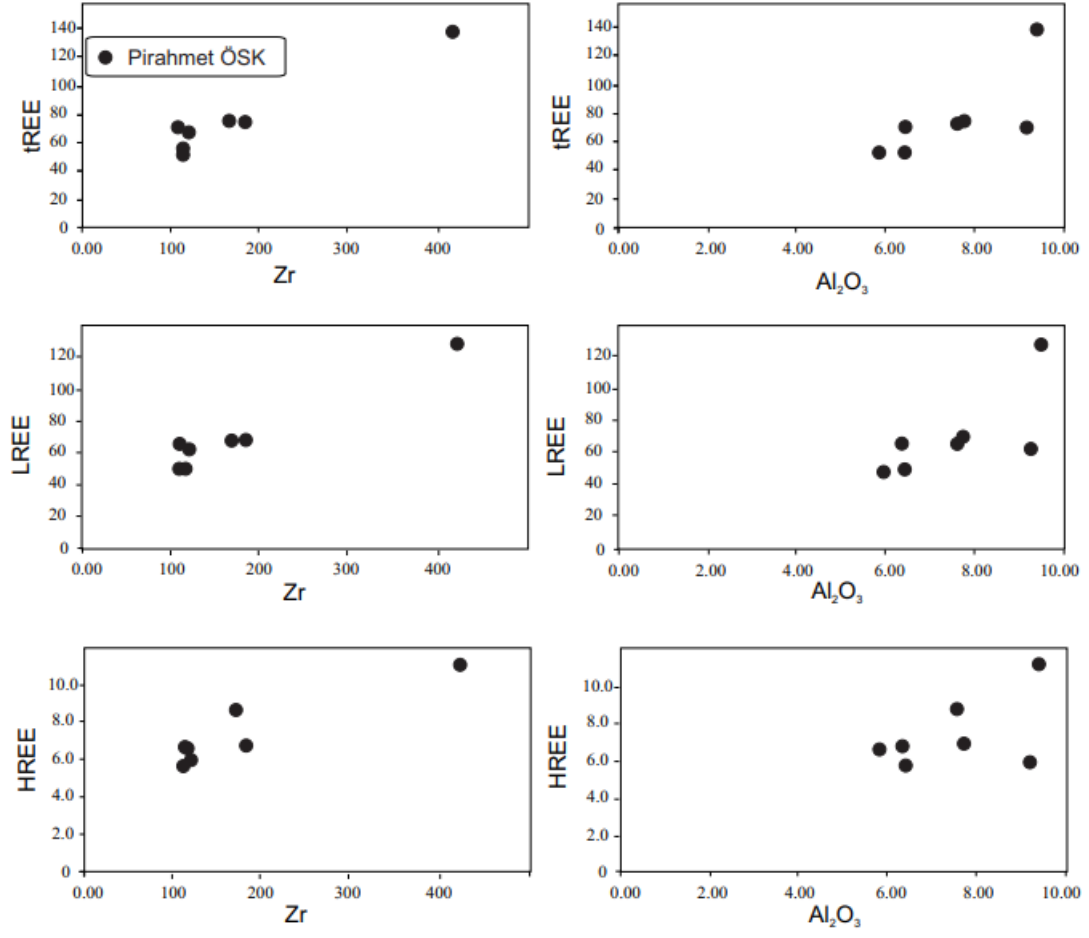
sırasıyla, 4,74 ile 8,78 (ortalama 6,66), 2,46 ile 4,17 (ortalama 3,39) arasında değişir. Bu da nispeten hafif REE bakımından zenginleşmeyi göstermektedir. Bunların yanı sıra, Eu/Eu* 0,64 ile 0,91 (ortalama 0,80) arasında değişen oranlardadır.



Şekil 15. Çalışılan örneklerin Al_2O_3 içeriklerinin Cr, Co, U, Th, V ve Ni içeriklerine göre korelasyonları.



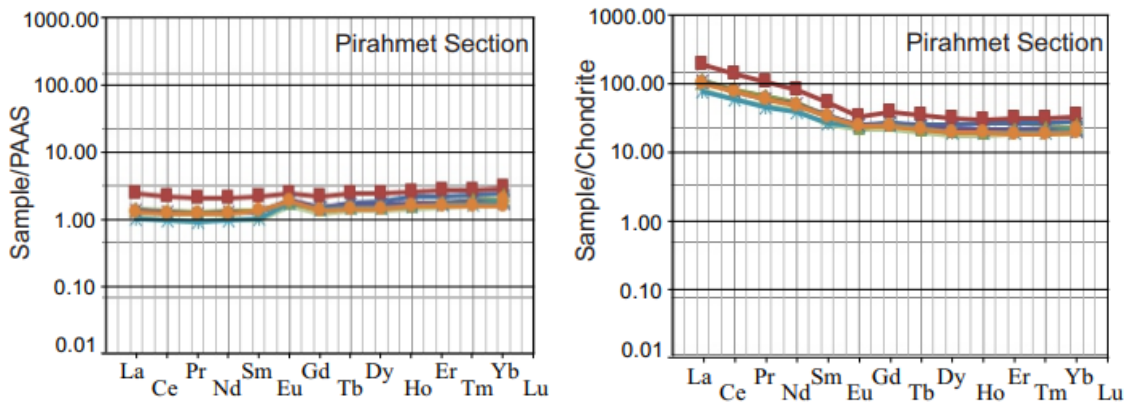
Şekil 16. Çalışılan örneklerin Hf vs Yb, Al₂O₃ vs Yb, Hf vs Lu, Al₂O₃ vs Lu, Al₂O₃ vs FeO_{3t}, Al₂O₃ vs K₂O, Rb vs Al₂O₃, Rb vs K₂O diyagramları.



Şekil 17. Çalışılan örneklerin Zr vs tREE, Al₂O₃ vs tREE, Zr vs LREE, Al₂O₃ vs LREE, Zr vs HREE, Al₂O₃ vs HREE diyagramları.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

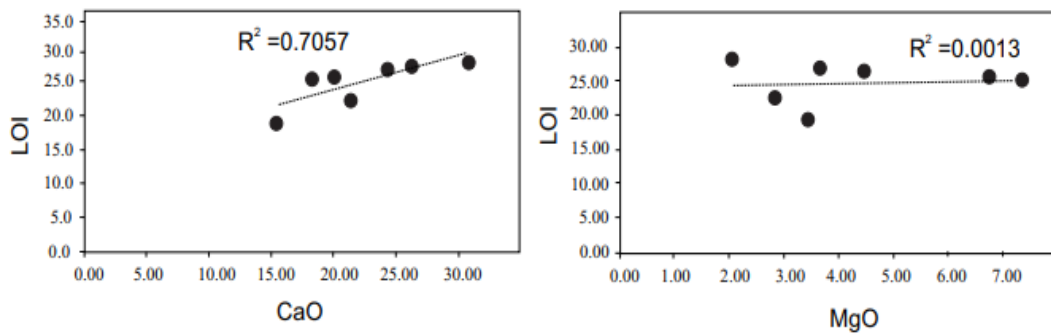
Pirahmet ÖSK içerisindeki çalışılan kumtaşları oldukça yüksek CaO oranları gösterirler. Yüksek CaO içerikleri kaynak alanlardan plajiyoklas gelişmesi, çimento malzemesi olarak çoğunlukla kalsit çimentoların varlığı, biyojen parçalarının varlığı ve/veya kumtaşındaki karbonatlı kırıntı parçalarından da kaynaklanabilir. Yalnız, çalışılan örneklerin düşük Na₂O içeriği göstermeleri, esas olarak Na-Plajiyoklas ile ilişkili olmadığını işaret eder. Çalışılan kayaçların, Na₂O bakımından fakir olmaları kaynak alanda Na-Feldispat'ların azlığı veya taşınma sırasında alterasyonları ile ilişkilendirilebilir (Tobia ve Aswad, 2015). Bunların yanı sıra, örneklerin gerek CaO'ca zenginleşmiş olması ve gerekse de CaO ve LOI arasındaki önemli korelasyon ($r = 0.71$), LOI ve CaO'nun plajiyoklastan ziyade kalsit ile ilişkili olduğunu destekler (Hu vd., 2016; Bajestani vd., 2018). Yüksek MgO içerikleri her ne kadar dolomitik bileşenlerden türemiş litik taneler veya dolomitik çimentoların bolluğunu işaret etse dahi, MgO ve LOI arasındaki önemli korelasyon ($r = 0.0013$) gözlenmez. Dolayısıyla MgO artışı kloritler ile ilişkilendirilebilir (Şekil 19).



Şekil 18. Çalışılan örneklerin REE değerlerinin PAAS ve Chondrite normalize değerleri (Taylor ve McLennan, 1985).

Bunların yanı sıra, Eker ve Korkmaz (2011), Gümüşhane yöresinde (Doğu Pontidler, NE Türkiye) Üst Kretase kumtaşlarına yönelik olarak yaptıkları çalışmada, kıltaşı, silttaşı, kumtaşı araldanmasından oluşan Tepeköy Formasyonu'na ait silisiklastik türbiditlerden farklı seviyelerden kumtaşı örneklerinin jeokimyasal analizlerini yapmışlardır. Buradaki kumtaşı örneklerinin değerleri Dağbaşı yöresinden almış oldukları kumtaşlarının düşük SiO₂ ve yüksek CaO değerleri göstermesi ile üzerinde

çalışılan kumtaşılarına benzerlik göstermektedirler. Buna karşın, Mescitli, Musalla, ve Pirahmet yöresindekilerden düşük SiO_2 ve yüksek CaO göstermeleri ile farklılık gösterirler. Benzer şekilde, Dokuz ve Tanyolu (2006), Doğu Pontidler bölgesine ait Yusufeli (Artvin) yöresinde yüzeyleyen Üst Kretase kumtaşılarına odaklanmıştır. Bu çalışmadaki kumtaşı örneklerinin jeokimyasal değerlerine göre, çalıştığımız kumtaşları Dokuz ve Tanyolu (2006) tarafından Çağlayan ve Ormandibi ÖSK'larındaki kumtaşı örneklerinden nispeten daha düşük SiO_2 değerleri ve yüksek CaO değerleri göstermektedir.



Şekil 19. Çalışılan örneklerin LOI içeriklerinin CaO ve MgO içeriklerine göre korelasyonları.

Yüksek Al_2O_3 içerikleri, kil mineralleri gibi Al zengin mineral fazlarını gösterir. Buna karşın silikat mineralleri, kil minerallerine nispeten daha düşük Al içeriklerine sahiptirler ve bu nedenle ICV kimyasal olgunlukları ortaya koymak için kullanılabilirler (Cox vd., 1995). Kil olmayan, silikat minerallerinin yüksek oranda bulunduğu veya simektit ve illit içeriklerince zengin olan, kimyasal olarak olgun olmayan çamurtaşları daha yüksek oranlarda ICV değerlerine sahiptir (Varga vd., 2005). Kimyasal olarak olgun çamurtaşları, nispeten daha düşük ICV değerlere sahiptir. Çalışılan değerlerin ICV değerleri 2,75 ile 6,23 arasında değişen nispeten yüksektir (ortalama 4,45). Bu değerler, hematit, illit, birincil ve ikincil karbonat ve otijetik albit içerikleri ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Daha önceki çalışmalar, ICV yüksek değerleri aktif tektonik ortamları ve first cycle sedimentlere işaret edebilir (Cox vd., 1995). Bunların yanı sıra, farklı bir jeokimyasal parametre olarak $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ kullanılmaktadır (Cox vd., 1995). Daha önceki çalışmalar kil ve feldispat minerallerinin farklı $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranlara sahip olduğunu ve böylece eski kırıntılı sedimanter kayaçların ilksel mineralojilerinin belirlenmesinde bu oranların kullanılabileceğini önermiştir (Cox vd., 1995). Çalışılan örneklerin $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranları 0,21 ile 0,27 arasında dar bir aralık gösterir (ortalama 0,25). Bu oranlar, kil

mineralleri ile nispeten benzerlik göstermektedirler. ICV ile ters düşen bir K_2O/Al_2O_3 oranları gözükmemektedir. Çalışılan örnekler benzer olarak, yüksek ICV ve düşük K_2O/Al_2O_3 oranları farklı sedimanter kayalarda da kaydedilmiştir (Varga vd., 2005). K kimyasal formülüne sahip olan kil minerali illitin, kimyasal olarak duraylı olmasından dolayı kırıntılı kayalarda korunma eğilimindedir. Bu nedenle, daha eski sedimanter kayaların sedimanter döngüsünden türemiş sedimentleri genellikle illit içerir ve dolayısıyla K bakımından zenginlik gösterebilir. Buna ek olarak ilksel olarak çökelme sistemine katılan kil mineralleri daha çok kaolinit veya simektit gibi alüminyumca zengin ve illit oluşturmak için daha az zengin K içeriklerine sahip olabilir (Örneğin; Fedo vd., 1995). Böylelikle çalışılan kayaların yüksek ICV değerlerine karşın hafifçe düşük K_2O/Al_2O_3 oranları, çalışılan kayaların çökelme sonrası bir modifikasyonuna veya havza boyunca meydana gelen farklı jeokimyal partikül girdisi ile açıklanabilir.

Kırıntılı sedimanter kayaların Cu, Ni, Cr, V, La ve Th elementlerinin içerikleri, sedimanter süreçler ve kaynak alan litolojilerin ortaya konulması açısından birçok çalışmada kullanılmıştır (Örneğin; Varga vd., 2005; Chen ve Robertson, 2019). Elementler La, Ce, Nd, Y, Th, Zr, Hf, Nb, Ti ve Sc tortul süreçler sırasında nispeten düşük hareketli olmaları (mobility) ve bunların denizel sistemlerde nispeten düşük kalış süreleri nedeniyle kaynak ve tektonik yerleşim belirlemeleri için en uygun olduğu öne sürülmüştür (Bhatia ve Crock, 1986). Bu elementler, tortulaşma süreçlerinden ayrışma ve taşıma sırasında çökelme sonrası henüz diyajeneze uğramamış durumda olan sedimentlerin içerisine yerleşirler (McLennan vd. 1983; Bhatia ve Crock, 1986). Bu nedenle, sedimanter süreçler sırasında nispeten duraylı olan iz elementler tektonik yerleşim ve/veya provenans litolojileri değerlendirmeye yönelik olan çalışmalarında oldukça kullanışlı olduğu kabul edilmiştir (Örneğin; Taylor ve McLennan, 1985; Floyd ve Leveridge, 1987; Wronkiewicz ve Condie, 1987; McLennan vd., 1993; Cullers, 1995). Bunların yanı sıra, Zr, Nb, Hf, Y, Th, U ve REEs magma kristalizasyon süreçlerinde oldukça uyumsuz oldukları için, genellikle mafik kayalardan ziyade felsik kayalarda zenginleşirler (Varga vd., 2005). Bunların yanı sıra, mafik veya ultramafik kaynaklardan türeyen sedimentler, nispeten daha uyumlu davranışlar sergileyen Sc, Co, Cr ve Ni elementler tarafından göreceli olarak zenginleşmeler gösterir (Robertson, 2002; Chen ve Robertson, 2019). Bu nedenle, temel eser elementlerin oranları (Örneğin; La/Co, Th/Co, Th/Cr, La/Sc ve Th/Sc) kaynak alan bileşim farklılıklarını ayırt etmeye yardımcı olur (Örneğin; Taylor ve McLennan, 1985; Cullers, 1995, 2000).

K₂O, Fe₂O₃, Rb, Cs, Th, Co, SC, Cr, Nb, Y ve REE gibi bazı iz elementler üzerinde eğer kil minerallerinden kaynaklanan bir zenginleşme olduğunda Al₂O₃ ile sistematik ve pozitif bir korelasyon göstermesi beklenir. Çalışılan örneklerin Th, V, Cr, Co, U ve Ni ile Al₂O₃ arasında kötü bir dağılım vardır (Şekil 18). Bunların nispeten kısmi olarak kil minerallerinden kaynaklandığı düşünülebilir. Bunların yanı sıra, Al₂O₃ ile FeO kötü bir dağılım gösterir. Buna karşın Al₂O₃ ile K₂O ve Rb ile K₂O diyagramında iyi korelasyon gösterir. Bu pozitif korelasyonlar alkali feldispat veya illit kile işaret edebilir.

Kırıntılı tortul kayaçların nadir toprak elementleri (REEs) de yukarıda bahsedilen seçilmiş iz elementler (Örneğin; Th vb.) gibi nispeten daha çözünmez olduğu öne sürülerek, orijinal bileşimlerinin bozunma, erozyon, taşınma gibi sedimanter süreçlerde etkilenmediği ileri sürülmektedir (Taylor ve McLennan, 1985). Her ne kadar, ayrışma, hidrolik ayrımlanma ve çökme sonrası diagenetik gibi süreçlerin ilksel jeokimyasal imzalarında değişikliklere neden olduğu bildirilmesine rağmen, kırıntılı sedimanter kayaçların immobil element oranları kaynağın oranlarını yansıtır (Nesbitt ve Young, 1982; Taylor ve McLennan, 1985). Bu nedenle, kırıntılı sedimanter kayaçların nadir yer element kimyası, kaynak kaya bileşimleri, paleo-iklim koşulları ve tektonik ortam hakkında çıkarımlarda bulunmak için uzun süredir kullanılmaktadır (Taylor ve McLennan, 1985).

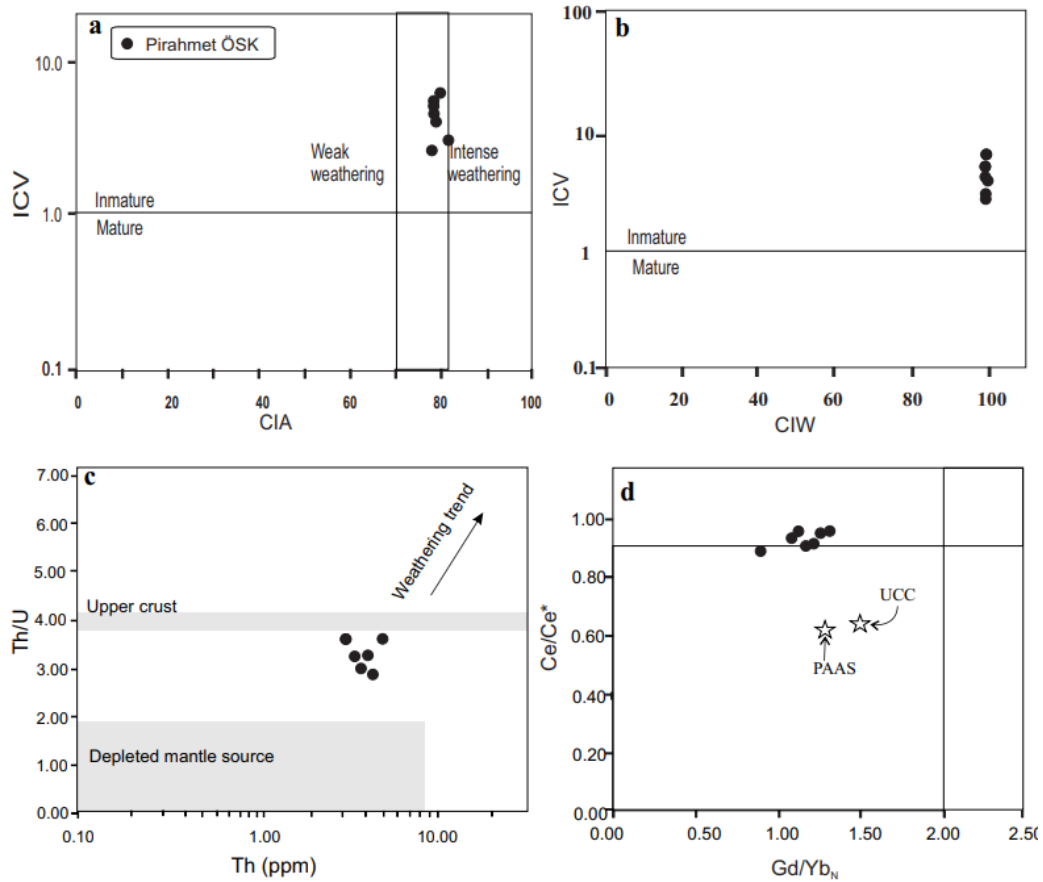
Çalışılan örneklerin, yüksek La/YbN (4,74 ile 8,78 değişen, ortalama 6,66), ve Pr/YbN (2,46 ile 4,17 değişen, ortalama 3,39) değerleri ile zenginleşmiş LREE Condrite normalize edilmiş desenleri vardır (Şekil 19). Ayrıca Eu/Eu* değerleri 0,64 ile 0,91 (ortalama 0,80) arasında değişir. Örneklerin Gd/YbN değerleri 0,95 ile 1,35 arasında değişir (ortalama 1,19) değerindedir. Çalışılan örneklerin, Al₂O₃ ile Yb ve Lu arasında nispeten kötü dağılımlı pozitif bir korelasyon gözükürken, Hf ile Yb ve Lu arasında pozitif yönsemeli benzer dağılımlar gösterir. Bunun, Yb ve Lu gibi elementlerin konsantrasyonları üzerinde bir zirkon kontrolü olabileceğini düşündürür. Bunların yanı sıra, çalışılan örneklerin Zr ile tREE, LREE ve HREE kötü dağılımlı pozitif yönseme göstermeleri bu düşüncüyü destekleyebilir.

Paleoortamsal koşulların belirlenmesine yönelik olarak, denizel sistemlerdeki paleoredoks koşulların yeniden yapılandırılması için, U, V, Th, Ni, Co, Cr ve V elementleri sıkça kullanılmaktadır (Klinkhammer ve Palmer, 1991; Jones ve Manning, 1994; Zhou, 2017). U, V, Th, Ni, Co, Cr ve V elementlerinin konsantrasyonları Al₂O₃ ile dağınık olarak korelasyon göstermektedir (Şekil 16,17. Al₂O₃ ile doğru orantılı olarak artmayan yüksek U, V ve Th element değerleri çökme ortamlarındaki yetersiz ortam koşullarının

göstergesi olarak kabul edilmektedir (Zhou, 2017). Cr ve Co elementlerinin zenginleşmesi, karadan türeme kırıntılardan ziyade redoks ortam koşulları tarafından kontrol edildiği öne sürülmüştür (2009; Li vd, 2016). Bunların yanı sıra, denizel sedimentlerdeki V ve Ni zenginleşmeleri anoksik ortamlar tarafından kontrol edilir (Zhou, 2017). Buna göre, sedimentlerin element oranları (U/Th, Ni/Co ve V/Cr) denizel çökelme sistemlerindeki paleo-redox koşullarını ortaya koymak için yaygınca kullanılmıştır (Hallberg, 1976; Jones ve Manning, 1994; Nath vd., 1997). Nath vd. (1997) göre U/Th oranlarına 1,25'ten daha düşük ise oksik ve 1,25'ten daha büyük ise suboksik ve oksik çökelme ortamlarına işaret etmektedir. Çalışılan örneklerin U/Th oranları (0,28-0,35 arasında değişmekte ve ortalama 0,32) değerleri oksik çökelme ortamlarına işaret etmektedir. Ni/Co değerleri 5'in altındaki değerlerin oksik ortamları temsil edildiği, 5'in üzerindeki oranların ise disoksikten suboksik ve anoksik ortamlara işaret ettiği öne sürülmüştür (Jones ve Manning, 1994; Nath vd., 1997). Bunların yanı sıra, Jones ve Manning (1994) sedimentlerin V/Cr oranlarının 2'nin altında olması ise daha fazla oksitleyici koşulları gösterdiğini öne sürmüştür. Buna göre, Ni/Co (0,58-1,35; ortalama 0,89) ve V/Cr (1,49-2,46; ortalama 1,91) oranları çökelme ortamının oksik olduğunu desteklemiştir.

Roy vd. (2008) sedimanter kayaçların ayrışma tarihini belirlemek için kimyasal değişim endeksini (CIA; Nesbitt ve Young, 1982) ve ayrışma kimyasal endeksini (CIW; Harnois, 1988) kullanmıştır. Büyük iyon litofil elementler (LİLE: Rb, Cs, Ba, Sr), yüksek alan mukavemetli elementler (HFSE: Zr, Hf, Y, Nb, Ta) ve bazı geçiş eser elementleri (Cr, V, Co, Ni, Sc) gibi köken yorumu için eser elementlerin istihdamı göreceli hareketsizliklerine bağlıdır. Buna karşın, ayrışma, alterasyon, hidrolik derecelenme gibi diğer sedimanter süreçlerinde etkisi önemlidir (Nesbitt ve Young, 1982; Wronkiewicz ve ve Condie, 1987; Fedo vd, 1995; Chen ve Robertson, 2019). Bu nedenle, köken ve tektonik ortam üzerindeki kısıtlamalar söz konusu olduğunda, çalışılan kumtaşının jeokimyasal özellikleri üzerindeki diğer sedimanter süreçleride iyi değerlendirmek gerekir (Chen ve Roberson, 2019; Garzanti, 2019). Kırıntılı sedimanter kayaçların, ayrışma ve alterasyon süreçlerinin etkilerini değerlendirmek için birçok parametre ortaya konmuştur. Bunlardan kimyası üzerindeki bozuşma ve alterasyon Kimyasal alterasyon indeksi (CIA; Nesbitt ve Young, 1982) ve Kimyasal Ayrışma İndeksi (CIW; Harnois, 1988) dahil olmak üzere birçok parametre önerilmiştir. CIW ve CIA parametreleri, birincil minerallerin kil minerallerine sistematik ve aşamalı modifikasyonu ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür (Örneğin; Spaletti vd, 2008). İncelenen kumtaşı örneklerinin CIA

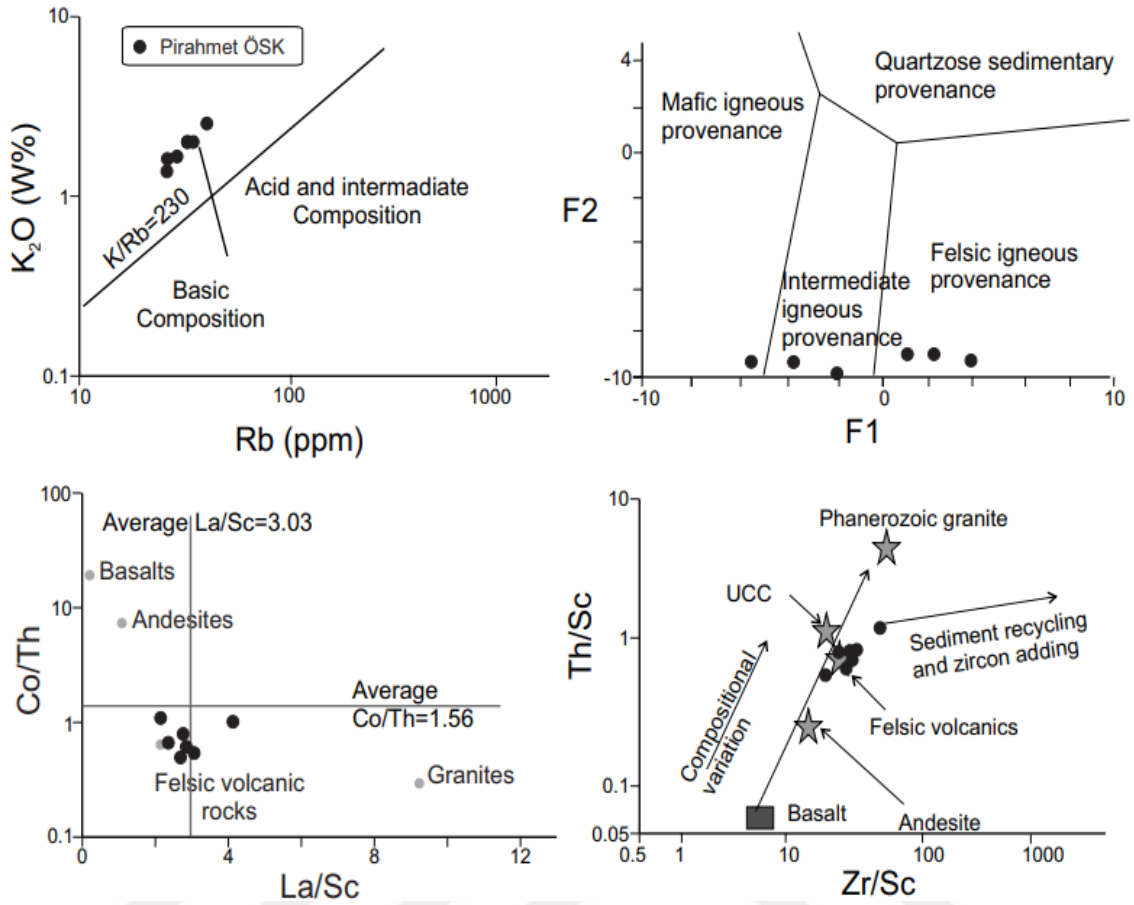
78,4-81,9 arasında değişmektedir. CIW değerleri 98,99-99,35 arasında değişen yüksek değerler gösterir. Bunların yanı sıra ICV değerleri 2,75 ile 6,23 arasında değişen nispeten yüksek değerlere sahiptir (Şekil 20). Petrografik analizlere göre çalışılan örneklerinin çoğunluğu litik arkoz özelliklerde olup, havza içerisinden veya hemen yakın yöresinden türemiş karbonat bileşenlerini içermektedir. Özellikle, karbonat bileşenlerinin CaO içeriklerinin önemli derecede artırımlarının yanı sıra, nispeten düşük Al_2O_3 içeriklerine sahip olmaları ICV değerlerinin oldukça yüksek olmalarını sonuçlayabilir. Ayrıca, kayaların nispeten düşük SiO_2 değerleri ve K_2O vs Na_2O göre kimyasal sınıflama diyagramlarına göre kuvarsa fakir zona düşmeleri bu sonucu destekler niteliktedir. CIA vs ICV diyagramına göre her ne kadar olgun olmayan karakterler ve yüksek ayrışma göstermiş olmalarına karşın, Th/U vs U diyagramı, ayrışma trendini kötü yönsemeli olarak gözlenmektedir. Bunların yanı sıra, U, ve Th elementlerinin konsantrasyonları Al_2O_3 ile dağınık olarak korelasyon göstermektedir. Bu durum silisiklastik kırıntı girdisinin azlığı veya litik bileşenlerin karbonatlı tanelerden oluşması ile açıklanabilir.



Şekil 20. ICV vs CIA; ICV vs CIW; Th vs Th/U ve GdYb_N vs Ce/Ce* (McLennan ve Taylor, 1991; Jones ve Manning, 1994).

Kırıntılı kayaçların kaynak alanlarını ortaya koymak üzere kayaçların jeokimyasal özellikleri yaygınca kullanılmıştır (Örneğin; Nesbitt ve Young, 1982; Taylor ve McLennan, 1985; Wronkiewicz ve Condie, 1987; Fedo vd, 1995; Chen ve Robertson, 2019). Genel olarak, kırıntılı sedimentlerin $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı, ayrışma ve sedimentasyon proseslerine duyarlı olup, tortu olgunluğunun bir göstergesi olarak kullanılabilir (Roser ve Korsch, 1986). Bununla ilgili olarak daha önceki çalışmalar, değişmemiş magmatik kayaçların ortalama $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranları $\sim 3,0$ (bazik) ile $\sim 5,0$ (asidik) arasında değiştiğini öne sürmüş ve sedimanter kayaçların $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranları $>5,0$ daha büyük olan oranlar ise olgunluğun bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Roser vd., 1996).

Çalışılan kayaçların düşük $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranlarına sahip olması, volkanik kaynak alanlardan türemiş ortaç veya felsik kökenli sedimentlerin çökelme ortamına girdisinin olabileceğini göstermektedir. Üst Kretase volkanik ve plütonik kayaçları oldukça geniş yayılımlara sahiptir. Kaygusuz ve Eker (2021) Üst Kretase yitim kökenli volkanik kayaçları Değirmentaş (Torul/Gümüşhane) yöresinde kayıt etmişlerdir ve bu kayaçların, TiO_2 değerleri, 0,22 ile 0,48 arasında değişmektedir. Dolayısıyla, çalışılan kayaçların 0,22-0,77 arasında değişen göreceli olarak yüksek TiO_2 değerleri, yitim kökenli volkanizmanın veezitik ürünlerinin bir katkısı veya bu volkanizmanın ürettiği kayaçların ayrışma ürünleri ile ilişkili olduğu olarak yorumlanabilir. Bunların yanı sıra, çalışılan kayaçların göreceli olarak yüksek TiO_2 values değerleri, ferromagnezyen minerallerin ayrışmaları sırasında Ti mobilize olması oldukça yaygın olan bir süreçtir (Gardner, 1980). Diğer taraftan, çalışılan örnekleri nispeten düşük 1,7 ile 11,3 arasında değişen değerlerde Ni içeriği, 20,5 ile 41,0 arasında değişen değerlerde Cr içeriği ve 3,9 ile 7,9 arasında değişen değerlerde Cr/Th oranlara sahiptir. Bunların yanı sıra, Taylor ve McLennan (1985) tarafından, üst kıtasal kabuk UCC ($\text{Cr/Th}=3,5$) ve Post Archean Shale değerlerine göre PAAS value ($\text{Cr/Th}=7,53$) değerleri ile karşılaştırıldığında nispeten benzer Cr/Th oranlarına sahiptir. Çalışılan örneklerin La/Co (3,19-6,74; ortalama 5,22), Th/Co (0,95-2,06; ortalama 1,49), Th/Cr (0,13-0,25; ortalama 0,17), La/Sc (2,14-4,15; ortalama 2,90) ve Th/Sc (0,56-1,30; ortalama 0,84) içeriklerine sahiptir (Ek X). Bunların yanı sıra, çalışılan örnekler Rb vs K_2O asidik ve bazik karakterli kayaçların arasında bir yönseme gösterirken, F1 vs F2 diyagramda ise asidik ve ortaç karakterli magmatik kayaçları işaret ederler. Bunlara ek olarak, La/Sc vs Co/Th diyagramı ve Zr/Sc vs Th/Sc diyagramlarında ise felsik karakterli magmatik kayaçlar ile birliktelik göstermektedir (Şekil 21).



Şekil 21. Rb vs K_2O (Floyd vd., 1990); (b) F1 vs F2 (Roser ve Korsch, 1988); (c) (b) La/Sc vs Co/Th (Gu vd., 2002; Condie, 1993); (a) Zr/Sc vs Th/Sc (McLennan vd., 1993).

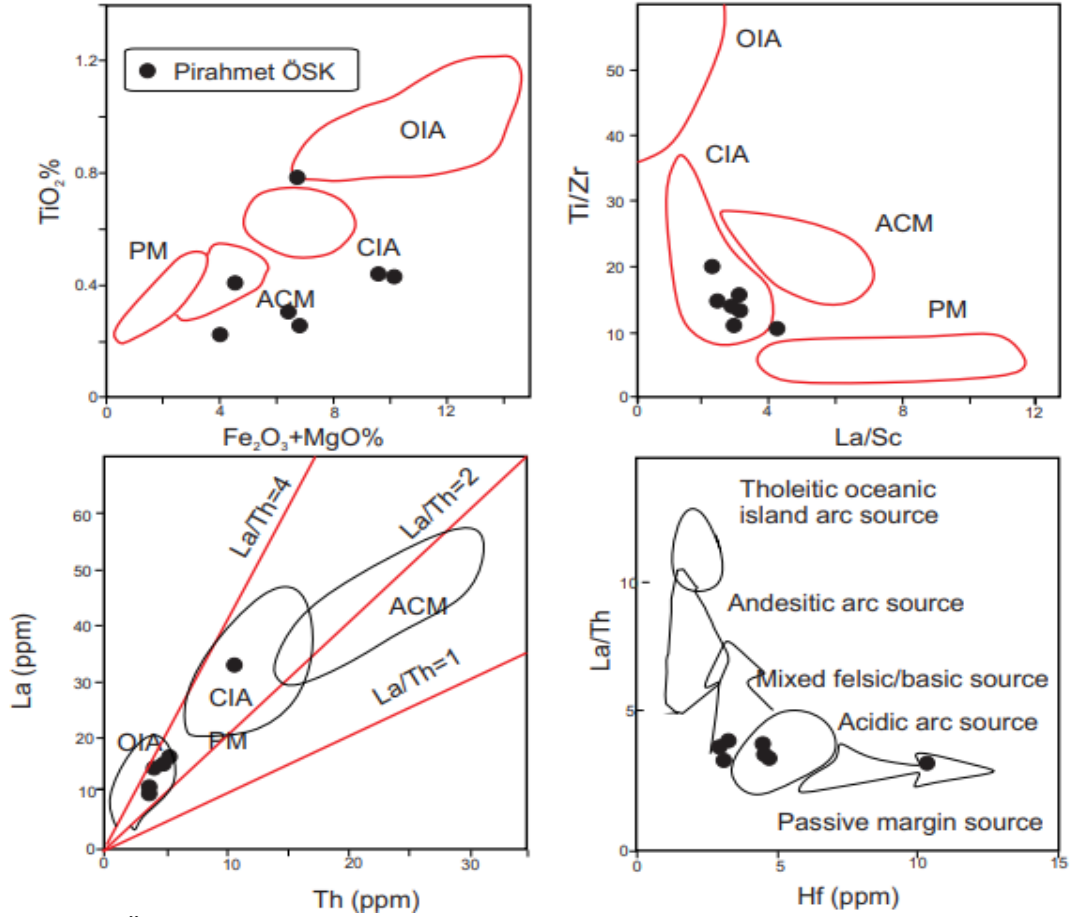
Jeolojik zamanlar boyunca oluşmuş eski kırıntılı tortul kayaçların, petrografik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri; (i) bozunma ve alterasyonların, (ii) sedimanter bozunma ve yeniden sedimanter dönüşüm proseslerinin, (iii) çökelme paleo-ortamsal koşulların ve (iv) jeodinamik ortamı, kaynak alan ve litolojileri gibi farklı faktörleri içeren karmaşık bir fonksiyon tarafından kontrol edilir (Nesbitt ve Young, 1982; McLennan vd., 1993; Chen ve Roberson, 2019). Bahsi geçen faktörler içerisinde, jeodinamik konumu ve kaynak alan ve litolojileri rolü kırıntılı sedimanter kayaçların mineralojik ve jeokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin oldukça önemli olduğu bilinmektedir (Örneğin; Nesbitt ve Young, 1982; Wronkiewicz ve Condie, 1987; Fedo vd., 1995; Chen ve Robertson, 2019).

Gümüşhane yöresindeki Mesozoyik jeodinamiğinin önemli ürünlerini oluşturan Üst Kretase istifleri Doğu Pontidler’de oldukça yaygın yüzeylemelere sahiptir. Doğu Pontidler’in (NE Türkiye) güney kesimlerinde baskın olarak sedimanter istifler ile temsil edilen Üst Kretase istiflerinin en tipik mostraları Doğu Pontidler’in Gümüşhane yöresinde

yer alır. Gümüşhane yöresinde farklı litofasiyes özellikler gösteren kayaçlar, başlıca Kındıralık Dere Formasyonu, Elmalı Dere Formasyonu ve Tepeköy Formasyonu olmak üzere üç ana litostratigrafik birimi temsil eden formasyonlar ile temsil etmektedir. Kındıralık Dere Formasyonu Gümüşhane yöresinde, düşey ve yanal yönde farklı litofasiyes özellikler gösterir. Bunlar başlıca monojenitik konglomera, kalkarenit, litarenit, sublitarenit ve kuvars arenitler ile temsil olur. Kındıralık Dere Formasyonu, Pirahmet yöresinde ise kalklitarenitler ile temsil olur.

Çalışılan örneklerin jeokimyasal özellikleri, nispeten daha düşük SiO_2 değerleri ve yüksek CaO değerleri göstermektedir. Benzer şekilde, Lin vd., (2019), Batı Salin Havzası'nda Orta Eosen-Alt Oligosen'den gelen kumtaşlarında benzer jeokimyasal özellikler (düşük SiO_2 ve Fe_2O_3 içerikleri ve yüksek CaO ve MgO içeriklere sahip) kaydetmişlerdir. Bu kumtaşlarının özelliklerini kalk-alkali bileşenlerine bağlı olduğunu önermişlerdir. Benzer şekilde, birine yaklaşan levha kenarlarında bulunan kalk-alkali kayaçlar, oksitleyici durum ve yüksek CaO içeriği ile birlikte düşük Fe/Mg oranlarına sahip olduğu öne sürülmüştür (Luffi ve Lee, 2012). Bunların yanı sıra, Çalışılan örneklerin, nispeten zenginleşmiş LREE La/YbN (4,74 ile 8,78 değişen, ortalama 6,66), ve Pr/YbN (2,46 ile 4,17 değişen, ortalama 3,39) Condrite normalize edilmiş desenleri vardır (Şekil 18). Ayrıca Eu/Eu^* değerleri 0,64 ile 0,91 (ortalama 0,80) arasında değişir ve nispeten negatif Eu anomalisi gösterirler (Şekil 18). Daha önceki çalışmalar (Örneğin; Cullers, 1995), mafik kaynakların genellikle düşük LREE/HREE oranları gösterdiğini ve çok az veya hiç negatif Eu anomalisi göstermediğini fakat felsik kaynakların ise normal olarak yüksek LREE/HREE oranları ve negatif Eu anomalileri gösterdiğini öne sürmüştür. İncelenen örneklerin, REE özellikleri felsik kayaçların REE karakterleri ile benzerlik göstermektedir. Bunların yanı sıra, örneklerin Gd/YbN değerleri 0,95 ile 1,35 arasında değişir (ortalama 1,19) değerindedir. Çalışılan örneklerin REE karakter özellikleri ile, Lin vd. (2019) rapor edilen sedimanter kayaçlar ile benzerlik gösterir. Lin vd. (2019) çalışılan kayaçların farklı fazlarda bimodel magmatik kayaçlar ile ilişkili olabileceğini ortaya koymuştur. REE karakter özelliklerine ilaveten kayaçların Th/Sc oranları 0,56 ile 1,30 arasında değişir (ortalama 0,84) magmatik yayları gösteren Genç Farklılaşmış Yay kaynağının karakteristikleri ile benzerlik gösterir (Lin vd., 2019). Bu özellikleri ile Doğu Pontidler Kuzey Zonda gözlenen farklı fazlarda gelişen bu model yay magmatizmasına benzerlik göstermektedir (Örneğin, Aydın, 2014). Benzer şekilde

örneklerin ana iz element içeriklerine göre tektonik ortam ayrışılma diyagramlarında (Bhatia ve Crook, 1986) yay tektonik ortamı ile ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 22).

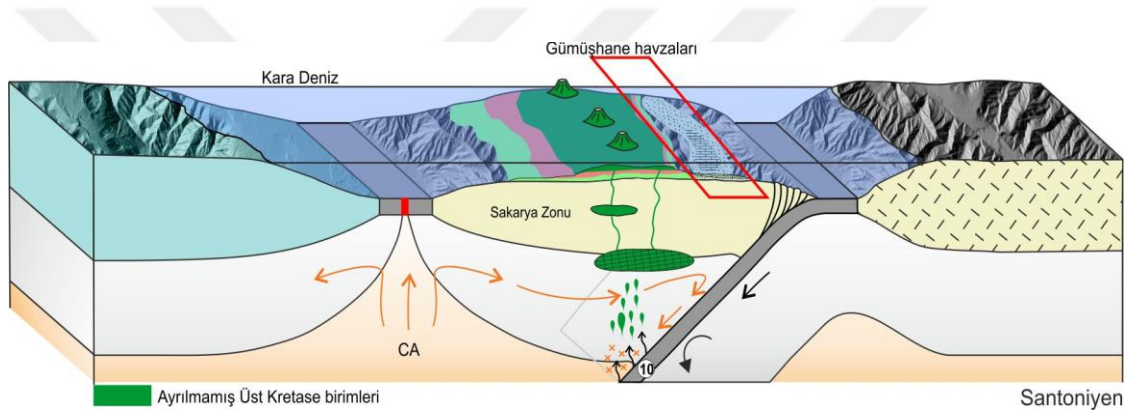


Şekil 22. Örneklerin ana iz element içeriklerine göre tektonik ortam ayrışılma diyagramları (Bhatia, 1983; Bhatia ve Crook, 1986) OIA: Okyanusal ada yayı; CIA: Kıtasal ada yayı; PM: Pasif marj; ACM: Aktif kıtasal marj; A1: Yay ortamı, bazik ve veezitik kırıntılar; A2: Evrimleşmiş yay ortamı, felsik-plütonik kırıntılar.

Yüksek Lisans Tezi'nin esas konusunu oluşturan Geç Kretase çökelleri Geç Kretase'de yaklaşık doğu-batı hattında uzanan ada yayının güneyinde yer alan denizin kuzey kenarı boyunca riftleşen bir yay üzerinde çökelmiş olmalıydılar. Dickinson vd. (1983) yaylardan türeyen çökellerin yayların göstermiş oldukları morfolojik ve petrofasiyes özelliklerine ve farklı aşınma miktarlarına göre karışık petrofasiyes özellikleri sunabileceklerini belirtmiştir. Yaylardan türemiş kumtaşları tipik olarak olgunlaşmamış ve çoğunlukla volkanik kayaç parçaları ve diğer kayaç parçalarınca zengindirler. Aşınmamış yaylardan türeyen volkanik kayaç parçaları genellikle ince taneli volkanik kayaç parçalarından oluşmakta ve plajiyoklasca zengindirler. Aşınmış yaylarda

ise aşınmanın şiddetine bağlı olarak yayın kökünde yer alan plütonik kayalar yüzeyleme verir ve kumtaşı volkanik kayaç parçalarının yanı sıra yoğun şekilde feldispat ve kuvars içerebilir (Dickinson 1985).

Pirahmet ÖSK'daki kumtaşlarında yapılan incelemeler ve jeokimyasal analizler, bu çökellerin bir yaydan beslenmiş olması gerektiğini göstermektedir (Şekil 23). Ayrıca, incelenen kumtaşlarının içerisinde bulunduğu istif, kumtaşlarının makroskobik ve mikroskobik özellikleri incelendiğinde; diğer kayaların petrografik incelemeleri sonucundaki özellikleri, bitki kırıntıları içeren seviyelerin varlığı, yersel ve yanal devamlılığı olmayan konglomera ve kumtaşlarının varlığı, çökellerdeki ani fasiyes değişimleri, bu çökellerin kıta yamacında çöktüğü izlenimini vermektedir.



Şekil 23. Doğu Sakarya Zonundaki Geç Kretase havzalarının gelişim süreci (Aydın vd. 2020'den değiştirilmiştir).

Gümüşhane ve yakın civarda yüzeyleyen Üst Kretase çökelleri Tokel (1972) tarafından türbiditik çökeller olarak ifade edilmişlerdir ve Kermutdere Formasyonu olarak tanımlanmışlardır. Bektaş vd. (1984), Yılmaz (1997), Eren ve Taslı (2002) ve Yılmaz ve Kandemir (2006) Berdiga Formasyonu olarak adlandırılan platform karbonatları üzerinde bulunan Turoniyen-Koniasiyen yaşlı çökeller, yukarıdaki yazarlar tarafından çoğunlukla aynı ad ile anılmıştır. Gümüşhane yöresindeki birçok çalışmada Kermutdere Formasyonu içerisindeki kırıntılı kireçtaşlarından/kalkarentilerden oluşan seviye çoğunlukla bir karbonat platformunun parçalanmasıyla oluşan dış şelfdeki yamaçlarda çökelmiş olarak ifade edilmiştir (Yılmaz, 1997; Eren ve Taslı, 2002; Yılmaz ve Kandemir, 2006; Yılmaz vd. 2008).

Yılmaz ve Kandemir (2006) Kındıralık Dere Formasyonu'nun tabanında yer alan breşik çökelleri yeniden çökelmiş (resedimented) olarak ifade etmiş ve istifin tabanında yer aldığını belirtmiştir. Tez kapsamında ölçülen kesitlerde de Kındıralık Dere tabanında

benzer şekilde breşik ve konglomeratik seviyeler izlenmiştir. Bu çalışmada Kındıralık Dere Formasyonu'nun tabanı Gümüşhane yöresinde de aynı Pelin (1977)'nin ilk tanımladığı lokasyonda olduğu gibi, uyumsuz olduğu düşünülmektedir. İncelenen kalkarenitlerde yer yer tabakalanma zayıftır. Yılmaz vd. (2008) Elmalı Dere Formasyonu'nun tabanındaki breşik çökellerin yersel olarak ince taneli, dereceli olarak biyoturbasyon içeren kalsitürbiditlerle ara katkılı olduğunu belirtmiştir. Tez kapsamında yapılan ÖSK'larda da aynı bol biyoturbasyonlu seviyeler izlenmiştir. Elmalı Dere Formasyonu içerisindeki breşlerin ve kalsiklastik kayaçların bileşenleri alttaki karbonat platformundan türemiş monojenitik bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin boyutları kum boyutundan çakıl boyutuna kadar değişmektedir. Kalkarenit seviyeleri çoğunlukla bentik foraminiferli ve algli istiftaşı ve tanetaşlarından oluşmaktadır. Pirahmet ÖSK'da olan kalkarenitler içerisinde yoğun şekilde terijen girdisi gözlenmekte ve bu seviyeler kumtaşı olarak belirtilmektedir. Yılmaz vd. (2008) bu seviyelerden yaptığı çalışmasında çökellerin bentik foraminiferler, ekinitler ve kırmızı alg parçaları içerdiğini bu biyojenlerin yakındaki denizaltı yükseltilerinden kaynaklı olduğunu ve planktonik faunanın karışımından oluştuğunu belirtmiştir.

Elmalı Dere Formasyonu içerisinde her seviyede kalsiklastikler yaygındır. Yılmaz vd. (2008) birim içerisindeki incelenen kalsiklastiklerin normal dereceli olduklarını, küçük bentik ve *Quadryna* sp., *Pseudolituonella* sp., *Nezzazata* sp., *Calcisphaerulidae*, *Arenobulimina* sp., *Globotruncana* sp., *Valvulina* sp. cinsi planktonik foraminiferler, radyolaryalar, sünger spikülleri, pelecypod parçaları, bryozoa parçaları içerdiğini belirtmiştir. Yazarlar ayrıca incelenen kalsiklastiklerde kum boyutunda litoklast parçalarının bulunduğunu da belirtmiştir. Elmalı Dere Formasyonu içerisindeki kalsiklastiklerde yukarıya doğru tane boyutu ve tabaka kalınlıklarında azalma gözlenmektedir.

Kılıç (2009) Gümüşhane ve yakın yöresinde yüzeyleme veren Kındıralık Dere Formasyonun da içinde bulunduğu çökelleri Kermutdere Formasyonu olarak kullanmıştır. Formasyonun genel olarak birbiriyle yanal ve düşey olarak geçişli olan çoğunlukla Berdiga, daha az orvea da Şenköy Formasyonu'ndan türemiş monojenik breş, sarı renkli, kumlu kireçtaşları (kalsitürbiditler), kırmızı renkli, bol pelajik fosilli mikritik kireçtaşı ve silisiklastik türbidit çökellerinden oluştuğunu vurgulamıştır. Kılıç (2009) formasyonun bu özelliklerini dikkate alarak birimin açık deniz tarafında bulunan bir kıta yamacı ve açık deniz ortamında biriktiğini vurgulamıştır. Ayrıca söz konusu yamaç ortam

fasiyeslerini; monojenik breş ve konglomeralar ve kalsitürbiditler halinde ikiye ayırmıştır.

Kılıç (2009) kalsiklastikler içerisinde bentik (*Textularia*, *Valvulina*) ve planktonik foraminifer (*Dicarinella*, *Marginotruncana*, *Globotruncana*, *Archaeoglobigerina*, *Macroglobigerinelloides*) topluluklarının bir arada bulunduğunu vurgulamıştır. Kalsiklastik çökellerin bazı seviyelerinde mikrotürbiditik yapılar gözlenmektedir.

Tez kapsamında incelenen kalsiklastiklerin bileşenlerinin bir bölümü Berdiga Formasyonu'na ait platform karbonatlarından türemiştir. İncelenen örneklerde terijen bileşenler olarak kuvars parçaları, çört parçaları ve volkanik kayaç parçaları bazı ÖSK'larda yaygın olarak izlenebilmektedir. İncelenen kalsiklastiklerde tabakalanma yaygın şekilde belirsizdir ve yukarıya doğru derecelenmeler gözlenir. Kındıralık Dere Formasyonu içerisindeki çökellerde yatay ve düşey doğrultuda tane boyutunda belirgin bir incelme gözlemlendiği belirlenmiştir.

Gümüşhane yöresindeki birçok çalışmada Kermutdere Formasyonu içerisindeki birimlerin birbirleriyle uyumlu oldukları belirtilmiştir (Eren ve Taslı, 2002; Yılmaz ve Kandemir, 2006; Yılmaz vd. 2008; Kılıç, 2009). Pelin (1977) yaptığı çalışmada Kındıralık Dere Formasyonu üzerine uyumlu olarak Elmalı Dere Formasyonunun pelajik kireçtaşlarının geldiğini belirtmiştir. Bu tez çalışması kapsamında da Pelin (1977) çalışması dikkate alınmış ve Kındıralık Dere Formasyonu üzerine Elmalı Dere Formasyonu'nun geldiği belirlenmiştir. Elmalı Dere Formasyonu zengin bir planktonik fauna (pelajik foraminiferler ve az radyolaryalar) içeren kırmızıdan şarabi kırmızıya kadar değişen renklerde çoğunluğunu vaketaşlarının ve çamurtaşlarının oluşturduğu mikritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Elmalı Dere Formasyonu içerisindeki bu pelajik kireçtaşları havza çökelleri olarak düşünülebilir. Eren ve Taslı (2002)'nin Kilop Hardground'ları ile ilgili çalışmasında, Kındıralık Dere Formasyonu'nun Kilop yöresinde Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuzlukla oturduğu belirgin olarak izlenmektedir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda da, bu uyumsuzluğun aslında tüm Gümüşhane yöresindeki Üst Kretase istiflerinde varolması gerektiği düşünülmektedir. Eren ve Taslı (2002) tarafından yapılan çalışmada, Kındıralık Dere Formasyonu üzerine Elmalı Dere Formasyonu'na ait mikritik kireçtaşlarının uyumlu olarak geldiğini belirtmişlerdir. Ancak bu tez kapsamında yapılan arazi ve petrografik çalışmalarda aslında Elmalı Dere Formasyonu'nun Kındıralık Dere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiği düşünülmektedir.

Tez kapsamında özellikle Pirahmet ÖSK'daki kumtaşlarında yapılan incelemeler ve jeokimyasal analizler, kumtaşlarının bileşenlerinin bir yaydan beslenmiş olması gerektiğini düşündürmüştür. Benzer şekilde örneklerin ana iz element içeriklerine göre tektonik ortam ayrışma diyagramlarında yay tektonik ortamı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.



5. ÖNERİLER

Bu tez kapsamında incelenen Kındıralık Dere Formasyonu doğu Sakarya Zonu'nda yaygın şekilde yüzeyleme vermektedir. Tez kapsamında ilk kez bu kayalardan jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Mesozoyik jeodinamiğinin anlaşılması anlamında bu tip sedimanter kayalardaki jeokimyasal çalışmaların diğer istiflere ve çökel topluluklarına uygulanması, yeni verilerin sağlanması bağlamında önemlidir ve önerilir.



KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, Ğ.Ü., *Fen Fakültesi, İstanbul*.
- Akdoğan, R., 2011, Erken-Orta Jura Yaşlı Kumtaşı Ve Şeyllerin (Gümüşhane-Bayburt) Jeokimyasal Özellikleri. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.
- Aydin, F., 2014, Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Maçka subvolcanic intrusions: implications for the Late Cretaceous magmatic and geodynamic evolution of the eastern part of the eastern part of the Sakarya Zone, northeastern Turkey. *International Geology Review* 56, 10, 1246-1275.
- Aydin, F., Saka, S.O., Şen, C., Dokuz, A., Aiglspeger, T., Uysal, İ., Kandemir, R., Karalı, O., Sarı, B. ve Başer, R., 2020, Temporal, geochemical and geodynamic evolution of the Late Cretaceous subduction zone volcanism in the eastern Sakarya Zone NE Turkey: implications for mantle-crust interaction in an arc setting. *Journal of Asian Earth Sciences* 192, 104217.
- Bektaş, O., Pelin, S., Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenik ofiyolit olgusu [The rise of mantle in the eastern Pontide back-arc basin and polygenic ophiolite facies]. *Türkiye Jeoloji Kurumu Ketin Sempozyumu*, 175–188 [in Turkish with English abstract].
- Bhatia, M. R. ve Crook, K. A. W., 1986. Trace Element Characteristics of Greywackes and Tectonic Setting Discrimination of Sedimentary Basins, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 92, 181-193.
- Bhatia, M. R., 1983. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sestones, *J. Geol.* 91, 611-627.
- Bhatia, M.R., 1985. Composition and Classification of Paleozoic Flysch Mudrocks of Eastern Australia, Implication in Provenance and Tectonic Setting Interpretation, *Sedimentary Geology*, 41, 249-268.

- Chen, G., ve Robertson, A.H., 2019, Provenance and magmatic-tectonic setting of Campanian-aged volcanoclastic svestones of the Kannaviou Formation in western Cyprus: Evidence for a South-Neotethyan continental margin volcanic arc: *Sedimentary Geology*, 388, 114–138, 10.1016/j.sedgeo.2019.05.002.
- Condie, K.C., 1993, Chemical composition ve evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples ve shales: *Chem. Geol.*, 104, 1–37.
- Cox, R., Lowe, D.R., ve Cullers, R.L., 1995, The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 14, 2919–2940, 10.1016/0016-7037(95)00185-9.
- Creaser, R.A., Erdmer, P., Stevens, R.A., ve Grant, S.L., 1997, Tectonic affinity of Nisutlin and Anvil assemblage strata from the Teslin tectonic zone, northern Canadian Cordillera: Constraints from neodymium isotope ve geochemical evidence: *Tectonics*, 16, 107–121, 1, 10.1029/96TC03317.
- Critelli, S., 2018, Provenance of Mesozoic to Cenozoic circum-Mediterranean svestones in relation to tectonic setting: *Earth-Science Reviews*, 185, 624–648, 10.1016/j.earscirev.2018.07.001.
- Crook, K.A.W., 1974, Lithogenesis ve geotectonics: the significance of compositional variations in flysch arenites (graywackes), in Dott, R.H., Shaver, R.H. (eds.), *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation: Society for Sedimentary Geology Special Publication*, 19, 304–310.
- Cullers, R.L., 1995. The controls on the major- ve trace-element evolution of shales, siltstones and svestones of Ordovician to Tertiary age in the Wet Mountains region, Colorado, USA. *Chem. Geol.* 123, 107–131.
- Cullers, R.L., 2000. The geochemistry of shales, siltstones and svestones of Pennsylvanian–Permian age, Colorado, USA: implications for provenance ve metamorphic studies. *Lithos* 51, 181–203.

- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, *İTÜ Yayını*, No. 1034.
- Dickinson, W.R. ve Suczek, C.A., 1979. Plate Tectonics ve Svestone *Compositions*, *AAPG Bulletin*, 63, 12, 2164-2182.
- Dickinson, W.R., 1970, Interpreting detrital modes of graywacke ve arkose, *Journal of Sedimentary Research*, 40, 2, 695–707.
- Dickinson, W.R., 1985, Interpreting provenance relations from detrital modes of svestones, In: Zuffa G.G. (ed) Provenance of arenites, *Springer, Dordrecht*. 333–361,
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., ve Ryberg, P.T., 1983, Provenance of North American Phanerozoic svestones in relation to tectonic setting: *Geological Society of America Bulletin*, 94, 2, 222–235, 10.1130/0016-7606(1983)942.0.CO;2
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Geochemical Constraints on the Provenance, Mineral Sorting ve Subaerial Weathering of Lower Jurassic ve Upper Cretaceous Clastic Rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*_15, 181–209.
- Dokuz, A., 2011, A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse composite pluton. *Gondwana Research* 19, 4, 926-944.
- Dokuz, A., Uysal. İ., Kaliwoda, M., Karşlı, O., Ottley, C. J. ve Kandemir, R., 2011, Early abyssal- and late SSZ-type vestiges of the Rheic oceanic mantle in the Variscan basement of the Sakarya Zone, NE Turkey: Implications for the sense of subduction and opening of the Paleotethys. *Lithos*, 127, 1-2, 176-191.
- Eker, S. ve Korkmaz, S. 2011. Mineralogy and whole rock geochemistry of late Cretaceous svestones from the eastern Pontides (NE Turkey). *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhvelungen*, 188/3, 235 – 256

- Eren, M., 1983. Gümüşhane Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.
- Eren, M., ve Taslı, K., 2002, Kilop Cretaceous Hardground (Kale, Gümüşhane, NE Turkey): description ve origin. *Journal of Asian Earth Sciences* 20, 5, 433-448.
- Fedo, C.M., Wayne Nesbitt, H., ve Young, G.M., 1995, Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions ve provenance: *Geology*, 23, 10, 921–924, 10.1130/0091-7613(1995)0232.3. CO;2.
- Floyd, P., ve Leveridge, B., 1987. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic svestones. *J. Geol. Soc.* 144, 531–542.
- Floyd, P.A., Leveridge, B.E., ve Franke, W., 1990, Provenance and depositional environment of Rhenohercynian synorogenic greywackes from the Giessen Nappe: Germany: *Geol Rundsch*, 79, 611–626, 3, 10.1007/BF01879205.
- Folk, R. L., 1980, Petrology of Sedimentary Rocks. *Hemphill Press, Austin*, 182.
- Gao, F., Pei, X., Li, R., Li, Z., Pei, L., Chen, Y., Wang, M., Zhao, S., Liu, C., ve Li, X., 2020, Neoproterozoic tectonic evolution of the northwestern margin of the Yangtze Block (southwestern China): Evidence from svestone geochemistry and detrital zircon U-Pb ages of the Hengdan Group: *Precambrian Research*, 344, 105737, 10.1016/j. precamres.2020.105737.
- Garzanti, E., 2019, Petrographic classification of sve and svestone: *Earth-science Reviews*, 192, 545–563, 10.1016/j. earscirev.2018.12.014.
- Gedik, L., Kırmacı, M. Z., Çapkinoğlu, ğ., Özer, E. ve Eren, M., 1996. Doğu Pontidlerin incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*, 121.
- Görür, N., İngör, A. M. C., Akkök, R. ve Yılmaz, Y., 1983. Pontidlerde Neo-Tetis'in Kuzey Kolunun Açılmasına İlişkin Sedimentolojik Veriler, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 11-20.

- Gu, X.X., Liu, J.M., Zheng, M.H., Tang, J.X., ve Qi, L., 2002, Provenance and Tectonic Setting of the Proterozoic Turbidites in HunaSouth China: Geochemical Evidence: *Journal of Sedimentary Research*, 72, 3, 393–407, 10.1306/081601720393.
- Güven, İ.H. 1993. Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250.000 ölçekli kompilasyonu. *MTA Yayınları, Ankara*.
- Hacıosmanoğlu, T., 1983, Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi Ve Mikrofasiyel İncelemesi *Karadeniz Teknik Üniversitesi*.
- Hallberg, R.O., 1976, A Geochemical Method for Investigation of Palaeoredox Conditions in Sediments: *Ambio, Spec. Rep*, 4, 139–147.
- Harnois, L., 1988, The CIW index: A new chemical index of weathering: *Sedimentary Geology*, 55, 3, 319–322, 10.1016/0037-0738(88)90137-6.
- Jones, B., ve Manning, D.A., 1994, Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox 20 R. KANDEMİR ET AL. conditions in ancient mudstones: *Chemical Geology*, 111, 1– 4, 111–129, 10.1016/0009-2541(94)90085-X.
- Kandemir, R. Özyurt, M. Karsli, O. 2021. Sedimentological and geochemical characteristics of Lower Jurassic Svestones from Gümüşhane, NE Turkey: implications for source to sink processes, paleoenvironmental conditions, provenance ve tectonic settings *International Geology Review* 1-24
- Kandemir, R. ve Yılmaz, C. 2009. Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 586-598.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yöresindeki Erken-Orta Jura Yağlı genköy Formasyonunun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.

- Kandemir, R.ve Lerosey, R. 2011. First report of a trilobite in the Carboniferous of Eastern Pontides, NE Turkey *Turkish Journal of Earth Sciences* 20, 179-183.
- Kaygusuz, A. ve Eker, Ç. S., 2021, Geochemical features and petrogenesis of Late Cretaceous subduction-related volcanic rocks in the Değirmentaş (Torul/Gümüşhane) area, *Eastern Pontides (NE Turkey). Journal of Engineering Research and Applied Science* 10, 1, 1689-1702
- Kılıç, N., 2009, Gümüşhane-Bayburt yöresi kretase-tersiyer geçişinin foraminifer ve sedimantoloji kayıtları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kırmacı, Z., 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı' nın Sedimantolojik İncelemesi, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*, 256.
- Klinkhammer, G.P., ve Palmer, M.R., 1991, Uranium in the oceans: Where it goes and why: *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 55, 7, 1799–1806, 10.1016/0016-7037(91)90024-Y.
- Leven, E. ve Okay, A. (1996) Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya complex, northwestern Turkey *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 102, 139-174.
- Li, Z., Lippert, P., Ding, L., Song, P., Yue, Y., Van Hinsbergen, D., 2016. Paleomagnetic constraints on the mesozoic drift of the Lhasa terrane (tibet) from gondwana to eurasia. *Geology* 44, 737e740.
- Lin, B., Liu, Z., Eglinton, T.I., Kveasamy, S., Blattmann, T.M., Haghipour, N., ve De Lange, G.J., 2019, Perspectives on provenance and alteration of suspended and sedimentary organic matter in the subtropical Pearl River system, South China: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 259, 270–287, 10.1016/j.gca.2019.06.018.
- Löwen, K., Meinhold, G., ve Güngör, T., 2018, Provenance ve tectonic setting of Carboniferous–Triassic svestones from the Karaburun Peninsula, western

- Turkey: A multi-method approach with implications for the Palaeotethys evolution: *Sedimentary Geology*, 375, 232–255, 10.1016/j.sedgeo.2017.11.006.
- Luffi, P. I. ve Lee, C., 2012, The Origin of Tholeiitic and Calc-Alkaline Trends in Arc Magmas. American Geophysical Union, 43, 2864
- Mackenzie, F.T., 2005, J. Veizer Ruhr University, Bochum, Germany and University of Ottawa, ON, Canada and. Sediments, Diagenesis, and Sedimentary Rocks: *Treatise on Geochemistry*, 7, 369.
- McLennan, S. M., Hemming, S., McDaniel, D. K. ve Hanson, G. N., 1993. Geochemical Approaches to Sedimentation, Provenance ve Tectonics, *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 284, 21–40.
- McLennan, S.M., 1989, Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes: Geochemistry and mineralogy of rare earth elements: *Reviews in Mineralogy*, 21, 169–200.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K., ve Hanson, G. N., 1993, Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics: Special Papers- *Geological Society of America*, 21.
- McLennan, S.M., ve Taylor, S.R., 1991, Sedimentary rocks ve crustal evolution: Tectonic setting and secular trends: *The Journal of Geology*, 99, 1, 1–21, 10.1086/629470.
- Middleton, G.V., 1960. Chemical Composition of Svestones, *Geological Society of America Bulletin*, 71, 1011-1026.
- Milodowski, A.E., ve Zalasiewicz, J.A., 1991, Redistribution of rare earth elements during diagenesis of turbidite/hemipelagite mudrock sequences of Llaveoverly age from central Wales, *Geological Society, London: Special Publications*, Vol. 57, 101–124.
- Mohammedyasin, M.S., ve Wudie, G., 2019, Provenance of the cretaceous Debre Libanos Svestone in the Blue Nile Basin, Ethiopia: Evidence from petrography and geochemistry: *Sedimentary Geology*, 379, 46–59, 10.1016/j.sedgeo.2018.10.008.

- Nath, B. N., Plüger, W. L. ve Roelandts, I., 1997, Geochemical constraints on the hydrothermal origin of ferromanganese encrustations from the Rodriguez Triple Junction, Indian Ocean. *Special Publications*, 119, 199-211,
- Nesbitt, H., ve Young, G.M., 1982, Early Proterozoic climates ve plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature*, 299, 5885, 715–717.
- Nesbitt, H.W., ve Young, G.M., 1989, Formation ve diagenesis of weathering profiles, *The Journal of Geology*, 97, 2, 129–147.
- Nesbitt, H.W., ve Young, G.M., 1996, Petrogenesis of sediments in the absence of chemical weathering: Effects of abrasion ve sorting on bulk composition and mineralogy, *Sedimentology*, 43, 2, 341–358.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: A. G. Robinson, (Ed.), *Regional ve Petroleum Geology of the Balack Sea ve Surrounding Region. AAPG Mem*, 68, 291-311.
- Okay, A.I., ve Tüysüz, O., 1999, Tethyan sutures of northern Turkey: *Geol Soc Spec Publ*, 156, 475–515.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, Doç. Tezi, *K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi*, No: 13, Trabzon.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., ve Siever, R., 1987, *Sve ve Svestone*, and ed, *Springer: Berlin, Heidelberg, NewYork*.
- Rahman, M.J.J., Xiao, W., Hossain, M.S., Yeasmin, R., Sayem, A.S. M., Ao, S., Dina, N.T., 2020, Geochemistry ve detrital zircon U–Pb dating of Pliocene-Pleistocene svestones of the Chittagong Tripura Fold Belt (Bangladesh): Implications for provenance: *Gondwana Research*, 78, 278–290.
- Robertson, A.H.F., 2002. Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region. *Lithos* 65, 1–67.
- Robertson, A.H.F., 2019. Geological development ve regional significance of an oceanic magmatic arc and its sedimentary cover: Permian Brook Street Terrane, South

- Islve, New Zealve. In: Robertson, A.H.F. (Ed.), Paleozoic- Mesozoic Geology of South Islve, New Zealve: Subduction-related Processes Adjacent to SE Gondwana. *Geological Society of London. Memoirs* 49, pp. 43–73.
- Roser, B. P. ve Korsch, R.J., 1986. Determination of Tectonic Setting of SvestoneMudstone Suits Using SiO₂ ve K₂O/Na₂O Ratio. *The Journal of Geology*, 94, 5, 635–650.
- Roser, B.P., Cooper, R.A., Nathan, S., ve Tulloch, A.J., 1996, Reconnaissance svestone geochemistry, Provenance, and Tectonic Setting of the Lower Paleozoic Terranes of the West Coast ve Nelson, New Zealve: *New Zealve Journal of Geology ve Geophysics*, 39, 1, 1–16.
- Roser, B.P., ve Korsch, R.J., 1988, Provenance signatures of svestone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data, *Chemical Geology*, 67, 1–2, 119–139.
- Roy, P. D., Caballero, M., Lozano, R. ve Kloss, W. S., 2008, Geochemistry of late quaternary sediments from Tecocomulco lake, central Mexico: Implication to chemical weathering and provenance. *Geochemistry*, 68, 4, 383-393.
- Seymen, İ. 1975. Kelkit vadisi kesiminde kuzey Anadolu Fay Zonunun tektonik özelliği. *İTÜ, Doktora tezi, İstanbul, Türkiye*, 192 s.
- Spaletti, L. A., Queralt, I., Matheos, S. D., Colombo, F. ve Maggi, J., 2008, Sedimentary petrology and geochemistry of siliciclastic rocks from the upper Jurassic Tordillo Formation (Neuquén Basin, western Argentina): Implications for provenance and tectonic setting *Journal of South American Earth Sciences*, 25, 4, 440-463.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Techtonophysics*, 75, 181-241.
- Taşlı, K., 1992, Stratigraphy, paleogeography ve micropaleontology of Upper Jurassic– Lower Cretaceous carbonate sequence in the Gümüşhane ve Bayburt areas (NE

- Turkey) (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, *Karadeniz Technical University, Trabzon* (unpublished) (in Turkish with English abstract).
- Taylor, S.R., ve McLennan, S.M., 1985, The continental crust: Its composition and evolution: *Blackwell*, 312.
- Tobia, F.H., Aswad K.J., 2015. Petrography ve geochemistry of Jurassic svestones, Western Desert, Iraq: implications on provenance ve tectonic setting. *Arabian Journal of Geosciences* 8 (5): 2771-2784.
- Tokel, S., 1972. Stratgraphical ve Volcanic History of the GümüŖhane Region, N. E. Turkey, *Üniversty College, London*.
- Topuz, G. Okay, A. Altherr, R. Schwarz, W. Siebel, W. Zack, T. Satır, M. Ŗen, C. 2011. Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif ve implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey) *Lithos* 125, 131-150.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner O. ve Schwarz, W. H., 2004. Aluminous Granulites from the Pulur Complex, NE Turkey: A Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction ve Crystallization, *Lithos*, 72, 183–207.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Dokuz, A. ve Meyer, H. P., 2007. Variscan Amphibolite-Facies Rocks from the KurtoŖlu Metamorphic Complex, GümüŖhane Area, Eastern Pontides, Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 96, 861– 873.
- Turan, M., 1978. Ŗiran DoŖu Yöresinin Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.
- Van de Kamp, P.C., ve Leake, B.E., 1985, Petrography ve geochemistry of Feldspathic and mafic sediments of the northeastern Pacific margin, *Earth ve Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 76, 4, 411–449.
- Varga, A. R., Szakmany, G., Raucsik, B. ve Mathe, Z., 2005, Chemical composition, provenance and early diagenetic processes of playa lake depositys from the Boda

Siltstone Formation (Upper Permian) SW Hungry *Acte Geologica Hungarica* 49-68.

Verma, S.P., ve Armstrong-Altrin, J.S., 2016, Geochemical discrimination of siliciclastic sediments from active and passive margin settings: *Sedimentary Geology*, 332, 1–12.

Wronkiewicz, D.J., Condie, K.C., 1987. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrve Supergroup, South Africa: source-area weathering and provenance. *Geochim. Cosmochim. Acta* 51, 2401–2416.

Yılmaz, C. Kandemir, R. 2006. Sedimentary records of the extensional tectonic regime with temporal cessation Gumushane Mesozoic Basin (NE Turkey) *Geologica Carpathica* 57, 1, 3-13

Yılmaz, C. ve Kandemir, R., 2003. Şenköy Formasyonu: Yeni Bir Formasyon Adlaması, 3. *Stratigrafi Çalıştayı Bildiri Özleri, Ankara*, 14.

Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Alt Jura Çökellerinin Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri (KD Türkiye), *Yerbilimleri*, 26, 119-128.

Yılmaz, C., 1997. Sedimentological Records Cretaceous Platform-basin Transition Gümüşhane Region (NE Turkey), *Geologie Mediterran*, 24/1-2, 125-135.

Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının TektonoSedimantolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1, 141-165.

Yılmaz, Y., 1972. Petrology ve Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Doktora Tezi, *London University*, 260.

Yılmaz, C. Carannante, G. Kandemir, R. (2008) The rift-related Late Cretaceous drowning of the Gumushane carbonate platform (NE Turkey) *Italian Journal of Geosciences* 127, 37–50.

Zhou, Y., 2017, Rayleigh–Taylor and Richtmyer–Meshkov instability induced flow, turbulence, and mixing. II. *Physics Reports* 723, 725, 1-160.

Ek 1.**Ek 1.** Çalışılan örneklerin ana ve iz element değerleri.

Analyte	S-6 Rock Pulp	S-8 Rock Pulp	S-9 Rock Pulp	S-14 Rock Pulp	S-15 Rock Pulp	S-18 Rock Pulp	S-25 Rock Pulp
SiO₂	33,52	34,37	45,49	35,95	31,36	29,20	39,78
Al₂O₃	6,39	7,60	9,39	7,69	6,35	5,88	9,19
Fe₂O₃	2,45	3,05	3,46	2,94	2,93	2,05	1,90
MgO	4,49	6,73	3,48	7,34	3,69	2,08	2,83
CaO	24,43	20,06	15,49	18,37	26,33	30,76	21,24
Na₂O	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
K₂O	1,64	1,97	2,51	2,00	1,60	1,40	1,97
TiO₂	0,26	0,43	0,77	0,43	0,29	0,22	0,40
P₂O₅	0,04	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,06
MnO	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03
Cr₂O₃	0,003	0,005	0,006	0,005	0,004	0,003	0,004
CIA	78,99	78,92	78,38	78,87	79,28	80,11	81,91
CIW	99,07	99,22	99,16	99,23	99,06	98,99	99,35
ICV	5,23	4,26	2,75	4,06	5,51	6,23	3,10
Ba	354	133	273	166	187	134	197
Ni	1,7	2,0	11,3	2,2	2,0	2,3	3,0
Sc	4	7	8	6	5	4	7
LOI	26,5	25,4	19,0	24,9	27,2	28,2	22,4
Sum	99,86	99,80	99,80	99,79	99,85	99,88	99,87
Be	1	<1	<1	2	<1	<1	<1
Co	1,8	3,1	10,4	3,8	2,3	1,7	4,1
Cs	0,7	1,2	1,1	1,2	0,7	0,8	1,1
Ga	4,9	6,7	8,1	6,9	5,4	4,4	7,3

Hf	2,9	4,5	10,5	4,7	2,9	3,1	3,3
Nb	3,0	5,0	7,8	5,0	3,1	2,5	4,2
Rb	28,9	32,8	39,9	33,6	26,1	26,2	33,8
Sn	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sr	262,0	302,1	266,9	287,9	363,1	431,9	291,2
Ta	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3
Th	3,2	4,6	10,4	5,0	4,2	3,5	3,9
U	0,9	1,6	3,6	1,4	1,3	1,1	1,3
V	34	67	101	51	46	37	64
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	112,1	171,9	420,5	183,8	111,3	116,9	120,3
Y	12,6	18,0	21,1	14,8	14,9	13,9	12,2
La	11,9	16,7	33,2	16,8	15,5	11,1	15,0
Ce	20,6	28,8	57,1	30,5	28,5	20,6	27,8
Pr	2,29	3,39	6,17	3,43	3,11	2,25	3,13
Nd	9,3	12,3	22,4	12,9	12,3	8,7	11,5
Sm	1,69	2,49	4,34	2,45	2,34	1,82	2,38
Eu	0,53	0,62	0,89	0,58	0,67	0,61	0,63
Gd	1,93	2,52	3,92	2,34	2,45	2,27	2,13
Tb	0,31	0,43	0,63	0,35	0,40	0,36	0,34
Dy	1,86	2,79	3,83	2,22	2,49	2,12	2,07
Ho	0,40	0,68	0,80	0,46	0,51	0,46	0,45
Er	1,28	1,95	2,50	1,53	1,50	1,37	1,31
Tm	0,20	0,31	0,37	0,25	0,24	0,21	0,20
Yb	1,29	2,14	2,57	1,70	1,47	1,59	1,33
Lu	0,20	0,37	0,42	0,29	0,23	0,25	0,24
TOT/C	6,98	6,42	4,50	6,56	7,07	7,44	5,54
TOT/S	0,02	0,02	0,05	0,09	<0.02	0,04	0,03

Ek 2.

Ek 2. Çalışılan örneklerin seçilen eser elementlerinin ortalama ve aralık değerlerinin ayrıntılı Ni/CO, V/Cr ve U/Th oranlarına göre paleo-redoks koşullarının stveart parametreleriyle karşılaştırmalı sonuçları (Jones ve Manning, 1994).

Element		Dysoxic	Suboxic to	Çalışılan	Çalışılan
oranları	Oxic		anoxic	örneklerin	örneklerin
				aralıkları	ortalamaları
U/Th	<0.75	0.75–1.25	>1.25	0,28-0,35	0,32
Ni/Co	<5	5–7	>7	0,58-1,35	0,89
V/Cr	<2	2–4.25	>4.25	1,49-2,46	1,91