

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ESKİ GÜMÜŞHANE YÖRESİNİN JEOLojİSİ VE ŞENKÖY
FORMASYONU (ERKEN-ORTA JURA) İÇERİSİNDEKİ
KUMTAŞLARININ PETROGRAfİK VE JEOKİMYASAL
İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Levent DUYGU

HAZİRAN 2011
GÜMÜŞHANE

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ESKİ GÜMÜŞHANE YÖRESİNİN JEOLJİSİ VE
ŞENKÖY FORMASYONU (ERKEN-ORTA JURA)
İÇERİSİNDEKİ KUMTAŞLARININ PETROGRAİK VE
JEOKİMYASAL İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Levent DUYGU

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

“Yüksek Mühendis”

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiğı Tarih: 17.05.2011

Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 13.06.2011

HAZİRAN 2011
GÜMÜŞHANE

KABUL VE ONAY

Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR danışmanlığında **Levent DUYGU** tarafından hazırlanan **“ESKİ GÜMÜŞHANE YÖRESİNİN JEOLJİSİ VE ŞENKÖY FORMASYONU (ERKEN-ORTA JURA) İÇERİSİNDEKİ KUMTAŞLARININ PETROGRAFIK VE JEOKİMYASAL İNCELEMESİ”** bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Başkan

: Prof. Dr. Cemil YILMAZ



Üye (Danışman)

: Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR



Üye

: Prof. Dr. Cemil YILMAZ



Üye

: Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ



ONAY

Bu tez...../.../2011 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Temel BAYRAK

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ESKİ GÜMÜŞHANE YÖRESİNİN JEOLJİSİ VE ŞENKÖY FORMASYONU
(ERKEN-ORTA JURA) İÇERİSİNDEKİ KUMTAŞLARININ PETROGRAFİK
VE JEOKİMYASAL İNCELEMESİ**

Levent DUYGU

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsünce

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR

2011, 67 sayfa

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR

Jüri: Prof. Dr. Cemil YILMAZ

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ

Çalışma, Eski Gümüşhane yöresini içerisine alan Trabzon H42-b2 paftasının jeolojik incelemesi ve Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu içerisindeki kumtaşlarının petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenmesinden oluşmaktadır. Şenköy Formasyonu inceleme alanında taban seviyelerinde konglomera ve silisleşmiş ağaç seviyelerinden oluşmaktadır. Yörede Şenköy Formasyonu'nun en baskın litolojisi kömür ara seviyeleri ve kumtaşlarıdır. Şenköy Formasyonu içerisindeki bu kumtaşları Jura öncesinde yer almış olan kaynak alanlarının petrografisi ve jeokimyası üzerinde

önemli bilgiler saklamaktadırlar. İncelenen kumtaşlarında çatıyı oluşturan bileşenler kuvars, feldspat ve kayaç parçalarıdır. İncelenen kumtaşlarındaki kayaç parçaları asidik ve bazik kökenli olmak üzere iki ana grupta toplanabilirler. Bu kayaç parçalarının hem Jura öncesi temelde bulunması gereken volkanik kayaçlar hem de Erken Jura'da bölgede etkin olan bazik yay volkanizmasının ürünleri olabileceği belirlenmiştir. İncelenen kumtaşlarında felsik bileşenlerin oranını temsil eden Th ve U gibi iz elementler ile, mafik bileşenlerin oranını temsil eden Sc, Cr gibi iz elementler geniş aralıklar sunmaktadırlar. Bu durum kayaçların kaynak alanlarında felsik kayaçların yanı sıra önemli oranlarda mafik kayaçlarında bulunduğunu işaret etmektedir. İncelenen kumtaşlarının tüm kayaç jeokimyası ada yayı, aktif kıtasal kenar ve pasif kıtasal kenar gibi birden çok alana düşmektedir. Çalışılan kumtaşları Erken Jura'da yay gerisi konumunda oldukları dikkate alındığında, kırıntılı kayaçların hem aktif volkanik yaydan hem de kıtadan malzeme alabilecek havzalarda çökeldikleri belirgindir. Çalışma alanında, Şenköy Formasyonu içerisindeki çökeller içerisinde herhangi bir denizel fosil bulgusunun olmayışı, kömür ve bitki kırıntıları içeren seviyelerin ve silisleşmiş ağaçların varlığı, yersel ve yanal devamlılığı olmayan konglomera ve kumtaşlarının varlığı, çökellerdeki ani fasiyes değişimleri, incelenen kumtaşlarındaki bileşenlerin çoğunlukla köşeli olması, çok uzun mesafe taşınmamış olması ve kumtaşlarındaki silis çimento, bu çökellerin karasal bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Pontidler, Gümüşhane, Erken-Orta Jura, Şenköy Formasyonu, Kumtaşı, Jeokimya, Kaynak alan

ABSTRACT

MS THESIS

**GEOLOGY OF THE ESKİ GÜMÜŞHANE AND PETROGRAPHIC AND
GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF SANDSTONES IN ŞENKÖY
FORMATION (EARLY-MIDDLE JURASSIC)**

Levent DUYGU

Gümüşhane University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geology Engineering

Supervisor: Ass.Yrd. Doç..Dr. Raif KANDEMİR

2011, 67 pages

Jury: Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR

Jury: Prof. Dr. Cemil YILMAZ

Jury: Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ

This study contains geological analysis from H42-b2 unit and petrographic, and geochemical properties of sandstone in Early-Medium Jurassic aged Şenköy Formation in Eski Gümüşhane area. Şenköy Formation formed by conglomerate and silicified wood fragments at the bottom. In the study area, coal bearing sandstone levels are the main components of the Şenköy Formation. The sandstones in Şenköy Formation have the capability of saving substantial information on the geochemical and petrographical properties of the provenance. Rock fragments, feldspar and quartz are the main

components of the sandstones. Rock fragments can also be divided into two sub-groups as acidic and basic fragments. These rock fragments might be derived from both previous basement volcanic rocks and basic arc volcanism in Jurassic time. Trace elements such as Th and U which represent the proportion of felsic components and Sc and Cr which measure the abundance of mafic components in clastic rocks display large variations in contents. This may suggest that the felsic rocks, as well as mafic rocks in significant proportions, in the source area might be found. Whole-rock geochemistry of these rocks defines more than one tectonic environment, e.g., island arc, active continental margin and passive margin, rather than a specific tectonic environment during their accumulation. Taking into account that the investigated sandstones were in a back arc position during the Early Jurassic, the clastic rocks accumulate in basins fed from either active volcanic arc and also from the continent. In the study area, sediments in Şenköy Formation do not include finding of marine fossils and contains coal bearing levels, silicified wood fragments, conglomerate and sandstones. The conglomerate and sandstones are not continuously, and have abrupt facies change, almost angular component in silicic cement. The investigated sediments in Şenköy Formation may accumulate in terrestrial environment.

Key Words: Eastern Pontides, Gümüşhane, Early-Middle Jurassic, Şenköy Formation, Sandstone, Geochemistry, Provenance

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR'e emeğinden ve desteğinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocalarım Doç.Dr. Orhan KARSLI ve Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ' a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bana yardımcı olan değerli arkadaşlarım Özmen EVCİMEN ve Vahdet TUNÇDEMİR'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bana her anlamda destek olan sevgili eşim Özgen Zübeyde DUYGU'ya çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca sabır ile maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili AİLEME şükranlarımı sunar, sonsuz teşekkür ederim.

Levent DUYGU

Gümüşhane, 2011

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KABUL ve ONAY	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
SİMGELER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
2.2. Çalışma Alanının Coğrafik Özellikleri	3
2.3. Bölgesel Jeoloji.....	5
2.4. Önceki Çalışmalar.....	8
2.5. Kumtaşı Bileşimi ve Tektonik Ortam	12
2.6. Petrografik Analiz ve Tektonik Ortam	14
2.7. Jeokimyasal Analiz ve Tektonik Ortam.....	15
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	17
3.1. Giriş	17
3.2. Saha Çalışmaları	17
3.3. Laboratuar Çalışmaları	17
3.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	17
3.3.2. Mikroskop Çalışmaları	18
3.3.3. Kumtaşlarındaki Modal Analizler	18
3.3.4. Kumtaşlarının Kimyasal Analize Hazırlanması ve Kimyasal Analizler	19
3.3.5. Palinolojik Amaçlı Çalışmalar.....	19
3.4. Büro Çalışmaları	19
4. BULGULAR.....	21
4.1. Giriş	21
4.2. Stratigrafi	21
4.2.1. Gümüşhane Batoliti	21
4.2.2. Şenköy Formasyonu	24

4.2.3. Berdiga Formasyonu.....	26
4.2.4. Kermutdere Formasyonu	27
4.2.5. Alibaba Formasyonu.....	29
4.3. Şenköy Formasyonuna Ait Kumtaşlarının Petrografisi	30
4.4. Şenköy Formasyonuna Ait Kumtaşlarının Jeokimyası.....	36
4.4.1. Ana ve İz Elementler	37
4.4.2. Nadir Toprak Elementleri	42
5. İRDELEME	44
5.1. Kaynak Alan	44
5.2. Tektonik Ortam.....	47
5.2.1 Petrografik Yorumlamalar	47
5.2.2 Jeokimyasal Yorumlamalar	49
6. SONUÇLAR.....	57
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	67
EK-1	

SİMGELER LİSTESİ

ANTE : Ağır nadir toprak elementler
ONTE : Orta ağırlıktaki nadir toprak elementler
HNTE : Hafif nadir toprak elementler
ÇN : Çift nikol
TN : Tek Nikol
Fe₂O₃*: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir
LILE : Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
LOI : Toplam uçucu içeriği
ACM : Aktif Kıtasal Kenar
CIA : Kıtasal ada yayı
PM : Pasif kenar
OIA : Okyanusal ada yayı
mm : milimetre
mus : Muskovit
olv : Olivin
Op : Opak mineral
ort : Ortoklas
P : Plajiyoklas
K : Potasyum feldispat
Lvd: Felsik kayaç parçası
Lva : Andezitik/bazaltik kayaç parçası
prk : Piroksen
hbl : Hornblend
klr : Klorit
km : Kilometre
Qm : Monokristalin Kuvars

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Çalışma sahasının yer bulduru ve morfoloji haritası	4
Şekil 2.2. İnceleme alanının Türkiye' nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri.....	6
Şekil 4.1. Gümüşhane granitinin çamlı civarındaki görünümü	22
Şekil 4.2 İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesit.....	23
Şekil 3.3. Şenköy Formasyonu'nun Dörtkonak Yayla civarındaki genel görünümü	25
Şekil 4.4 Berdiga Formasyonu'nun Eski Gümüşhane civarındaki genel görünümü	26
Şekil 4.5 Kermutdere Formasyonu'nun Gözeler yöresindeki genel görünümü	28
Şekil 4.6. Petrografik incelemesi yapılan kumtaşılarının sınıflandırılmaları	31
Şekil 4.7. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşılarının mikroskopik görünümleri	32
Şekil 4.8. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşılarının mikroskopik görünümleri	33
Şekil 4.9. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşılarının mikroskopik görünümleri	34
Şekil 4.10. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşılarının mikroskopik görünümleri	35
Şekil 4.11. İncelenen kumtaşılarındaki fillosilikat taneleri	36
Şekil 4.12. Şenköy Formasyonu içerisindeki incelenen kumtaşılarının SiO ₂ 'ye karşı ana element oksit değişim diyagramları	39
Şekil 4.13. Şenköy Formasyonundan alınan kumtaşılarının adlandırma diyagramları ...	40
Şekil 4.14. Şenköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşılarının PAAS'a göre normalize edilmiş ana element oksit dağılım diyagramları	41
Şekil 4.15. İncelenen örneklerin PAAS'a (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı.....	42
Şekil 4.16. Şenköy Formasyonu'na ait kumtaşılarının A: Kondrite göre (Boynton, 1984), B: PAAS'a göre (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramları.....	43
Şekil 5.1. Şenköy Formasyonu'ndaki incelenen kumtaşılarının A: Th/U'a karşı Th diyagramındaki dağılımları.....	45
Şekil 5.2. Ana oksitler kullanılarak oluşturulan kaynak alan ayırım diyagramı.....	47
Şekil 5.3. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşılarının petrografik olarak tektonik ayırım diyagramlarındaki konumları.....	48
Şekil 5.4. Kumtaşı örneklerinin K ₂ O/Na ₂ O'a karşı SiO ₂ kullanılarak oluşturulan tektonik ayırım diyagramı.....	51

Şekil 5.5. Kumtaşlarının TiO_2 ve $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ’ ye karşı $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ (%Ağırlık) ile oluşturulan tektonik ayrım diyagramındaki dağılımları	51
Şekil 5.6. Kumtaşlarının iz element içeriklerinin tektonik ortam ayrım diyagramları ...	52
Şekil 5.7. İncelenen örneklerin iz element içeriklerini gösteren diyagram	53
Şekil 5.8. Erken Jura zamanında Doğu Pontidler’in gelişimi ve paleocoğrafyası.....	55

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Şenköy Formasyonu'ndaki incelenen kumtaşlarının Gazi-Dickinson Nokta Sayım Yöntemine göre elde edilen nokta sayım sonuçları.....	30
Tablo 4.2. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşı örneklerinin ana oksit (% ağırlık) ve iz element (ppm) analiz değerleri ve bazı oranlar	37
Tablo 4.3. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşlarının nadir toprak element (ppm) analiz değerleri ve bazı oranlar	38

1. GİRİŞ

Çalışma alanı, Doğu Pontidlerde yer alan Trabzon-H42-b2 paftasını kapsamaktadır. İnceleme alanında Paleozoyik-Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayaçlar yüzeylemektedir (EK-1). Paleozoyik'te Gümüşhane Batoliti, Mesozoyik'te Şenköy Formasyonu, Berdiga Formasyonu ve Kermutdere Formasyonu, Tersiyer' de Alibaba Formasyonuna ait kayaçlar ayırtlanarak haritalanmıştır.

Ayrıca bu çalışmada Doğu Pontidlerin Erken-Orta Jura dönemindeki jeodinamik evrimine katkıda bulunabilmek amacı ile Şenköy Formasyonu içerisindeki kumtaşlarının petrografik ve jeokimyasal özellikleri araştırılarak bu kumtaşlarının kaynak alanları ve tektonik ortamları belirlenmeye çalışılmıştır. Doğu Pontid Jeolojisinde önemli bir yer tutan kırıntılı tortul kayaçlar modal bileşimleri, ağır mineral analizleri gibi değişik açılardan birçok araştırmacı tarafından (Eren, 1983; Bozkuş, 1990; Kandemir, 2004; Kılıç, 2009) çalışılmıştır. Ancak jeokimyasal yönden yapılan çalışmalar henüz başlangıç aşamasındadır (Dokuz ve Tanyolu, 2006).

Kırıntılı tortul kayaçlar kaynaklandıkları eski ortamların göstergesi durumundadırlar. Kırıntılı tortulların ortalama kimyasal bileşimleri, kaynak alanlarının kimyasal bileşimleri ve hatta çökeldikleri tektonik ortamları hakkında ipuçları verirler. Petrografik analizler, tüm kaya analizleri ve mineral kimyası gibi değişik metotlar kullanılarak kırıntılı kayaçların jeodinamik ortamları sınıflandırılabilir (Bhatia, 1983; Roser ve Korsch, 1985). Daha da önemlisi, çoğu zaman tektonik prosesler sonucu tamamen aşınmış, yok olmuş veya metamorfik prosesler sonucu başkalaşmış kıtasal ve okyanusal kaynak alanlar hakkında önemli bilgiler sağlayan tek kaynak durumundadırlar (Nesbitt ve Young, 1982; McLennan, 1989; McLennan vd., 1993; Cullers, 1994; Condie vd., 1995). Öyleki, bazı durumlarda kırıntılı kayaçlarda bulunan bir tek mineral kaynak alandaki bazı kayaçların ve hatta bazı kaynak alanların karakteristiği durumunda iken, çoğu zaman ortalama bileşimleri ortalama kaynak alan bileşimini yansıtabilmektedir.

Doğu Karadeniz Mesozoyik (Erken Jura) havzası Hersiniyen veya Paleozoyik temel olarak da bilinen Jura öncesi yaşlı kayalardan beslenmiş olmalıdır. Bu temel kayaları güncel olarak başlıca Erken Karbonifer yaşlı orta-yüksek dereceli metamorfitler (Pulur metamorfitleri, Yusufeli-Artvin metamorfitleri ve Kurtoğlu metamorfitleri; Topuz vd., 2004; Topuz ve Alther, 2004; Dokuz, 2000; Topuz vd., 2007) ve bunları keserek yerleşen yine Karbonifer yaşlı yüksek K'lu kalk-alkali granitlerle temsil edilmektedir

(Gümüşhane ve Köse Granitleri: Yılmaz, 1972; Bergougnan, 1987; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011). Jura öncesi yüzeye çıkan metamorfitlerde yapılan jeobarometre çalışmaları bu kayaçların yaklaşık 20-30 km derinliklerde başkalaştıklarına işaret etmektedir (Topuz vd., 2004, 2007). Yine Jura öncesi yüzeye çıkan Karbonifer yaşlı granitlerin yaklaşık 8-10 km derinliklerde kristallenmiş olmaları (Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011), sadece granit yerleşiminden sonra ~10 km lik bir kabuk kalınlığının Erken Jura havzaları açılmadan önce aşınmış olması gerektiği anlamına gelmektedir. Jura öncesi aşındırılan kısım olasılıkla Orta Jura'da kapanan bir okyanusta (Paleotetis) depolanmış olmalıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981, Yılmaz vd., 1997; Dokuz vd., 2010). Doğu Karadeniz Erken Jura havzaları Jura devri boyunca kaynak alan durumunda kalmaya devam eden Hersiniyen alanlarından malzeme almış olmalıdır. Bunun yanında bu havzalara malzeme verebilecek ikinci kaynak ise Erken Jura'da aktif durumda olan yay magmatizmasıdır. Yay magmatizmasından gelen malzeme ile karadan gelen malzemenin birlikte kırıntılı kayacın bileşimini oluşturması, karasal veya aşındırılmış kaynak alanların bileşimini ortaya koymada zorluklar oluşturan ve dikkatli olunması gereken bir durum oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Erken- Orta Jura sürecinde çökelen kırıntılı tortul kayaçlar petrografik ve jeokimyasal yönden değerlendirilerek yukarıda ifade edilmeye çalışılan yaklaşımlar doğrultusunda kaynak alanları, ayrışma durumları ve tektonik ortamları ile ilgili sınırlandırmalar getirilmeye çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

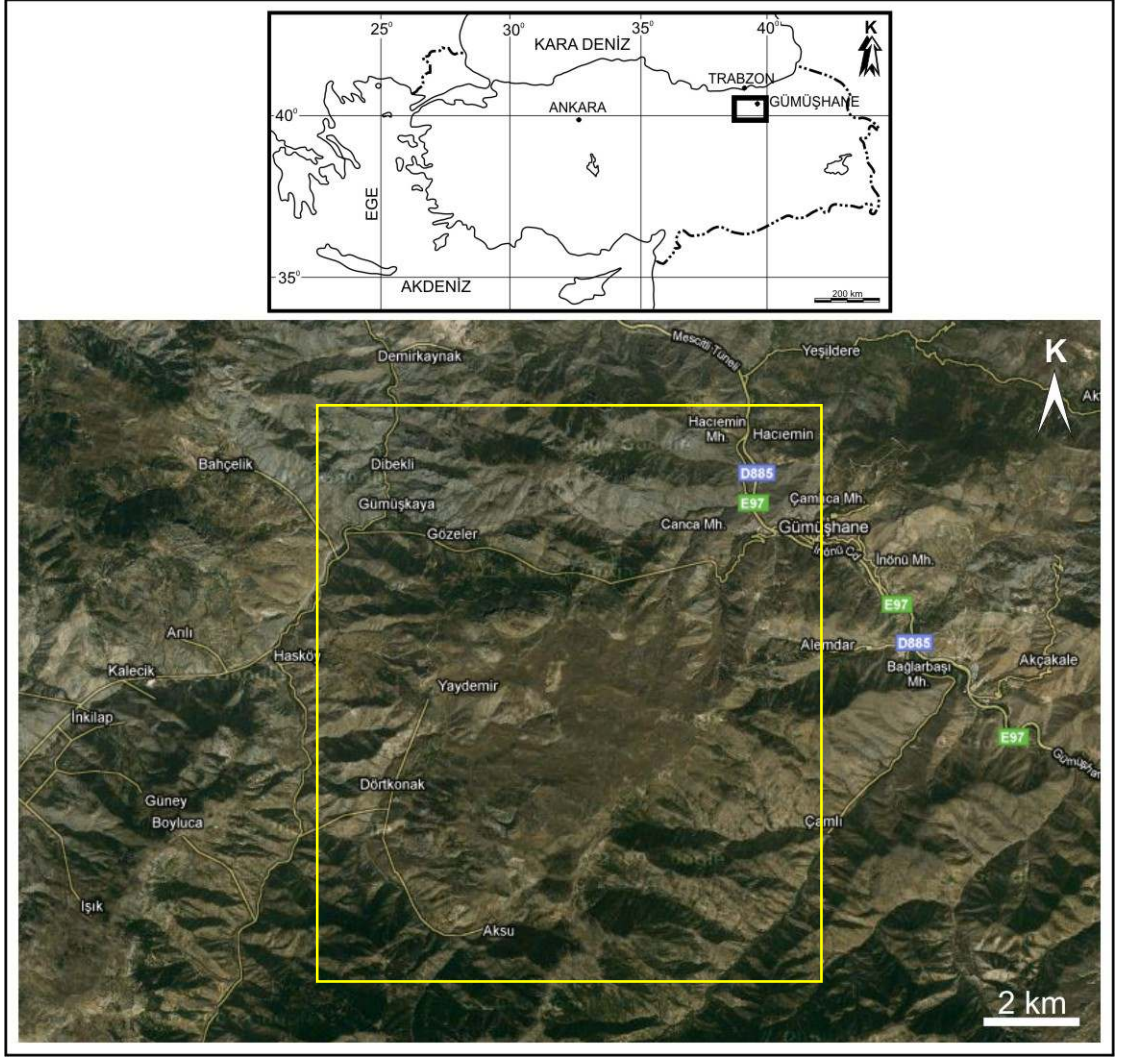
Bu çalışmanın konusunu oluşturan kırıntılı çökeller Erken Jura'dan Paleosen'e kadar olan zaman aralığında var olan Neotetis Okyanusu'nda depolanmışlardır. Bu nedenle Mesozoyik havzasını dolduran çökellerin de Mesozoyik boyunca kaynak alan durumunda kalmaya devam eden Hersiniyen alanlardan geldikleri anlaşılmaktadır. Hersiniyen alanlara yönelik çalışmaların sadece metamorfik ve granitlerle sınırlı kalmış olması, volkanik ve tortulların bulunduğu en üst kabuk kısımlarının aşındırıldığı göstermektedir. Kabuğun aşınan kısımları hakkında bilgi edinmenin yolu çökel kaya bileşimlerinde saklıdır. Bu durumda, kırıntılı istiflerin mikrokimyasal, jeokimyasal ve izotopik yöntemler kullanılarak çalışılması, aşındırılan kabuk kesimleri hakkında dolaylı olarak da olsa bilgi edinmenin tek yolu olarak görülmektedir.

Bu çalışma, güncel olarak metamorfik ve granitler ile temsil edilen Hersiniyen temele ait kayaçların Erken Jura süresince aşındırılan kesimlerinin hangi tür kayalardan meydana geldiğini, sedimanter proseslerin kırıntılı Jura kayaçlarının jeokimyasal bileşimleri üzerinde nasıl bir rol oynadığı, bunların jeokimyasal bileşimlerinin kaynak alanın jeokimyasal bileşimini hangi oranda temsil ettiği gibi konuların ortaya konulmasını amaçlamaktadır.

Trabzon H42-b2 paftasında, Mesozoyik istifi özellikle kumtaşları dikkate alınarak örneklenmiştir. Bu örneklerden yapılan ince kesitlerden elde edilen bulgular doğrultusunda jeokimyasal analizler için uygun örneklerin seçimi yapılmış ve laboratuara gönderilmiştir. Elde edilen jeokimyasal bulgular, kırıntılıların kaynaklandıkları alanın genel jeokimyasal karakteristikleri, ayrışma durumu, boylanma ve seçicilik gibi tortuların taşınması sırasında etkin olan proseslerin kırıntılı kayaçların jeokimyasal bileşimini temsil edip etmediği veya hangi oranda temsil ettiği gibi konularda bilgiler sağlayacaktır.

2.2. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölgesi'nin orta-güney kesimlerinde yer alan Trabzon H42-b2 paftasını kapsamaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma sahasının yer bulduru ve morfoloji haritası

Çalışma yapılan bölgedeki önemli yerleşim yerleri; Gümüşhane il merkezi, Alemdar Köyü, Çamlı Köyü, Dörtkonak Köyü, Aksu Köyü, Yaydemir Köyü, Gözler Köyü ve Demirkaynak Köyü yer almaktadır. İnceleme alanına ulaşım Gümüşhane-Bayburt-Erzurum ve Gümüşhane-Kelkit-Şiran Devlet Yolu ile bu yollara bağlı çok sayıda stabilize yol ile sağlanır. İnceleme alanı topoğrafik olarak engebeli bir yapıya sahiptir. Ziyaret Tepe (2306 m), Çıplak Tepe (2222 m), Kuru Tepe (2329 m), Aktaş Tepe (2291 m), Miyestirtaş Tepe (2152 m), Ayvasıl Tepe (1867 m), Karahasantaşı Tepe (1871 m), Cevizlidere Tepe (1951 m), Bokutunbaş Tepe (2126 m), Çaldırların Tepe (1757 m), Karataş Tepe (1844 m), Duraklı Tepe (1758 m), Korukıran Tepe (1732 m), Fındıklı Tepe (1729 m), Karahisar Tepe (1601 m), Kalecik Tepe (1848 m), Küpkaya Tepe (1421 m),

Vangıntaşı Tepe (2102 m), Ayabakan Tepe (2191 m) ve Sayanıntaşı Tepe (1984 m), en yüksek noktaları oluşturmaktadır.

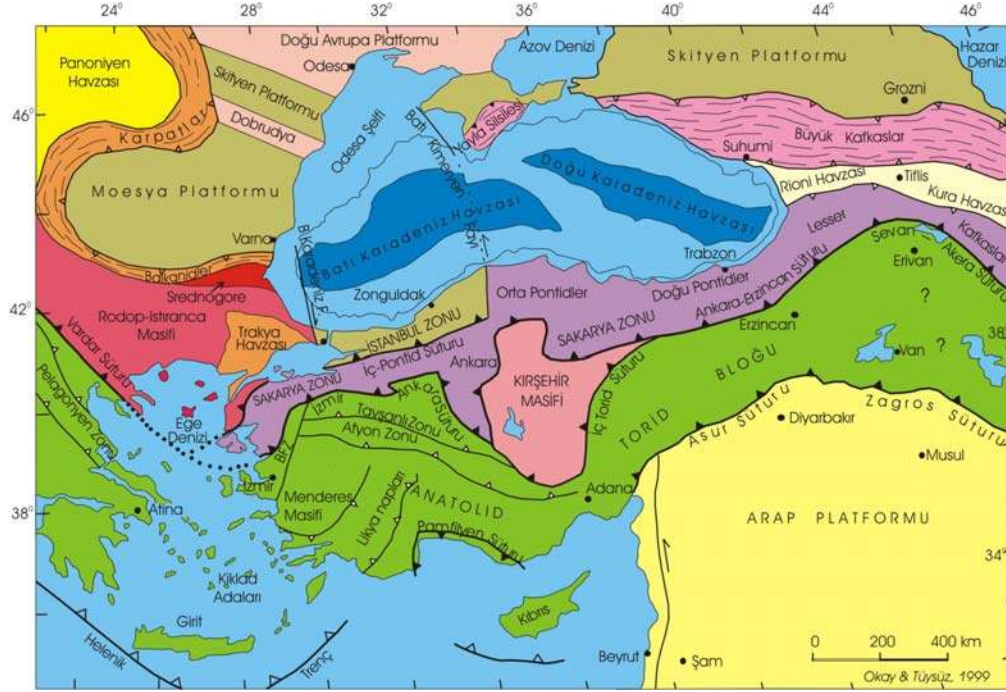
Gümüşhane ili ve çevresinde Karadeniz Bölgesi'nin ılıman iklimi ile İç Anadolu Bölgesi'nin karasal iklimlerinin geçiş özellikleri hâkim olup, yazlar kurak ve sıcak, bazen de serin ve hafif yağışlı geçer. Kışlar ise soğuk, sert ve yağışlıdır. Gümüşhane yöresinde yersel olarak çam, yaban kavakları ve meşelerden oluşan ormanlık alanlar ile ırmak boylarında kavak ve çeşitli meyve ağaçlarından oluşan bir bitki örtüsü görülmektedir.

Yöre halkının en önemli geçim kaynakları tarım ve hayvancılıktır. Tarımla uğraşan aileler genelde arpa, buğday ve meyve yetiştiriciliğiyle uğraşmaktadırlar. Arazinin sarp olması ulaşım güçlüğüne sebep olmakta ve dolayısıyla yöre kalkınmasını olumsuz etkilemektedir. Ekonomik koşulların zorluğu, yöre genelinde yaygın göç olgusunu sonuçlamıştır. Bununla birlikte mevsimlere göre de mevcut nüfus değişmektedir. Özellikle kış mevsimlerinde köylerden şehre göç artmaktadır.

2.3. Bölgesel Jeoloji

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği Trabzon-H42-b2 paftası kuzeydoğu Türkiye'nin iç kesiminde yer almaktadır. Çalışma alanı, Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden olan Pontidler'in (Ketin, 1966) doğusunda yer alır (Şekil 2.2). Pontidler'in doğu kesimi kayaç topluluklarındaki farklılıklar nedeniyle kuzey ve güney olmak üzere ikiye ayrılmıştır(Arni 1939).

Gümüşhane yöresinde en yaşlı temel kayaçlarını orta-yüksek dereceli bölgesel metamorfizmler oluşturur. Farklı araştırmacılar tarafından Pulur Metamorfizmi (Ketin, 1951), Pulur Masifi (Korkmaz ve Baki, 1984), Kopsuzsuyu Deresi Metamorfizmi (Özer, 1984) gibi adlarla anılan bu birim, Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda yaygın olarak yüzeyleme verirken, Kuzey Zon'da seyrek olarak gözlenir. Topuz (2000) metamorfizmlerin yaşlarını U-Pb, Ar-Ar ve Rb-Sr yöntemleriyle 260 ve 330 milyon yıl olarak saptanmış ve bu metamorfizmlerin Pulur Masifinde iki ayrı tektono-metamorfik birimden oluştuğunu belirtmiştir.



Şekil 2.2. İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).

Temeli oluşturan bu metamorfitle, başlıca granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, granit ve dasitlerden oluşan Gümüşhane Graniti, Gümüşhane Plutonu veya Gümüşhane Batoliti (Yılmaz, 1972; Coğulu, 1975; Topuz, 2010) ve Köse Kompozit Plutonu (Dokuz, 2011) gibi değişik adlar verilen Erken-Geç Karbonifer yaşı granitik sokulumlar tarafından kesilmiştir.

Hersiniyen temel üzerine Erken-Orta Jura yaşı birimler uyumsuz olarak gelir. Bu kayalar güney zonda değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla tanımlanmıştır (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Telmeyaylası Formasyonu, Turan, 1978; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Açar, 1977; Balkaynak Formasyonu, Kesgin, 1983; Zimonköy Formasyonu, Eren, 1983; Şenköy Formasyonu, Yılmaz ve Kandemir, 2003). Erken-Orta Jura yaşı birim kısa mesafelerde önemli kalınlık farkları sunmaktadır. Andezit, diyabaz, bazalt, aglomera, tüf ve tüfitlerden oluşan volkanik ara seviyeler içeren yersel çakıltası, derecelikumtaşı, marn, kıltaşı ve kumlu kireçtaşı ile "Calcarei Ammonitico Rosso" (CAR) fasiyesinde gelişmiş; bol ammonit, belemnit, bivalv, sünger, crinoid, gastropod içeren; kırmızı renkli ve yumru kireçtaşlarından oluşmaktadır (Yılmaz, 2002). Birim, yukarıda belirtilen kaya türlerinin yanında taban ve tavana yakın kömürlü seviyeler de içermektedir. Çok geniş alanlarda yüzeyleme veren ve kısa mesafelerde kalınlık ve ani fasiyes değişimleri sunan birimin

tipik bir rift ortamında çökeldiği konusunda fikir birliği vardır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür vd., 1983; Yılmaz, 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz, 2002; Dokuz ve Tanyolu, 2006). Aktif tektonik hareketlerin kontrolünde gelişen Erken-Orta Jura çökellerinin birikiminden sonra Geç Jura'dan Erken Kretase sonuna kadar süren dönemde, sakin tektonik koşulların kontrolünde karbonat platformu oluşmuştur (Yılmaz, 2002).

Tüm Doğu Pontidler'de geniş alanlarda yüzeyleme veren, bol fosilli, sığ denizel kireçtaşları, dolomitler ve dolomitik kireçtaşları tipik bir karbonat platformu ürünüdürler (Taslı, 1990; Yılmaz, 1997 ve 2002). Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) olarak adlandırılan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı birim, tabaka kalınlığı güneye doğru gittikçe azalan, genel olarak gri, bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin küçük bentik foraminifer fosilleri içeren, üst seviyeleri çört yumru ve bantları içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitik karbonatlardan oluşmaktadır.

Geç Kretase' den itibaren Doğu Pontid Kuzey ve Güney Zonu farklı litolojiler göstermeye baslar. Kuzey Zon yoğun bir magmatik aktivitenin etkisi altındayken, Güney Zon, magmatik aktiviteden uzak türbiditik karakterli bir istif özelliği gösterir. Gümüşhane yöresinde Üst Kretase istifi tabanda, ince-orta tabakalanmalı, sarı renkli kumlu kireçtaşları ve yer yer konglomeralardan oluşmakta, bunların üzerine ince tabakalanmalı kırmızı-mor renkli mikiritik kireçtaşları ile devam ederek, gri, yeşil renkli tuf ara seviyeleri içeren ince-orta tabakalanmalı kumtaşı, kıltaşı ve marn aralanması ile son bulmaktadır. Bu birim Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Bütün bu birimler Gümüşhane yöresinde Alibaba Formasyonu olarak adlandırılan Orta Eosen yaşlı volkano-tortul birim tarafından uyumsuz olarak örtülür (Tokel, 1972). Birimin Bayburt'taki eşleniği volkanik katkı içermemektedir. Gümüşhane ve yakın yöresinde, tabanda Yersel olarak konglomeralar ve nummulitli kireçtaşları ile başlayan birim, üste doğru bazalt-andezit lav ve piroklastlarıyla devam etmektedir. Yöredeki en genç kayalar tıra ve alüvyonlardan oluşur.

2.4. Önceki Çalışmalar

Ketin (1951), bölge jeolojisini ilgilendiren bu çok önemli çalışmasında; bölgenin en eski kayaçlarının metamorfitlerden oluştuğunu ve bunların da granit, siyenit ve andezitlerle kesilmiş olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında ilk defa bu yörede 1500 m kalınlığında Permo-Karbonifer yaşlı çökelleri tanımlamış ve bunların üzerine Erken Jura yaşlı çökellerin transgresif olarak geldiğini, ayrıca bölgede Triyas olusuklarının bulunmadığını belirtmiştir. Çalışma sahasında geniş yüzlekler şeklinde takriben 2000 metre kalınlığında Erken Jura yaşlı çökellerin bulunduğunu ve bunların taban seviyelerine yakın kesimlerinde 5-30 cm kalınlıklarda kömür damarları içerdiğini belirtmiştir. Erken Jura yaşlı birimlerin üzerine üzerinde transgresif olarak Malm yaşlı çökellerin geldiğini belirtmiştir. Ayrıca çalışmada bütün bu birimlerin geçirmiş oldukları tektonik fazlar belirlenmiştir.

Çoğulu (1970), Gümüşhane-Rize bölgelerinde geniş alanlara yayılmış bulunan granit topluluğuna ait kayaç gruplarını jeolojik ve petrolojik yönden incelemiştir. Gümüşhane plütununun yaşını Üst Paleozoik olarak belirleyen Çoğulu, mikroskobik analizler sonucu plütону, granodiyorit, kuvars monzonit ve granit olmak üzere üç fasiyese ayırmıştır.

Tokel (1972), inceleme alanının büyük bir bölümünü içine alan çalışmasında, “Kermutdere Formasyonu” adı altında topladığı Üst Kretase yaşlı oluşukların Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak geldiğini belirtmiştir.

Yılmaz (1972), bölgedeki Erken Jura yaşlı çökellerin alttan üste doğru Reksene-Venk, Sehitepe ve Gökçepınar olmak üzere üç Formasyon adı altında tanımlamıştır. Reksene- Venk Formasyonu genellikle arkoz nitelikli kumtaşları ile çakıltısı arakatlıklarından oluşur. Bu Formasyon içerisinde üste doğru belirgin bir tane boyu incilmesi gözlenir. Yazar, bu Formasyonun Sinemuriyen’ den daha yaşlı ve olasılıkla bir akarsu veya plaj çökeli olabileceğini belirtmiştir. Sehitepe Formasyonu altta silttaşı-subgrovak ardısından, üstte ise kırmızı kireçtaşlarından ibaret olduğunu ve kısmen karasal (bataklık) koşullarda gelişmiş Sinemuriyen yaşlı olduğunu belirtmiştir. Sehitepe Formasyonu’nun üst kesimlerinde yer alan bol ammonit, foraminifer, bryozoa, belemnit ve krinoid fosilleri içeren kırmızı kireçtaşlarının sığ denizel ortamda gelişmiş olduğunu ve yaşının da Sinemuriyen-Toarsiyen olduğunu söylemiştir. Gökçepınar Formasyonu’nun

da kalın çakıltası ve aglomeralardan olustugunu, Geç Erken Jura yaşlı olduğunu ve bu üç Formasyonunda sınırlarının birbiri ile uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Pelin (1977), “Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi” adlı çalışmasında, Üst Kretase yaşlı oluşukları 3 Formasyon altında incelemiştir. Bunlar sırasıyla; kumlu kireçtaşlarından oluşan Kındıralık Dere Formasyonu, kırmızı kireçtaşlarından oluşan Elmalı Dere Formasyonu ve turbiditlerden oluşan Tepeköy Formasyonu’dur. Araştırmacı Eosen’i de çok sayıda Formasyona ayırarak incelemiştir. Bunların en yaşlısı tabanda ince bir konglomera seviyesi içeren nummulitli kireçtaşlarından oluşan Otlukbeli Formasyonu’dur. Diğerleri ise tortul ve volkanik fasiyesli Fındıklıbel Formasyonu ve tabanda konglomeralardan, üstte ise nummulitli kireçtaşlarından oluşan Ara Formasyonu’dur.

Eren (1983), “Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasies 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.

Hacıalioglu (1983), Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) yöresinde yaptığı çalışmada Gümüşhane Granitlerini aşınma uyumsuzluğu ile üstleyen Erken Jura yaşlı Zimonköy Formasyonu’nu, kırmızı renkli yumrulu kireçtaşı üyesi, volkano-tortul üye ve bunları keserek gelisme gösteren Diyabaz üyesi olarak üç farklı üyeye ayırmıştır. Zimonköy Formasyonu’nun sübsidan karakterli bir havzada çoğunlukla sığ deniz, zaman zaman da karasal (bataklık) ortamda olustugunu vurgulamıştır. Çalışmada Erken Jura yaşlı oluşukların kalınlık farklılıkları sunması, yörede etkin olan blok faylanmalara bağlı olarak gelisen horst ve graben röliyesine bağlı olduğu vurgulanmıştır.

Gedik vd. (1996), Doğu Pontidler Erken Jura’ da Avrasya’ dan kopan mikro bir plakacık olarak düşünen yazarlar, Avrasya’ dan kopan bu mikrolakacığın bu kopma hareketinin; tektonik, stratigrafik ve sedimantolojik verilerle ortogonal bir riftlesme şeklinde değil, transtensiyonal bir açılma şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar elde ettikleri verilerin ışığı altında Doğu Pontidler’deki Erken Jura havzalarının uzaklasan (divergent) bir transform fay sisteminin ürünü olduklarını öne sürmüşlerdir.

Yılmaz (1996), “Doğu Pontid karbonat platformunun kırılmasına ilişkin yeni bulgular” başlıklı çalışmasında karbonat platformunun kırılması ve bunun sonuçladığı

derin çökelme ortamlarında tümüyle benzer fasiyeslerdeki kaya türlerinin biriktiğini, Amasya-Gümüşhane ve Bayburt yöreleri arasındaki farkın ise platform karbonatları ve havza çökellerinin birikim süreçleri arasında olduğunu belirtmiştir. Örneğin Erken Kretase boyunca Amasya ve Gümüşhane yöresinde sakin tektonik koşullarda platform karbonatları birikirken, Bayburt yöresinde etkin olan genişlemeli tektonik rejim platformun parçalanmasını sonuçlamıştır.

Okay ve Şahintürk (1997), “Doğu Pontidler’in jeolojisi” başlıklı çalışmasında Doğu Pontidler’in stratigrafisinin volkanik ve volkanoklastik kayalarca zengin olduğunu belirtmişler ve üç büyük Mesozoyik-Tersiyer magmatik dizisi tanımlamışlardır. Bunlardan ilki riftleşme ile ilişkili toleyitik karakterli Erken-Orta Jura, ikincisi yitimle ilişkili subalkalen Turoniyen–Maastrichtiyen ve üçüncüsü kalkalkalen rejijonal gerilmeyle ilişkili Orta Eosen dizisidir.

Yılmaz (2002), “Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Mesozoyik havzalarının tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri” adlı çalışmalarında aktif tektonik hareketlerin kontrolünde gelişen Erken Jura süreci çökellerinin birikiminden sonra Erken Dogger’den itibaren, Gümüşhane yöresinde Erken Kretase sonu, Bayburt yöresinde ise Malm sonuna kadar süren dönemde sakin tektonik koşulların kontrolünde karbonat platformunun oluştuğunu belirtmiştir. Tüm yörede duraylı tektonik koşulların sona ermesini ikinci riftleşme fazı olarak adlandırılan sedimentasyonla eş yaşlı tektonik bir süreksizlik sağlamıştır. Bayburt yöresinde Geç Malm, Gümüşhane yöresinde ise Orta Kretase sürecinde gelişen bu olayla Erken Kretase’de Bayburt yöresinde, platformun parçalanmasıyla derinlik kazanan ortamda pelajik çökeller birikirken, Gümüşhane yöresinde sığ denizel koşullarda platform karbonatlarının birikimi devam etmiştir. Her iki yörede de, farklı zamanlarda da olsa, platformun parçalanmasını sağlayan fay eteklerinde iri kırıntılılardan kondanse pelajik karbonatlara kadar değişen kayalar içeren bir çökel prizma oluşmuştur.

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.

Dokuz ve Tanyolu (2006), Yusufeli (Artvin) yöresindeki Erken Jura ve Geç Kretase yaşlı şeyl ve kumtaşlarını; kaynak alanları, sedimantolojik gelişimleri ve tektonik ortamları hakkında daha fazla bilgi edinmek, ayrışma, hidrolik boylanma ve tortul-döngü olaylarının kaynak alan karakteristikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacı ile petrografik ve jeokimyasal açıdan incelenmişlerdir.

Kılıç (2009), Gümüşhane ve Bayburt yakın yörelerinde geniş alanlarda yüzlek veren Kretase-Tersiyer geçişinin foraminifer ve sedimantoloji kayıtlarını araştırdığı doktora çalışmasında Üst Kretase ve Eosen yaşlı kayaçların sedimantolojik ve paleontolojik kayıtlarını incelemiştir. Daha önceki yapılan çalışmalarda çoklukla Santoniyen-Maastrihtiyen olarak belirtilen Kermutdere Formasyonu'nun yaşına karşın, bu çalışmada elde edilen paleontolojik (globotruncanid türü planktik foraminiferler) ve fasiyes bulgularına dayandırılarak birimin yaşı Santoniyen-Orta Kampaniyen olarak sınırlandırılmıştır. Daha önceki yapılan çalışmalarda çoklukla Lütésiyen olarak belirtilen Alibaba Formasyonu'nun yaşına karşın, bu çalışmada elde edilen paleontolojik (*Nummulites* ve *Assilina* foraminiferleri) ve fasiyes bulgularına dayandırılarak birimin yaşı Gümüşhane yöresinde Alt-Orta Lütésiyen, Bayburt yöresinde ise Orta-Üst Lütésiyen olarak sınırlandırılmıştır.

Türer ve Maynard (2003), Doğu Pontidler'de yapmış oldukları çalışmada, özellikle Mesozoyik istiflerinin özelliklerini kendi yaptıkları kesitlerden ve önceki çalışmalardan belirleyerek, Doğu Pontidler'de belirli zamanlarda gelişen çökel topluluklarının geliştiği havzaların sübsidans eğrilerinden yararlanarak, Erken-Orta Jura yaşlı çökellerin bir rift ortamında çökeldiğini ortaya koymuşlardır. Çalışmacılar ayrıca Erken-Orta Jura yaşlı çökellerden aldıkları 3 adet kumtaşı örneğinden yaptıkları petrografik ve kaynak alan çalışmalarıyla, bu kumtaşlarının magmatik yaydan beslendiklerini belirtmişlerdir.

Kandemir vd. (2009), yapmış oldukları çalışmada, Gümüşhane yöresinde yüzeyleme veren Erken Jura kumtaşlarından aldıkları kumtaşı örnekleri üzerinde petrografik ve jeokimyasal çalışmalar yaparak, kumtaşlarının kaynak alanı ve tektonik ortamı hakkında bilgi sağlamaya çalışmışlardır. Bu çalışmadan Erken Jura kumtaşlarından elde edilen Ana oksitlerden yapılan diyagramlarda örneklerin çeşitli alanlara saçıldıkları, İz elementlerden yapılan çeşitli ayırım diyagramlarında Erken Jura kumtaşlarının çoğunlukla andezitik-bazaltik kayaçların bulunduğu bir yay ortamından türediği belirlenmiştir.

Akdoğan (2011), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri 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.

2.5. Kumtaşı Bileşimi ve Tektonik Ortam

Kaynak alan terimi sedimanter petrograflar tarafından bir sedimanter kayacı veya çökelin kaynak alan ile ilgili bütün özelliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Kumtaşlarında geliştirilen kaynak alan çalışmaları, çökeli oluşturan kaynak kayaları, röliyefi, kaynak alanındaki iklimi, ayrışmayı, tektonik ortamı, taşınma tarihini ve diyajenetik değişiklikleri tanımlamak için kullanılmaktadır.

Kırıntılı kayaçların bileşimi, tektonik ortamı ve kaynak alanı hakkındaki ilişki bir çok çalışmacı tarafından irdelenmiştir (Dickinson ve Suczek, 1979; Dickinson vd., 1983; Bhatia, 1983; Bhatia ve Crook, 1986; Roser ve Korsch, 1986, 1988). Plaka tektoniğinin sedimanter kayaçlardaki farklı petrografik ve jeokimyasal izleri iki farklı şekildedir. Birincisi, farklı tektonik ortamlar farklı kaynak alan karakteristiklerine sahiptirler. İkincisi ise farklı tektonik ortamlar farklı sedimanter prosesler tarafından karakterize edilirler. Kırıntılı sedimanter kayaçlar kaynak alanının tanımlamak ve eski tektonik ortamı açıklamak için kullanılırlar (Dickinson vd., 1983; Bhatia, 1983; McLennan vd., 1993).

Kumtaşlarının jeokimyası kumtaşlarının türediği ana materyallerin izlerini yansıtır (Taylor ve McLennan, 1985; McLennan, 1989). Literatürde sedimanter ve özellikle kumtaşlarının jeokimyasal özellikleriyle kaynak alanı belirlemek için yapılmış bir çok çalışma bulunmaktadır (Bhatia ve Taylor, 1981; Bhatia, 1983, 1985; Roser ve Korsch, 1986; Merodio ve Spalletti, 1990; McLennan ve Taylor, 1991; Zimmermann vd., 2002; Zimmermann ve Bahlburg, 2003; Cingolani vd., 2003; Schvosbo, 2003; Amstrong-

Altrin vd., 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Akdoğan, 2011). Kumtaşlarının jeokimyasal bileşimi kaynak alanın bileşimi ayrıca aşınma, taşınma ve diyajenez gibi proseslerin kombinasyonunun bir sonucudur. Sedimanter proseslerdeki nispeten hareketsiz elementlerin düşük hareketlilikleri kaynak kaya ve tektonik ortamların belirlenmesinde iyi bir ayrım sağlar (Taylor ve McLennan, 1985; Bhatia ve Crook, 1986; McLennan, 1989; Condie, 1993; Asiedu vd., 2004).

Kırıntılı kayaçların bileşimi ile ilgili olarak, bileşenlerin türediği kaynak alanının tektonik ortam ile olan ilişkisi uzun yıllardan beri bilinmektedir. Kırıntılı kayaçlarda jeosenklinal döngülerine bağlı mineral bileşimi tanımlamış ve kaynak alanındaki yükselmelerin sübsidans oranını etkilediği ve kaynak alanlarındaki jeolojik bileşimi kontrol ettiği vurgulanmıştır. Middleton (1960), kumtaşlarının kimyasal bileşimini kullanarak benzer sonuçlara ulaşmıştır. Yakın geçmişte kabul gören ancak günümüzde yerini plaka tektoniği teorisine bırakan jeosenklinal teoriye göre yürütülen çalışmalarda elde edilen bulgular plaka tektoniğine adapte edilmiştir. Bu yıllardan sonra yapılan ilk çalışmalar kumtaşlarının, plaka tektoniği terminolojisi içerisinde, petrografik ve kimyasal bileşimleri konusunda yeni tanımlamalar geliştirmişlerdir (Dickinson, 1970; Schwab, 1975; Dickinson ve Rich, 1972). Bu çalışmalara dayandırılarak gerçekleştirilen daha güncel çalışmalar ise Potter (1986), Dickinson ve Suczek (1979), Ingersoll ve Suczek (1979), Valloni ve Maynard (1981), Dickinson vd. (1983), Valloni ve Mezzadri (1984) ve Dickinson (1985) ve Dickinson vd.'nin (1988) çalışmalarında yer almaktadır.

Kaynak alanından aşınıp, taşınıp, bir havzada depolanan ve gömülen tanelerin incelenmesiyle kaynak alanının farklı karakteristikleri ve çökeltme ortamına ilişkin önemli ipuçları elde edilebilmektedir. Stratigrafik birim içerisindeki kırıntılı çökellerin bileşimi, tane boyu ve tane şekli esas olarak kaynak alanının ve tanelerin özelliklerine bağlıdır (Pettijohn vd., 1973; Tucker, 1991; Galloway ve Hobday, 1996).

Kırıntılı çökel kayaçların bileşimi birkaç faktör tarafından kontrol edilir. Bunlar; kaynak kaya, ayrışma, erozyon, çökeltme, taşınma, gömülme ve diyajenezdir (Johnson, 1993). Johnson (1993) tarafından tanımlanan en önemli faktörler; kaynak kaya bileşimi, kimyasal ayrışma, aşınma, taşınma boyunca boylanma ve diyajenezdir. Bu üç faktör birbiriyle ilişkili, tektonik ortamlar, iklim ve çökeltme ortamının doğasından etkilenirler. Buradaki her bir faktör diğerlerinin karakteristiklerini etkiler ve farklı kırıntılı bileşimler oluşturur. Bu karmaşık ilişkilerin sonucu, bu çökellerin kimyasal bileşimlerini kullanarak kaynak kaya bileşimlerini birbirine eşleştirmek oldukça zordur (Johnson, 1993). Buna

karşın, kaynak kaya, tektonik ortam ve kumtaşı bileşimi arasındaki korelasyonlar bir çok yazar tarafından kullanılmıştır (Dickinson ve Suczek, 1979; Dickinson vd., 1983; Dickinson, 1985).

2.6. Petrografik Analiz ve Tektonik Ortam

Kumtaşı bileşimi ve tektonik ortamlar arasındaki ilişki Dickinson ve Suczek (1979) ve Dickinson vd. (1983) tarafından yapılan çalışmalar tarafından geliştirilmiştir. Kumtaşlarında kaynak alanına yönelik petrografik tanımlamalar yapılırken matriksi dikkatli bir şekilde ayırmak (Dickinson, 1970) ve kumtaşlarındaki tanımlamalarda havza içi kökenli bazı karbonatlı ögelerin ayırtılmasında da dikkatli olmak gerekir (Zuffa, 1985). Dickinson ve Suczek (1979) kumtaşlarının bileşimlerini kullanarak QFL ve QmFLt üçgen diyagramları vasıtasıyla tektonik ortam ayırım diyagramları geliştirmişlerdir. Uç noktalarında Q (kuvars), F (Feldispat) ve L (Kayaç parçaları)' yi kullanarak yapılan tektonik ortam ayırım diyagramında üç ayrı alan geliştirilmiş ve bunlardan yeniden oluşan orojenik bölge hariç diğerleri üç alt bölüme ayrılmıştır. Diyagramdaki bu üç ana bölge “Kıtasal blok”, “Mağmatik yay” ve “Yeniden Oluşan Orogenik” bölge alanlarından oluşmaktadır (Dickinson vd. 1983). QmFLt diyagramı QFL diyagramının benzeridir. Bu diyagramda sadece uç nokta olarak Qm (monokristalin kuvars) ve Lt (polikristalin kayaç parçaları = polikristalin kuvarsları içeriyor) kullanılmaktadır (Dickinson vd., 1983).

Dickinson ve Suczek (1979), plaka tektoniği tarafından kontrol edilen kaynak alan tiplerinin bir fonksiyonu olan farklı türdeki çökeltme ortamlarından kumtaşı kayıtları oluşturmuşlardır. Genel olarak, kıta içlerinden türeyen çökeller kıta-içi havzalarda veya pasif kenarlar boyunca çökelmişlerdir ve bu çökeller kırıntılı kuvars taneleri bakımından zengin, özellikle volkanik kayaç parçalarınca fakirdirler. Yeniden oluşan orojenik bölgelerden türeyen kırıntılı çökeller çökeltme ortamları pasif kenarlar üzerinde olmasına rağmen, genellikle kıta içlerinden türeyen çökellerden daha felsikdirler. Volkanik yaylardan (kıtasal veya okyanusal) türeyen kırıntılı çökeller tipik olarak kuvarşça fakir ve volkanik kayaç parçalarınca zengindirler.

2.7. Jeokimyasal Analiz ve Tektonik Ortam

Önceki çalışmacılar kumtaşı birimlerindeki jeokimyasal ayrımları ve bunların tektonik ortamlarla olan ilişkilerini keşfetmiş ve kullanmışlardır. Kumtaşı jeokimyasının tektonik anlamları ilk olarak Middleton (1960) tarafından yapılmıştır. Middleton (1960) kumtaşlarını tektonik ortamlarına bağlı üç ayrı grup halinde toplamıştır; tafro-jeosenklinal, eu-jeosenklinal ve exo-jeosenklinaldır. Kumtaşlarındaki bu gruplamalar esas olarak kumtaşlarındaki K_2O/Na_2O ve alkali/ Al_2O_3 oranlarına göre yapılmıştır.

Dickinson ve Suczek (1979)'ın kumtaşlarındaki petrografik çalışmalarından hemen sonra, Bhatia (1983) kumtaşlarının jeokimyasal bileşimi üzerine çalışmalar yaparak, farklı tektonik ortamların kırıntılı birlikteliklerindeki ana elementlerin yayılımları hakkında çalışmalar yapmıştır. Bhatia (1983) kumtaşı birimlerindeki özellikle okyanusal ada yayından kıtasal ada yayına, aktif kıtasal kenarlara ve pasif kenarlara Fe_2O_3+MgO , TiO_2 , Al_2O_3/SiO_2 oranlarında kademeli bir azalma ve K_2O/Na_2O ve $Al_2O_3/(CaO+Na_2O)$ oranlarındaki artışı gördü. Bu yayılım kumtaşlarının aşırı olgun oldukları zaman kuvars içeriğindeki artış olduğunu ve duraysız kırıntılı tanelerde azalma olduğunu açıklamaktadır (Bhatia, 1983).

Bhatia (1985)'nın çalışması SiO_2/Al_2O_3 ve K_2O/Na_2O oranlarının kumtaşı ve çamurtaşı olgunluğuyla arttığını göstermiştir. Bu durum hakim kaynak kayadaki değişim sebebiyledir. Benzer bir şekilde, Roser ve Korsch (1986)'un çalışması da tektonik ortamlar ve kaynak alanı tanımlayabilmek için kumtaşı ve çamurtaşlarının SiO_2 ve K_2O/Na_2O oranlarının kullanılabileceğini belirtmiştir. Roser ve Korsch (1986), yapmış oldukları çalışmalarında tektonik ortamları, pasif kenar, aktif kıtasal kenar ve okyanusal ada yayı olarak ayırmışlardır.

Bhatia ve Crook (1986) iz element analizlerini kullanarak Okyanusal ada yayından Kıtasal ada yayına, Aktif kıtasal kenara ve Pasif kenar ortamlarına, Hafif Nadir Toprak Elementlerindeki artışı ve V, Sc miktarlarındaki ve Ba/Rb, K/Th ve K/U oranlarındaki azalmayı belirtmişlerdir. Bhatia ve Crook (1986) tarafından çalışılan Paleozoyik havzalarındaki kumtaşı ve çamurtaşlarının Nadir Toprak Element (NTE) jeokimyaları, eğer bir kumtaşı çok olgunlaşmış ise (Bhatia, 1985) NTE bolluğunda bir artışı ve Eu anomalisinde bir azalmayı göstermiştir.

Son yıllarda, McLennan vd. (1993) kaynak kaya, tektonik ve sedimantasyon çalışmalarında kullanılan birkaç jeokimyasal yaklaşım geliştirmişlerdir. McLennan vd.

(1993) jeokimyasal çalışmaların petrografik çalışmalara göre bazı üstünlüklerini tanımlamışlardır. Bu üstünlükler şu şekilde sıralanabilir; 1- İnce ve kaba taneli kayaçların analiz edilebilme şansı, 2- Aşırı şekilde ayrılmış kayaçların analiz edilebilme şansı, 3- Tanımlanmamış yabancı bileşenleri tanımlayabilmek için anahtar iz elementler ve izotopların kullanılabilmesi ve 4- Hem kaynak kaya yaşını hem de jeokimyasal geçmişini sınırlandırabilme özelliği (McLennan vd. 1993). McLennan vd. (1993) kayaç jeokimyasını ve izotop bileşimini kullanarak beş alt bölge tanımlamışlardır. Bunlar: 1- Yaşlı üst kıtasal kabuk, 2- Yeniden oluşan sedimanter kayaçlar, 3- Genç farklılaşmamış yay, 4- Genç farklılaşmış yay ve 5- Yabancı bileşenler.

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1 Giriş

İnceleme alanında Paleozoyik-Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayaçlar yüzeylemektedir (Ek 1). Paleozoyik'te Gümüşhane Granitoyidi, Mesozoyik'te Şenköy Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu, Tersiyer'de Alibaba Formasyonuna ait kayaçlar ayırtlanarak haritalanmıştır. Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'na ait kırıntılıların kaynaklandıkları alanın genel petrografi ve jeokimyasal karakteristiklerini araştırmak için kumtaşları dikkate alınarak örneklenmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere 3 ana başlık altında toplamak mümkündür.

3.2. Saha Çalışmaları

Bu çalışmanın ilk safhasını oluşturan saha çalışmaları öncelikle çalışmanın amacına uygun olarak seçilen Trabzon H42-b2 paftasında yer alan birimlerin tanınması, sınır ilişkilerinin ortaya konması, yapısal ve tektonik unsurların belirlenmesine yönelik olmuştur. Çalışmaya esas oluşturan Şenköy Formasyonu özellikleri detaylı belirlenerek, birim içinde yer alan kumtaşı seviyeleri örneklenmiştir. Örnekler alınırken incelenen kumtaşlarının ayrışma az olanları seçilmeye çalışılmıştır.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

3.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Çalışma alanından derlenen el örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitleri hazırlanmıştır. Kayaçlardan alınan el örnekleri laboratuvarda 0.5x2x4 cm boyutlu plakacıklar halinde kesilmiş ve yüzey pürüzlülükleri giderildikten sonra 1 mm kalınlığında ve 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu aracılığıyla yapıştırılmıştır. Dereceli aşındırıcılar yarımıyla 0.025 mm kalınlığa kadar inceltelen kesitler petrografik incelemelere hazır hale getirilmiştir. Kesitler MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi ince kesit laboratuvarında yapılmıştır.

3.3.2 Mikroskop Çalışmaları

İnce kesiti hazırlanan örnekler Gümüşhane Üniversitesi Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda bulunan Nikon Eclipse E400 POL 230V-0.4A 50/60 Hz marka polarizan mikroskop aracılığıyla incelenmiştir. Petrografik çalışmalar sonunda jeokimyasal analiz için uygun olan örnekler belirlenmiştir. Kayaçları oluşturan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri, optik özellikleri gözlenerek önemli olduğu düşünülen kesitlerden mikroskoba bağlı fotoğraf makinesi ile tek ve çapraz nikollerde mikro fotoraflama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.3. Kumtaşlarındaki Modal Analizler

Şenköy Formasyonu içerisinde seçilen 20 adet kumtaşı üzerinde petrografik çalışmalar yapılmıştır. İncelenen örnekler seçilirken, ince kesitte taneleri tanınabilecek kadar orta-iri taneli kumtaşları seçilmiş ve bu örneklerin ince kesitleri tabaka düzlemlerini dik olarak kesecek şekilde hazırlanmıştır. Petrografik incelemeler yapılırken Swift Model F nokta sayıcısı kullanılarak her ince kesit örneğinde 500 adet nokta sayılmıştır. Kumtaşları adlandırılırken Folk (1980) in kumtaşı adlama diyagramları kullanılmıştır. İncelenen kumtaşlarındaki kökensel yorumlamaları yapabilmek için incelenen kumtaşları Gazzi-Dickinson Nokta Sayım Yöntemi (Ingersoll vd., 1984) kullanılarak sayılmışlardır. Bu yöntemde kullanılan sayım parametreleri Tablo 3.3.1' de verilmiştir. Gazzi-Dickinson Nokta Sayım Yöntemi kayaç bileşiminin tane boyuna bağımlılığını en aza indirdiği ve iri taneli kumtaşlarında kullanışlı olduğu için tercih edilmiştir. Nokta sayımı yapılırken sayım aralığı tane boyuna göre ayarlanmış ve 0.4-0.6 mm olarak kullanılmıştır. Nokta sayım sonucu elde edilen değerler Dickinson vd. (1983) ve Dickinson (1985) tarafından geliştirilen tektonik ortam ayırım diyagramlarında değerlendirilmiştir.

3.3.4 Kumtaşlarının Kimyasal Analize Hazırlanması ve Kimyasal Analizler

Örneklerin kimyasal analiz için hazır hale getirilme işlemleri MTA Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Petrografik incelemeler sonunda analiz için uygun görülen 5 adet kumtaşı örneği öncelikle çekiç yardımıyla daha küçük boyuta indirgenmiştir. Örnekler daha sonra çeneli kırıcı yardımıyla birkaç mm boyutuna kadar küçültülmüştür. Bu işlemden sonra krom alaşımlı çelik halkalı öğütücüde örnekler ince toz haline getirilmiştir. Halkalı öğütücü ile toz haline getirilen örneklerden 50-100 gr'lık toz örnek paketleri hazırlanmıştır.

Hazırlanan Şenköy Formasyonu'na ait kumtaşı 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.

3.3.5 Palinolojik Amaçlı Çalışmalar

Çalışma sahasında Şenköy Formasyonu içerisinde yer alan kömürlü ve organik malzemece zengin seviyelerden alınan örneklerin palinolojik amaçlı incelenmesi Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Prof.Dr. Funda Akgün'ün gözetim ve denetimi Altında Dr. Mine Sezgül Kayseri tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yapılan bütün denemelere rağmen, tez sahası içindeki kömürlü düzeylerden alınan örnekler palinolojik amaçlı incelemeye müsaade etmemiştir. Bu tez içerisinde özellikle istifin stratigrafik konumunu belirlemeye yarayacak olan bu örneklerden gelmesi planlanan veri eksikliği nedeniyle bu bölümden bahsedilmemiştir.

3.4 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları, tez çalışmasının her aşamasında araştırma, yorumlama ve yazım çalışmalarını kapsamaktadır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla çalışmanın son safhasında büro çalışmaları yapılmıştır.

Tez konusunun belirlenmesinden itibaren Gümüşhane yöresinin jeolojik evrimine yönelik çalışmalar (rapor, makale, tez, jeolojik ve topoğrafik haritalar) derlenmiş ve inceleme alanı hakkında gerekli bilgiler toplanmıştır. Büro çalışmaları sırasında, tez konusunu oluşturan yöre ve özellikle Şenköy Formasyonu içerisindeki kumtaşları üzerinde yapılan petrografik ve jeokimyasal analizler ile ilgili kaynaklar derlenerek incelenmiştir. Büro çalışmasının son aşamasında ise, saha ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen bilgiler yorumlanmış ve literatür bilgileri ile kıyaslanarak Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yazım kurallarına uygun bir rapor halinde getirilerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları sırasında, tez içerisinde yer alan çeşitli diyagramlar ve şekillerin anlatımı ve çizimi için; Grapher 5, CorelDraw 12, tez yazımı için de Microsoft Word 2007 programından yararlanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Giriş

İnceleme alanında Paleozoyik-Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayaçlar yüzeylemektedir (Ek 1). Paleozoyik'te Gümüşhane Batoliti, Mesozoyik'te Şenköy Formasyonu, Berdiga Formasyonu ve Kermutdere Formasyonu, Tersiyer'de Alibaba Formasyonuna ait kayaçlar ayırtlanarak haritalanmıştır.

Birimler anlatılırken; birimin tanımı ve adı, tip ve başvuru kesit yerleri, kaya türü özellikleri, yayılım ve değişimi, dokanak ilişkileri, fosil kapsamı ve yaşı ile ortamsal yorumlarına değinilerek tanıtılmaya çalışılacaktır.

Ayrıca bu çalışmada Doğu Pontidlerin Erken-Orta Jura dönemindeki jeodinamik evrimine katkıda bulunabilmek amacı ile Şenköy Formasyonu içerisindeki kumtaşlarının petrografik ve jeokimyasal özellikleri araştırılarak bu kumtaşlarının kaynak alanları ve tektonik ortamları belirlenmiştir.

4.2. Stratigrafi

4.2.1. Gümüşhane Batoliti (Pzgb)

İnceleme alanında geniş bir yayılım sunan geç Paleozoyik yaşlı granitik kayaçlar topluluğuna ilişkin ilk bilgiler Erguvanlı (1951), Ketin (1951) ve Baykal (1952) tarafından verilmiştir. Coğulu (1975)'nin Gümüşhane plütunu, Yılmaz (1972)'in Gümüşhane graniti olarak tanıttığı granitik kayaçlar topluluğunu; Tokel (1972), Kesgin (1983), Eren (1983), Hacıaloğlu (1983), ve Bergougran (1987) Gümüşhane graniti adı altında incelemişlerdir. Topuz vd. (2010) Gümüşhane Batoliti ve Dokuz (2011) Köse Kompozit Plütunu gibi değişik adlar altında incelemişlerdir. Bu çalışmada Gümüşhane Batoliti adlaması benimsenmiş ve kullanılmıştır.

Trabzon H42-b2 paftasını kapsayan İnceleme alanında geniş bir yayılım sunan Gümüşhane Batoliti, Değirmen Mahallesi, Merkez Mahallesi, Tokluca Mahallesi, Meletli Mahallesi, Koyunoğlu Mahallesi, Koçlu Mahallesi, Kirazlı Mahallesi, Turhanlı Mahallesi, Kadirbey Mahallesi, Cevizli Mahallesi, Emirli Mahallesi, Pelitli Mahallesi, Has Mahallesi, Kartallı Mahallesi, Çamlıca Mahallesi, İnönü Mahallesi, Emirler



Şekil 4.1. Gümüşhane Batolitinin Çamlı Köyü civarındaki görünümü

Mahallesi, İsyanevleri Mahallesi ve Aksu, Dörtkonak, Gözeler, Alemdar köyleri ile Gümüşhane merkezde yüzeylemektedir.

Çalışma alanında beyazımsı gri, pembe renkli iri ortoklazlı granitler (Şekil 4.1), büyük bir granit kütlesi ve bu kütlenin değişik fasiyeslerindeki (granodiyorit, kuvars porfir ve dasit) kayaçlarından oluşur.

Gümüşhane Batoliti inceleme alanının temelini oluşturur. Bu birim üzerine Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu uyumsuz olarak gelir. Gümüşhane Batoliti üzerinde incelemelerde bulunan Çoğulu'nun (1975) granodiyorit ve kuvars monzonitlerden elde ettiği yaşlar 298 ile 338 milyon/yıl arasında değişmektedir. Bu sonuçlar ile Gümüşhane Batolitinin Paleozoyik yaşlı olduğu ortaya çıkar. Buna göre Gümüşhane Batoliti Hersiniyen orojenezi döneminde kabuk içine sokulmuş ve daha yaşlı birimleri kesmiştir. Bayburt dolayında yüzeyleyen Akşar graniti, Saruhan granodiyoriti, Köse graniti ve Gümüşhane Batoliti benzer özellikler gösterirler. Tokel (1981), Gümüşhane, Köse dağ ve Saraycık granit karmaşığının Karbonifer yaşlı olabileceğini bildirir. Japon Grubu (1986) Gümüşhane Batolitinin kuzey ve güney kenarlarından aldıkları örneklerde Rb 87/Sr 86 metodunu uygulayarak ortalama 406 milyon/yıl bulurlar. Bulunan bu yaş Alt Devoniyene karşılık gelir.

ÜST SİSTEM					LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR		
SİSTEM	KUV.	TERSİYER	Eosen	ALİBABA				
MESOZOİK	KRETASE	ÜST KRETASE	KERMUTDERE			Yamaç molozu Diskordans Andezit-bazalt ve piroklastları Nummulitli kireçtaşları ve kilaşları Konglomera ve kumtaşları Diskordans Gri-yeşil renkli, ince orta tabakalı kumtaşı,kilaşı,marn ve silttaşı ardalanması Kırmızı-şarabi renkli,ince tabakalı mikritik kireçtaşları Sarı renkli,ince-orta tabakalı kumlu kireçtaşı ve kumtaşları İnce-orta tabakalı çört yumrulu kireçtaşı Orta-kalın tabakalı Kireçtaşı Dolomit ve Dolomitik kireçtaşı		
					ALT KRETASE	BERDİGA		
					ÜST JURA			
JURA	ALT-ORTA JURA	ŞENKÖY			Vulkaniklastikler ve bazalt, andezit Kırmızı krem renkli bol makro fosilli kireçtaşı ve marnlar Çörtlü kireçtaşı Bazalt, andezit ve piroklastları Kumtaşı Bazalt, andezit ve piroklastları			
PALEOZOYİK					Kömür ara seviyeli konglomera. kumtaşı ve kilaşları Diskordans Gümüşhane Batolithi granit, granodiyorit, kuvars porfir, dasit			

Ölçeksiz

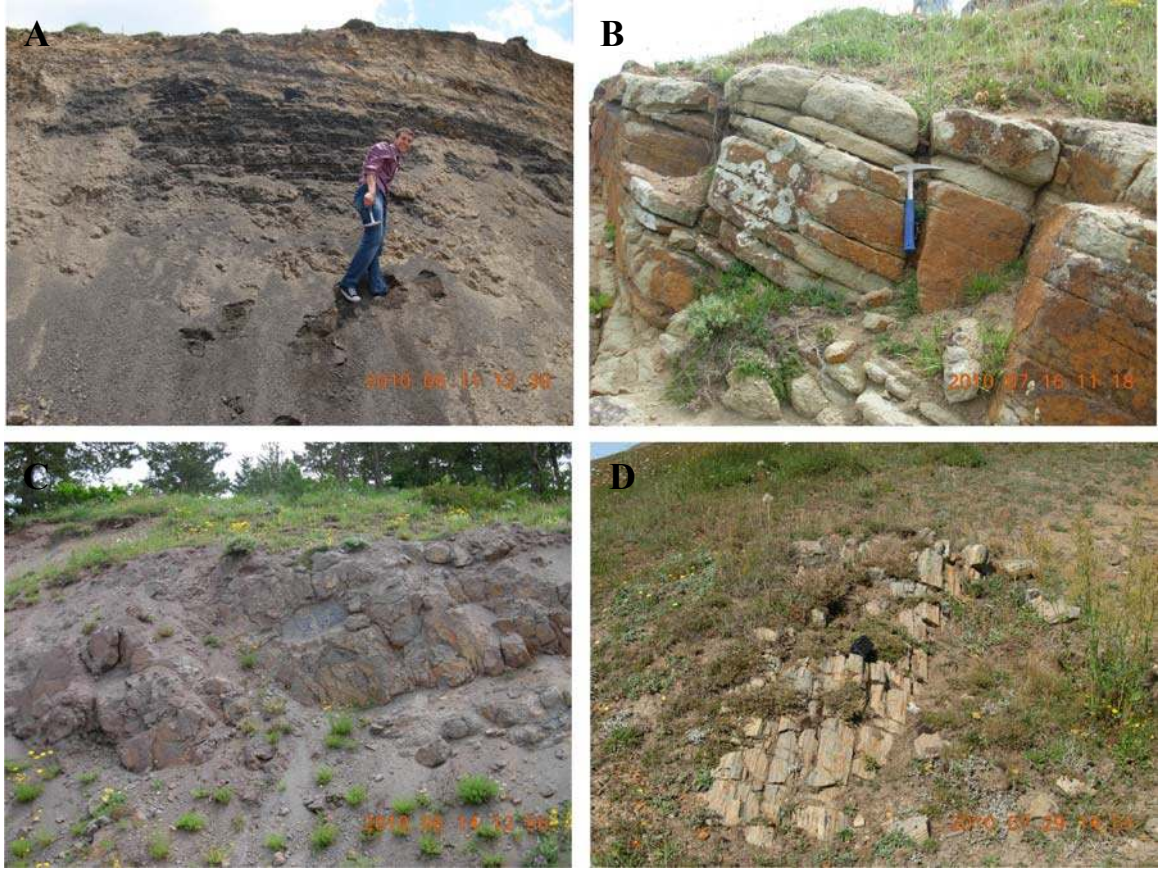
Şekil 4.2 İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesit

4.2.2. Şenköy Formasyonu (Jş)

İnceleme alanında geniş bir yayılım sunan birim, birçok çalışmacı tarafından farklı adlarla tanıtılmıştır. Karatepe Formasyonu (Seymen 1975), Telmeyaylası Formasyonu (Turan, 1978), Hacıören Formasyonu (Pelin, 1977), Hamurkesen Formasyonu (Ağar, 1977), Balkaynak Formasyonu (Kesgin, 1983), Zimonköy Formasyonu (Eren, 1983), ve Şenköy Formasyonu (Kandemir, 2004) adları altında incelemiştir. Bu çalışmada da Şenköy Formasyonu adının kullanılması uygun görülmüştür.

İnceleme alanında Şenköy Formasyonu, Dörtkonak Yayla, Çamlıca Mahallesi, Eskişehir Mahallesi, Habibli Mahallesi, Alemdar Köyü'nün batısında, Aksu Köyü'nün kuzeyinde ve Yaydemir Köyü'nde yüzeylemektedir.

Şenköy Formasyonu, birbiriyle yanal geçiş gösteren ve kısa mesafelerde kalınlık farklılıkları sunan andezit, bazalt (Şekil 3.3C), aglomera ve tüflerden oluşan volkanik ara seviyeler içeren yersel çakıltası, dereceli kumtaşı, marn kilitaşı ve kumlu kireçtaşları ile ammonitiko rosso fasiyesinde gelişmiş bol ammonit, belemnit, brachiopoda, ekinid, pelecypoda, mercan ve süngerlerden oluşan kırmızı renkli ve yumrulu kireçtaşlarından oluşur. Kumtaşları gri, sarımsı boz ve yeşil renkli, orta-kalın tabakalı, kötü boyplanmalı, sıkı tutturulmuştur. (Şekil 3.3B). Bu çökel istif içinde kömür bant, merccekleri (Şekil 3.3A) ve silisleşmiş ağaç parçaları gözlenmektedir(Şekil 3.3D).



Şekil 4.3. Şenköy Formasyonu'nuna ait kayaçların Dörtkonak Yayla civarındaki genel görünüşleri (A:Kumtaşı, kıltaşı ve kömür seviyesi, B: Gri-yeşil renkli kumtaşları, C: Bazalt-Andezit düzeyi, D:Silişleşmiş ağaç parçası).

Şenköy Formasyonu Gümüşhane Batolitine ait granitik kayaçlar üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Birim üstten Berdiga Formasyonuna ait karbonatlı kayaçlar ile uyumlu olarak örtülmektedir. Şenköy Formasyonu içerisinde derlenen kırmızı renkli kireçtaşlarının paleontolojik incelemesinden, *Involutina liasica* JONES, *Agerina martana* FARINACCI, *Lenticulina* sp., *Nodosaria* spp., mikro fosiller saptanmıştır. Bu fosillere göre Şenköy Formasyonunun yaşı Alt Jura (Erken-Orta Jura) kabul edilmiştir. Kırmızı kireçtaşlarının her seviyesinde yoğun pelecypod ve brachiopod kavkı parçaları izlenmektedir. Bu kavkı parçalarının bazıları üzerinde yoğun canlı işlevleri (oygu yapıları) bulunmaktadır. Bazı seviyelerinde gastropoda, ammonit parçaları, çok ince kavkılı mollusk kavkı parçaları ve sünger spikülleri gözlenmektedir.

Şenköy Formasyonunun tabanını oluşturan kumtaşı, kıltaşı ve kömür mercekleri sığ denizel ve bataklık ortamını karakterize eder. Çakıltaşları yüksek enerjili ve hareketli bir ortamı belirtir. Daha üst kesimlerde yer alan türbiditik özellikler sunan kumtaşı,

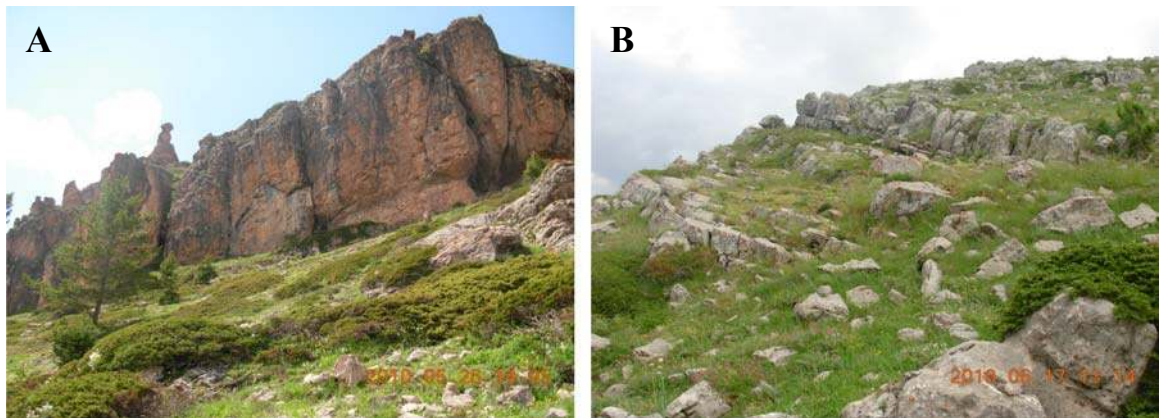
kiltaşı ardalması denizel ortamın biraz derinleştğini gösterir. Kırmızı kireçtaşları ammonitico-rosso fasiyesinin çökeltim özelliklerini gösterir. Genelde Formasyon değişen çökeltme ve litofasiyes özellikleri taşır. Özellikle Formasyon içerisinde lavların yer alması volkanik aktivitenin zaman zaman etkin olduğunu gösterir. Şenköy Formasyonunun yayılım, kalınlık ve çökel yapı-doku özellikleri birimin tipik bir rift havzasında biriktiğinin kanıtlarını taşır.

4.2.3 Berdiga Formasyonu (JKb)

İnceleme alanında gri, boz, açık gri, sarımsı beyaz renklerde dolomitik kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, çört bant ve yumrulu kireçtaşı seviyelerinde oluşan neritik karbonatlar, Pelin (1977) tarafından Berdiga Dağları'na atfen (Alucra güneyi) Berdiga Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanında Berdiga Formasyonu, Sayanıntaşı Tepe, Karahisar Tepe, Fındıklı Tepe, Ayabakan Tepe, Büyükkaya Tepe, Yangıntaşı Tepe, Kuru Tepe, Aymeme Tepe, Yayla Tepe, Pirinç Tepe, Karatoprak Tepe ve Aygır Gölü sırtında yüzeylenmektedir.

Çalışma alanında tümüyle karbonatlardan oluşan Berdiga Formasyonu, genel olarak gri bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, ender makro fosil içeriğine karşın zengin mikro fosil (özellikle küçük bentik foraminifer) içeren, üst seviyeleri çört yumru ve bantlı ve tabandan tavana karbonatlı fasiyeste gelişmiş özelliklere sahiptir(Şekil 4.4 B). Bununla birlikte ideal bir karbonat platformunda izlenen yaygın mikrofasiyes tiplerinin tümü izlenebilir özelliktedir.



Şekil 4.4 Berdiga Formasyonu'na ait litolojilerin Gümüşhane civarındaki görünüşleri (A: Dolomitik kireçtaşı, B: Kireçtaşı)

Birim tabanda terrijen bileşenlerini kuvars ve feldispat parçalarının oluşturduğu bol ooidli tanetaşları ile belirgindir. Üste doğru kırıntılı bileşen ve ooidlerin sona ermesiyle tanetaşı alt fasiyesi yerini bol bentik foraminiferli tanetaşı/istiftaşı alt fasiyesine bırakır. Bu alt fasiyes aralıklı olarak istifin sonuna kadar devam eder. Ara seviyeler miliolid-ostrocod-valvulinid-gastropod gibi sınırlı fauna içeren ve lagün alt ortamını yansıtan vaketaşları ve dolomitik kireçtaşlarından oluşur (Şekil 4.4A). Dolomitik seviyeler yersel olarak bazı farklılıklar sunar. Bazılarında dolomitleşme derecesi az olup saçınımlar şeklinde gelişmişken bazı seviyelerde dolomitleşme yaygın olup ilksel doku kısmen tanınabilmektedir. Bazı seviyeler ise tümüyle dolomitleşmiş olup ilksel doku tanınmaz haldedir.

Berdiga Formasyonu, Şenköy Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alır. Birim üstten Kermutdere Formasyonu'na ait kayalar ile uyumlu olarak örtülmektedir. Berdiga Formasyonu içerisinde derlenen kireçtaşlarının paleontolojik incelemesinden, *Globuligerina? oxfordiana* (Grigelis), *Spirillina* sp., *Trocholina* sp., *Textularidae*, formları saptanmıştır. Bu fosillere göre Berdiga Formasyonu'na Üst Jura-Alt Kretase yaşı verilmiştir.

Birimin çökel yapı-doku, fosil içeriği, yayılım ve dağılım özellikleri Berdiga Formasyonunun sığ denizel koşullarda ve karbonat platformu üzerinde biriktiğini kanıtlar.

4.2.4 Kermutdere Formasyonu (Kk)

İnceleme alanında kumlu kireçtaşı, mikritik kireçtaşı ve kumtaşı, şeyl araldanmasından oluşan istif ilk kez Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Üst Kretase yaşlı çökeller bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Pelin (1977) çalışmasında Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonuna karşılık gelen çökelleri Kındıralık Dere Formasyonu, Elmalı Dere Formasyonu ve Tepeköy Formasyonu olmak üzere üç birime ayırmıştır. Güven (1993) Mescitli Formasyonu adı altında incelemiştir. Bu çalışmada ise Kermutdere formasyonu adının kullanılması uygun görülmüştür.

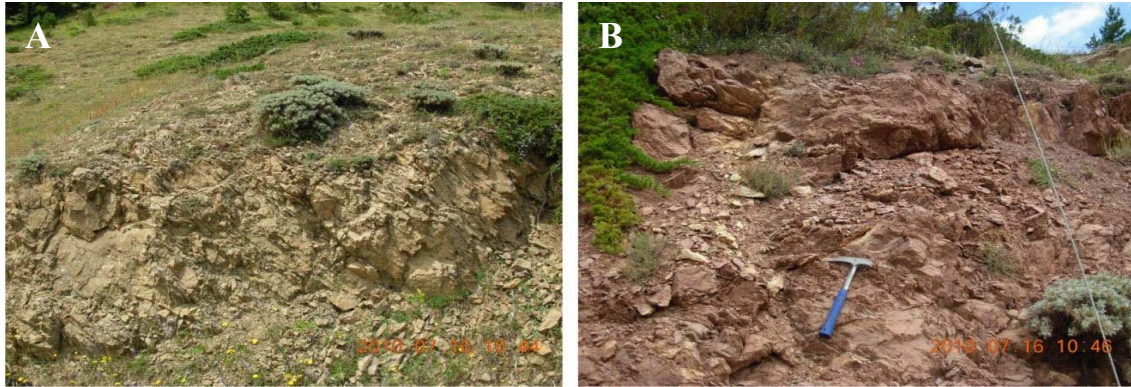
Çalışma alanında Kermutdere Formasyonu, Eskişehir Mahallesi'nin batı ve kuzeybatısında, Sayanıntaşı Tepe'nin kuzeyinde ve Sinekli Tepe'nin güneyinde yüzeylemektedir.

Kermutdere Formasyonu, tabanda yanal devamlılıkları olmayan masif katmanlı ve yer yer ince silttaşı, marn ara seviyeleri içeren sarı renkli kumlu kireçtaşı ile başlar (Şekil 4.5.A). Bunların üzerine gelen kırmızı renkli, ince-orta tabakalı, kireçtaşları bol pelajik foraminifer (*Globotruncana* sp.)ve radyolarya içerir (Şekil 4.5.B). Bunların üzerine gri, yeşil renkli ve ince-orta tabakalı ve pelajik fosilli kumtaşı-kiltaşı-marn ardışıklı türbiditik çökeller gelir.

Kermutdere Formasyonu, Berdiga Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Bu birim üzerine Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu uyumsuzlukla yer alır.

Kermutdere formasyonu içinde yer alan kırmızı renkli mikritik kireçtaşlarından alınan örneklerin paleontolojik incelemesinden, *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana* sp., *Langeniidae* *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Hedbergella* sp., *Globigerinelloides* sp. gibi formlar bulunmuştur. Saptanan bu fosillere göre Geç Kratese yaşı verilmiştir.

Birim Üst Kretase'de Gümüşhane ve çevresinde tektonik rejimdeki değişikliğe bağlı olarak platformun normal faylarla parçalanması sonucu derinleşen bir ortamda çökel prizma geometrisinde birikmiştir.



Şekil 4.5 Kermutdere Formasyonu'nun Gözeler yöresindeki genel görünümü (A: Sarı renkli kumlu kireçtaşları, B: Kırmızı-şarabi renkli mikritik kireçtaşları).

4.2.5 Alibaba Formasyonu (Ta)

İnceleme alanında geniş bir yayılım sunan birim (Tokel, 1972) tarafından Gümüşhane ve yakın çevresinde tanımlanmıştır. Gerek stratigrafik konumundan ve gerekse kayaç türünden kaynaklanan özellikleri nedeniyle inceleme alanında geniş bir yayılama sahiptir.

İnceleme alanında Alibaba Formasyonu, Demirkaynak Köyü, Bahçeli Mahallesi, Güzeller Mahallesi, Hasanbey Mahallesi, Kızılköy Mahallesi, Topal Mahallesi, Kaledere Mahallesi, Rüfene Mahallesi, Orta Mahallesi, Zarfı Mahallesi, Canca Mahallesi, Kuşlu Mahallesi, Kuzuplu Mahallesi, Konacık Mahallesi, Hacılı Mahallesi, Davunlu Mahallesi, Kalkanlı Mahallesi, Cebirli Mahallesi, Zeynepli Mahallesi, Sakallı Mahallesi, Sığırlı Mahallesi ve Vank Yaylası civarında yüzeylemektedir.

Alibaba Formasyonu tabanda kumlu ve nummulitli kireçtaşı, kumtaşı ve marn bulunduran üste doğru kalın bir andezit-bazalt lav ve piroklastlarının hakim olduğu volkano-tortul bir istifdir.

Alibaba Formasyonu, Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Birim küçük çökeltme ortamlarında ve yoğun bir volkanik etkinliğin de eşlik etmesiyle sığ deniz ve karasal ortamlarda birikmiştir.

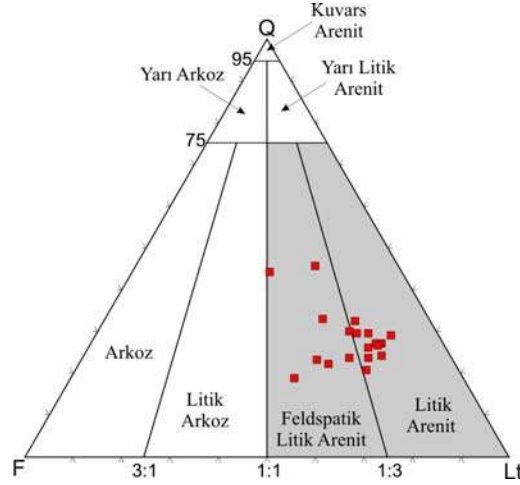
4.3 Şenköy Formasyonu'na Ait Kumtaşlarının Petrografisi

Şenköy Formasyonu içerisinde yer alan kumtaşları üzerinde detaylı petrografik ve dokusal çalışmalar yapılmıştır. İncelenen kumtaşlarının modal analiz sonuçları Tablo 4.1.'de verilmiştir. Verilen tablodaki değerler incelenen kumtaşlarının Gazi-Dickinson Nokta Sayım Yöntemine göre elde edilen nokta sayım sonuçlarını içermektedir.

Tablo 4.1. Şenköy Formasyonu'ndaki incelenen kumtaşlarının Gazi-Dickinson Nokta Sayım Yöntemine göre elde edilen nokta sayım sonuçları (gölgelemeler jeokimyasal analizi yapılan örnekleri göstermektedir).

Örnek no	Kuvars (Q)		Felspat (F)		Kayaç Parçası (L)		Fillosilikat	Opak	Bağlayıcı	Toplam
	Qm	Qp	P	K	Andezit/Bazalt	Dasit				
10-LD-49	141	44	20	49	68	83	1	0	94	500
10-LD-54	120	35	35	67	21	190	1	0	31	500
10-LD-55	132	49	23	89	15	101	0	5	86	500
10-LD-56	112	33	11	59	5	226	3	0	51	500
10-LD-81	110	26	16	50	35	223	1	0	39	500
10-LD-50	87	34	16	48	42	232	1	2	38	500
10-LD-62	103	33	21	60	53	183	0	2	45	500
10-LD-59	87	2	43	122	75	143	1	1	26	500
10-LD-61	105	7	27	108	64	170	0	2	17	500
10-LD-88	94	19	23	77	55	207	1	0	24	500
10-LD-63	92	12	45	80	51	194	1	0	25	500
10-LD-85	111	9	16	43	85	182	0	1	53	500
10-LD-66	130	8	25	53	83	168	1	0	32	500
10-LD-60	116	12	19	47	62	213	2	8	21	500
10-LD-84	100	12	23	57	60	219	1	0	28	500
10-LD-82	110	14	28	47	35	241	2	2	21	500
10-LD-89	119	10	31	30	78	211	0	0	21	500
10-LD-67	92	4	38	50	28	252	4	2	30	500
10-LD-83	89	19	26	38	13	262	0	0	53	500
10-LD-48	131	9	10	36	18	276	0	3	17	500

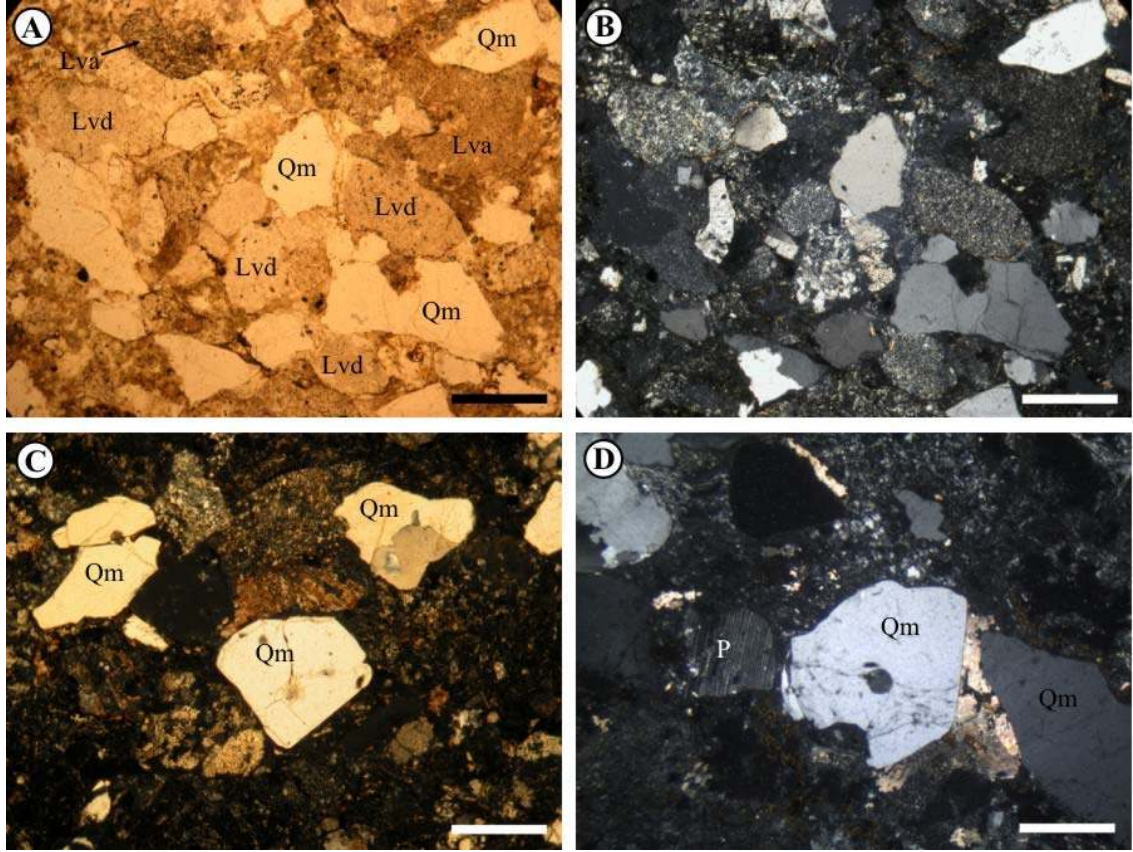
İncelenen kumtaşları Folk (1980)'in QFR diyagramı kullanılarak sınıflandırılmış ve adlandırılmışlardır (Şekil 3.6.). İncelenen örneklerle ait sonuçlar söz konusu diyagrama aktarıldığında bir bölümünün feldispatik litik arenit ve diğer büyük bölümünün ise litik arenit alanında toplandığı belirlenmiştir (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Petrografik incelemesi yapılan kumtaşlarının sınıflandırılmaları (Folk, 1980).

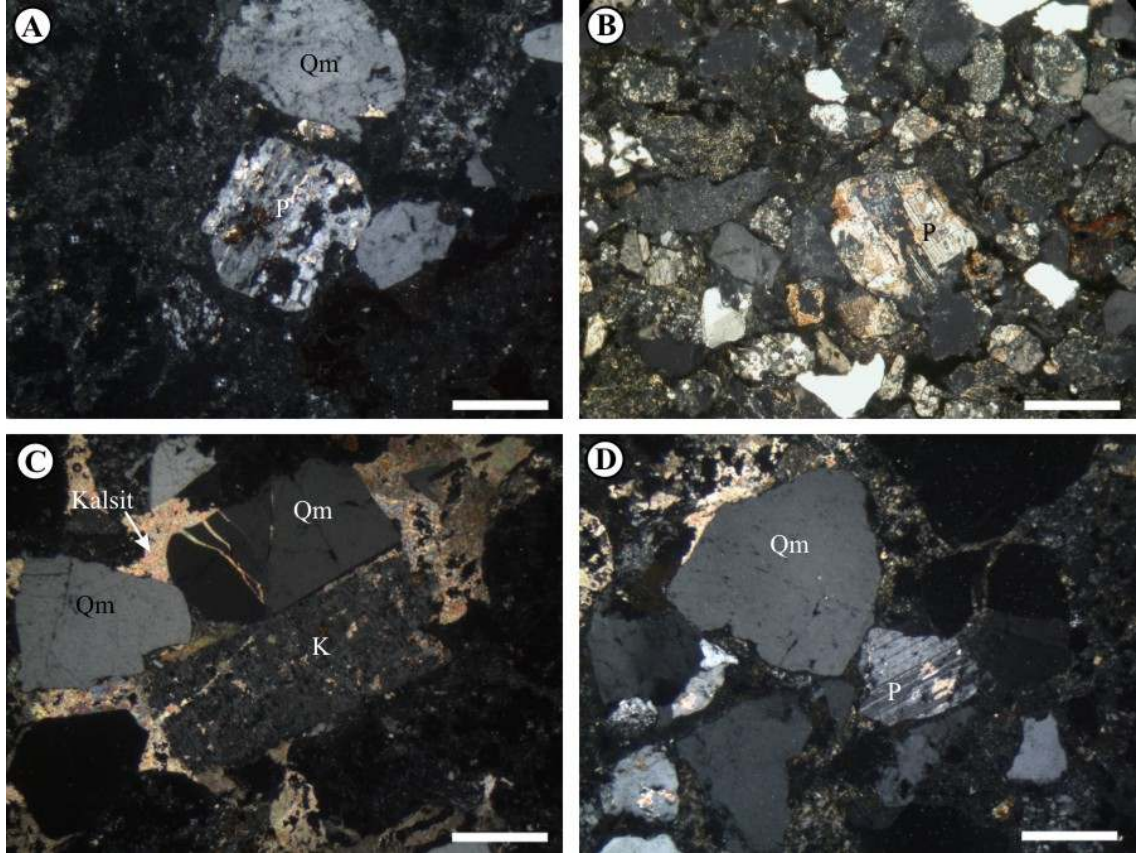
Şenköy Formasyonu içerisinde yer alan kumtaşlarının petrografik incelemesi sonucunda elde edilen veriler Tablo 4.1’de verilmiştir. Tablo 4.1’de yer alan ve kumtaşlarının ana çatısını oluşturan bileşenlerin detaylı olarak incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Kuars: İncelenen örneklerde kuvarslar monokristalin ve polikristalin kuvars tanelerinden oluşmaktadır. Kumtaşlarının çatısını oluşturan monokristalin kuvars taneleri genellikle hafif dalgalı sönmeli içerisinde çeşitli kapanımlar içeren taneler halindedir (Şekil 4.7 A,B,C,D). İncelenen kesitlerdeki bazı kuvars taneleri ise düz kenarlı ve kapanım içermeyen taneler şeklindedirler (Şekil 4.7 C ve D). Monokristalin kuvars taneleri köşeli ve yarı köşeli tanelerden oluşmaktadırlar. Kuvars tanelerinin bu şekilde olması kaynak alanının havzaya yakın olduğunu göstermektedir. Monokristalin kuvars taneleri kaynak alanda granitik ve dasitik/felsik kayaçların varlığını işaret etmektedir. Kumtaşlarında yapılan petrografik gözlemlerde, incelenen kumtaşları içerisinde iri kuvars fenokrsitalleri içeren dasitik kayaç parçalarının varlığı, kaynak alandaki dasitik/felsik kayaçların varlığını destekler niteliktedir. İncelenen kesitlerde monokristalin kuvarslar yanı sıra çok az oranlarda metamorfik kökene işaret eden polikristalin kuvars tanelerinde rastlanmaktadır (Tablo 4.1).



Şekil 4.7. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşlarının mikroskopik görünüşleri (A, tek nikolde, B, C ve D çift nikolde çekilmiştir. Qm: Monokristalin kuvars, Lvd: Dasitik/felsik kayaç parçası, Lva: Andezitik/bazaltik kayaç parçası, P: Plajiyoklas, Ölçekler = 0.5 mm)

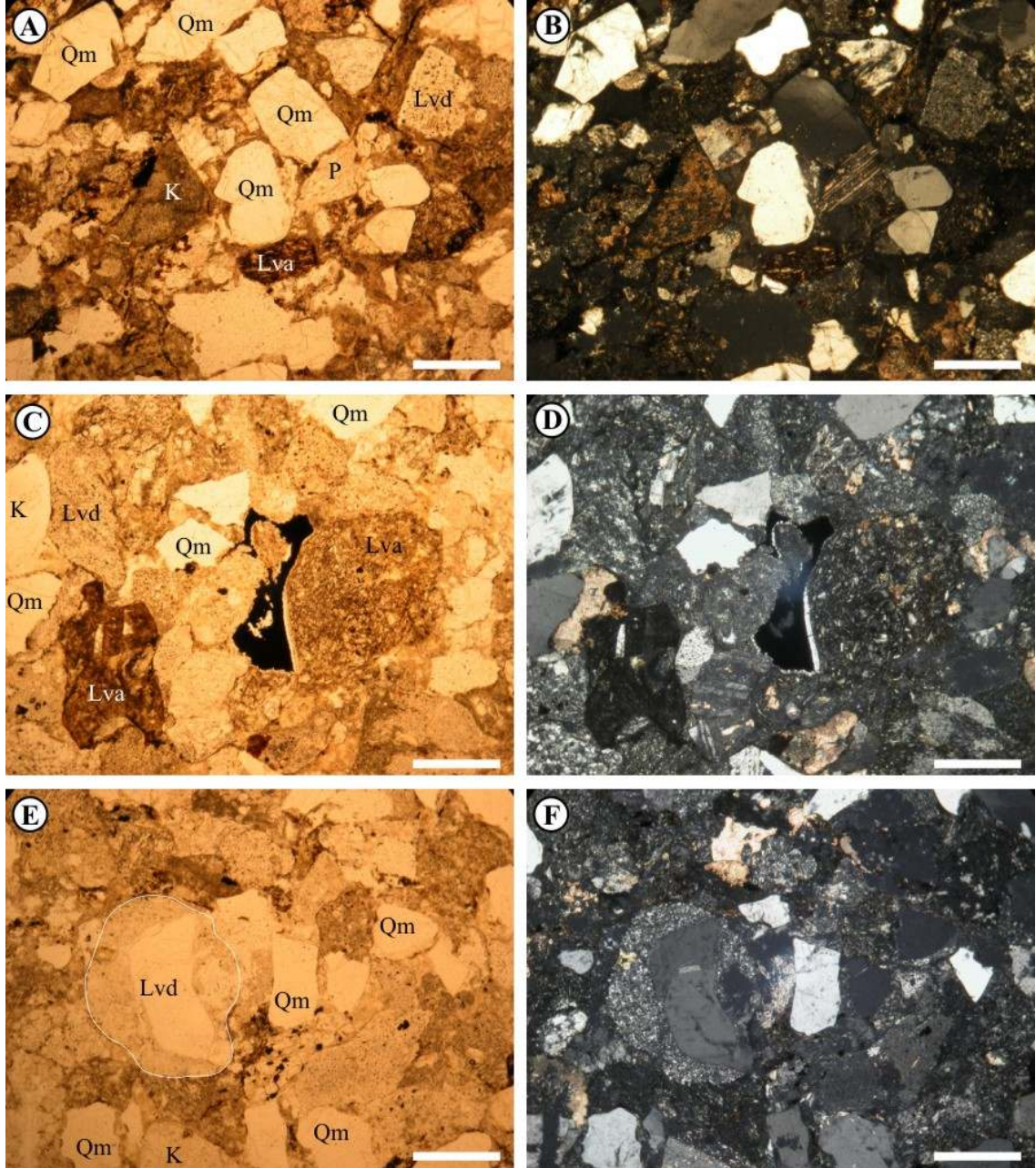
Feldispatlar: İncelenen örneklerde feldispat olarak plajiyoklaslar ve K'lu feldispatlar gözlenmektedir (Tablo 4.1). (Şekil 4.7). Plajiyoklasların çok az bir kısmı zonlu yapı gösteriyor olup, çoğunluğu albit türü ikizlenme göstermekte ve özellikle bazıları yoğun şekilde kalsitleşmiş ve serizitleşmişlerdir (Şekil 4.7 A,B ve D). İncelenen kesitlerin bazılarında (Tablo 4.1 10-LD-59 ve 10-LD-61) feldispat oranı diğerlerine göre oldukça yüksektir. Bu kesitlerde feldispatların çoğu ortoklaslardan oluşmakta, çok az oranda da mikroklinlere rastlanmaktadır. Bunlar tek nikolde kirli kahverengi tonlardaki killeşme ve çift nikolde ise karlspad ikizi göstermeleri ile plajiyoklaslardan ayrılmaktadırlar.



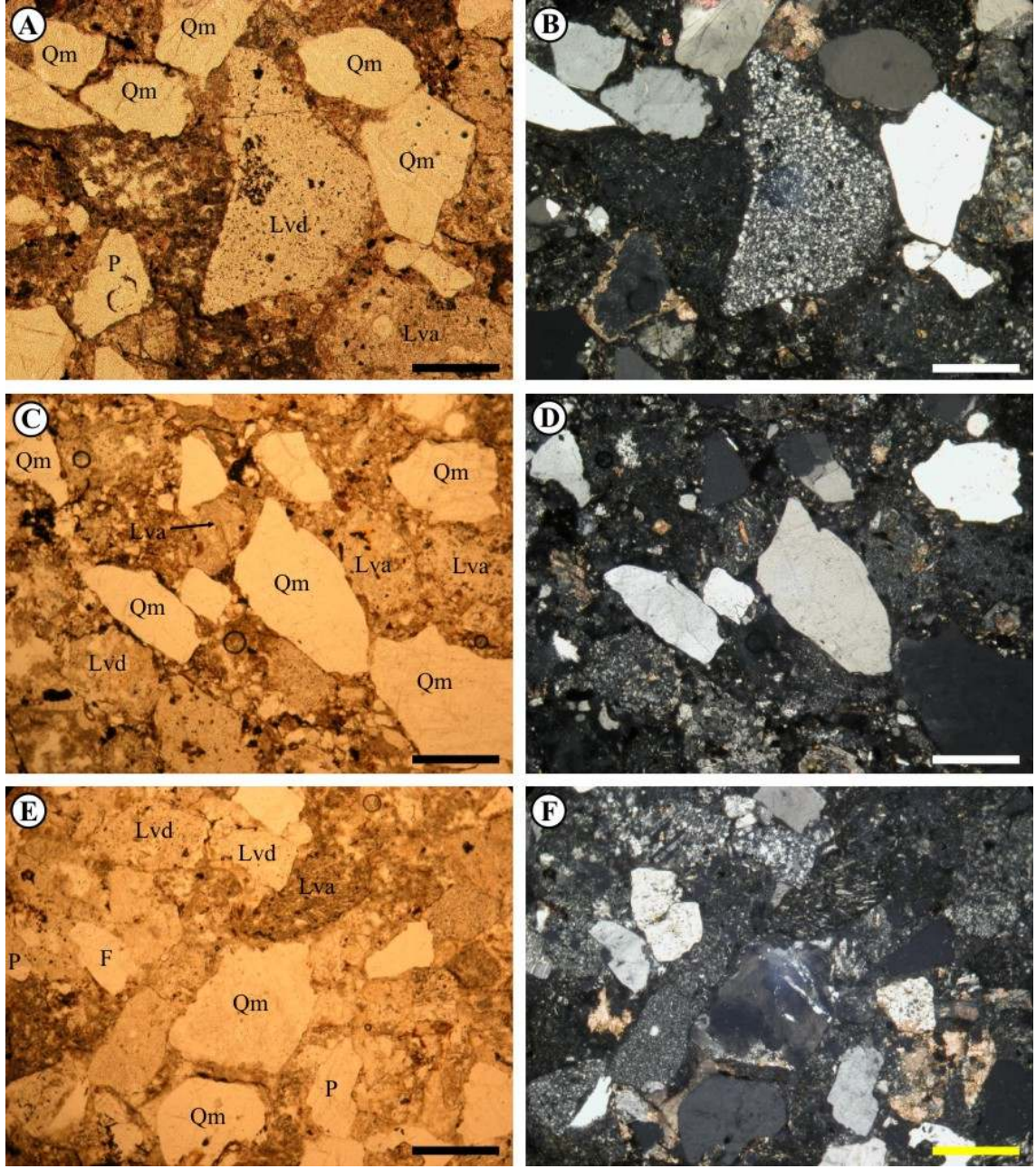
Şekil 4.8. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşlarının mikroskopik görünüşleri (Bütün fotoğraflar çift nikolde çekilmiştir. Qm: Monokristalin kuvars, P: Plajiyoklas, K: Potasyumlu feldispat (ortoklas) Ölçekler = 0.5 mm)

Kayaç Parçaları: İncelenen kumtaşlarında genellikle yuvarlaklamış, bazen köşeli tanelerden oluşan farklı dokuda birçok kayaç parçasına rastlanmıştır. Kumtaşlarının çoğunda kayaç parçaları baskın bileşen durumundadır. Kesitlerden yapılan petrografik gözlemlerde, kayaç parçalarının tamamı volkanik kayaç parçalarından meydana gelmektedir. Volkanik kayaç parçaları Tablo 4.1'de belirtilen iki ana bölüm altında (dasitik ve andezitik/bazaltik) olmak üzere incelenmişlerdir. İncelenen kesitlerde felsik bileşime sahip, içerisinde fenokristaller halinde özşekli kuvarslar bulunduran dasitik kayaç parçalarına rastlanmaktadır (Şekil 4.9 E ve F, Şekil 4.10A ve B). İncelenen bu tanelerin hamurunun kuvars, opak mineraller ve çeşitli mafik minerallerden oluşturduğu gözlenmektedir (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). İncelenen kesitlerde ayrıca dasitik tüf olarak tanımlanabilecek piroklastik kayaç parçaları da bulunmaktadır. Kayaç parçaları içerisinde hamuru kısmi olarak opaklaşmış (tek nikolde koyu renkli) içerisinde plajiyoklas mikrolitleri gözlenen genellikle andezitik veya bazaltik bileşimli taneler bulunmaktadır (Şekil 4.9 A-B, C-D, Şekil 4.10 E-F). Bu kayaç parçalarına ilave olarak trakitik dokulu

ince plajiyoklas latalarının yönlenmesiyle karakteristik volkanik kayaç parçaları da gözlenmektedir (Şekil 4.9 A-B, Şekil 4.10 A-B). Yukarda bahsedilen birbirinden farklı dokuya sahip volkanik kayaç parçalarının dışında çok az oranlarda granitik ve mirmekitik dokulu (yazı dokusu) plütonik kayaç parçaları da bulunmaktadır.

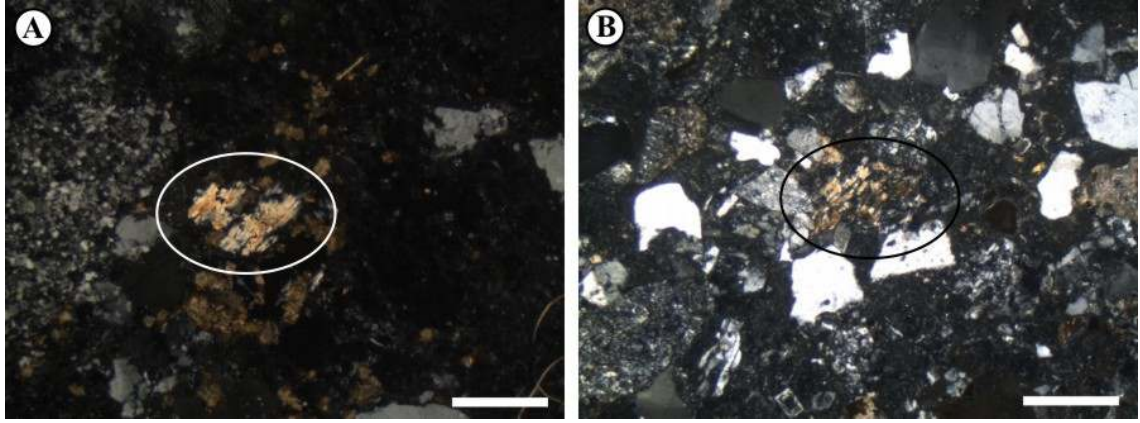


Şekil 4.9. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşlarının mikroskobik görünüşleri (A, C ve E, tek nikolde çekilmiş, B, D ve F, çift nikolde çekilmiştir. Qm: Monokristalin kuvars, P: Plajiyoklas, K: Potasyumlu feldispat, Lvd: Dasitik/felsik kayaç parçası, Lva: Andezitik/bazaltik kayaç parçası, Ölçekler = 0.5 mm)



Şekil 4.10. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşlarının mikroskobik görünüşleri (A, C ve E, tek nikolde çekilmiş, B, D ve F, çift nikolde çekilmiştir. Qm: Monokristalin kuvars, P: Plajiyoklas, F: Potasyumlu feldispat, Lvd: Dasitik/felsik kayaç parçası, Lva: Andezitik/bazaltik kayaç parçası, Ölçekler = 0.5 mm)

Diğer Bileşenler: İncelenen kumtaşlarında çatıyı oluşturan yukardaki bileşenlerin dışında, sınıflama ve adlamalarda bulunmayan tali bileşenler de bulunmaktadır. Bazı kesitlerde opak tanelere rastlanmaktadır. Genellikle muskovitten oluşan fillosilikat tanelerine rastlanmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. İncelenen kumtaşlarındaki fillosilikat taneleri (A, B çift nikol, Ölçekler =0,5 mm).

Şenköy Formasyonun farklı yüzeylemelerini çalışanlar (Kandemir, 2004; Akdoğan, 2011) tarafından kumtaşlarının içinde var olduğundan bahsedilen çeşitli biyojen parçalarına rastlanmamıştır.

İncelenen kumtaşlarında bağlayıcı olarak; kesitlerin bazı alanlarında kuvars üzerinde yeniden büyümeyle oluşmuş, büyük oranda ise tanelerin arasını saran silisli bir bağlayıcı hâkimdir. Bunun yanı sıra incelenen örneklerde bazı düzeylerde tanelerin arasını saran kloritik bir bağlayıcı da gözlenmektedir. İncelenen kesitlerde ayrıca bağlayıcı olarak az oranda bazı kesitlerde kalsite de rastlanmaktadır (Şekil 3.8C).

4.4 Şenköy Formasyonuna Ait Kumtaşlarının Jeokimyası

Bu bölümde Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'na ait kumtaşlarının jeokimyasal özellikleri ana oksit, iz ve nadir toprak element içerikleri bakımından ortaya konulmaya çalışılmıştır. Şenköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşlarının ana ve iz element içerikleri (Tablo 4.2.) ve nadir toprak element içerikleri (Tablo 4.3.) tablolar halinde verilmiştir. Jeokimyasal analizi yapılan örnekler, petrografik analizi yapılan, ayrışmamış, çimentosu az örneklerden seçilmiştir. Fakat karbonat çimento, ayrışmış bazik kayaç parçaları ve amfiboller nedeniyle ateşte kayıp değerleri oldukça yüksek (12,90) değerler vermektedir.

İncelenen örneklerin bazı ana oksit, iz ve nadir toprak elementleri çeşitli standart değerlere göre normalleştirilerek (PAAS, Kondrit vb.) diyagramları yorumlanmıştır.

4.4.1 Ana ve İz Elementler

Şenköy Formasyonu'na ait kumtaşlarının kaynak alanlarını ve jeotektonik konumlarını belirlemek amacıyla incelenen kumtaşı örneklerinin ana oksit ve iz element sonuçları Tablo 4.2'de, nadir toprak element analiz sonuçları ise Tablo 4.3' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Şenköy Formasyonu'na ait bazı kumtaşlarının ana oksit (% ağırlık) ve iz element (ppm) analiz değerleri ve bazı ana oksit oranları (LOI: Loss on ignition=Ateşte kayıp= Toplam uçucu içeriği).

Örnek No	10 LD 54	10 LD 55	10 LD 59	10 LD 60	10 LD 61	Ortalama
SiO ₂	57,17	49,02	59,00	74,78	54,76	58,95
Al ₂ O ₃	12,75	10,98	14,43	13,51	18,86	14,11
Fe ₂ O ₃	3,03	6,52	6,20	3,41	5,72	4,98
MgO	1,09	1,52	1,89	0,46	1,75	1,34
CaO	9,59	12,50	3,29	0,18	2,70	5,65
Na ₂ O	0,24	0,24	0,04	0,39	0,04	0,19
K ₂ O	0,43	0,35	1,20	0,65	1,55	0,84
TiO ₂	0,52	0,50	0,69	0,36	0,93	0,60
P ₂ O ₅	0,13	0,28	0,08	0,05	0,10	0,13
MnO	0,18	0,31	0,16	0,07	0,14	0,17
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,09	0,02	0,03
LOI	14,80	17,70	12,80	6,00	13,20	12,90
Toplam	99,94	99,92	99,83	99,94	99,81	99,89
Rb	12,60	10,60	26,70	24,00	33,10	21,40
Sr	65,10	62,80	228,40	55,40	267,00	135,74
Ba	60,00	57,00	749,00	80,00	846,00	358,40
Cs	1,20	0,70	1,90	1,40	2,60	1,56
Co	8,60	18,70	13,90	27,50	13,70	16,48
Ga	12,70	11,30	15,10	16,30	18,50	14,78
Ta	0,80	0,70	0,70	0,80	0,70	0,74
Th	7,50	7,50	5,10	8,70	6,10	6,98
U	2,10	2,20	1,50	2,70	2,00	2,10
Hf	3,80	3,80	3,50	3,90	4,30	3,86
Nb	10,80	10,90	8,80	11,50	11,10	10,62
Zr	160,00	159,50	134,00	129,30	162,50	149,06
Y	23,40	29,60	21,00	22,50	21,80	23,66
Mo	1,70	3,80	1,30	38,60	1,20	9,32
Sc	9,00	7,00	14,00	10,00	12,00	10,40
V	81,00	58,00	129,00	86,00	135,00	97,80
Cu	11,10	10,90	13,70	17,10	15,30	13,62
Pb	3,20	5,40	11,40	14,80	12,60	9,48
Zn	42,00	47,00	79,00	98,00	81,00	69,40
Ni	9,60	16,60	8,20	315,90	58,30	81,72
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,48	4,46	4,09	5,54	2,90	4,30
Fe ₂ O ₃ /K ₂ O	7,05	18,63	5,17	5,25	3,69	7,96
K ₂ O/Na ₂ O	1,79	1,46	30,00	1,67	38,75	14,73
Na ₂ O/K ₂ O	0,56	0,69	0,03	0,60	0,03	0,38
Fe ₂ O ₃ +MgO	4,12	8,04	8,09	3,87	7,47	6,32
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0,22	0,22	0,24	0,18	0,34	0,24

Tablo 4.3. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşlarının nadir toprak element (ppm) analiz değerleri ve bazı oranlar.

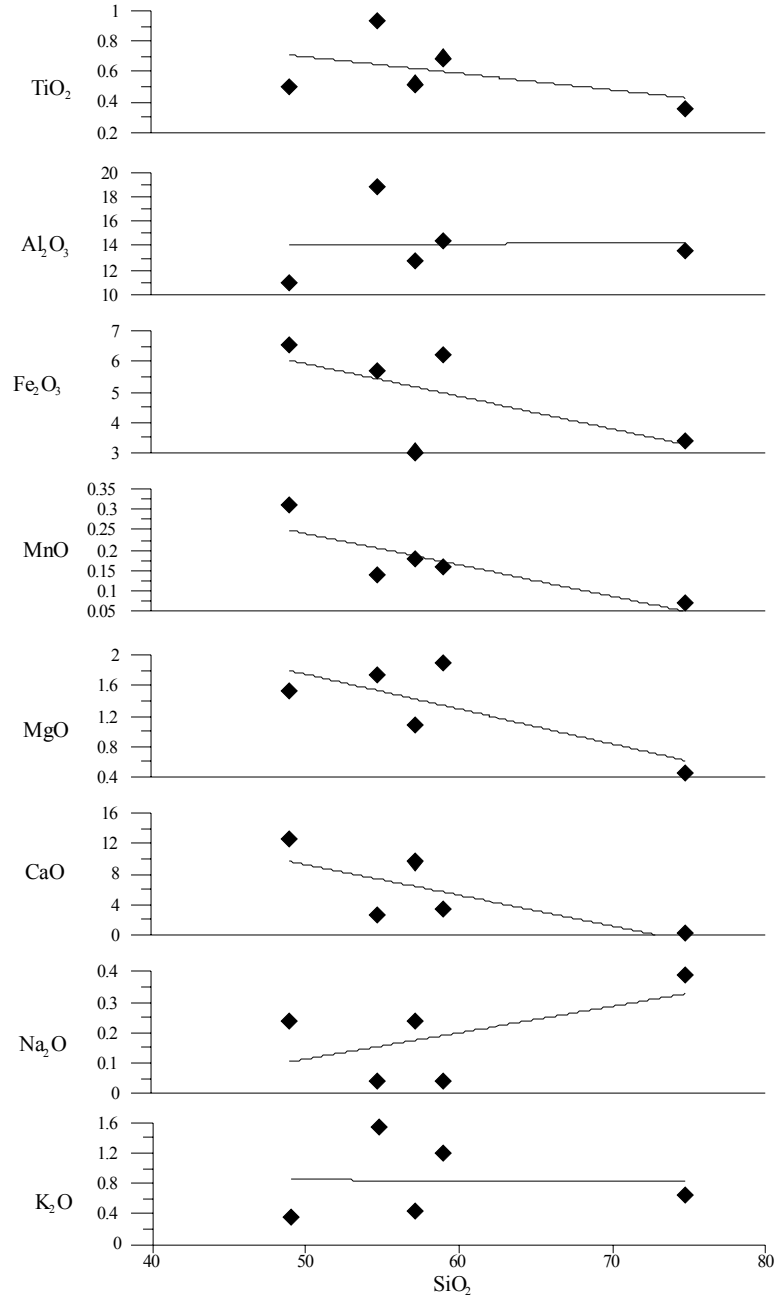
Örnek No	10 LD 54	10 LD 55	10 LD 59	10 LD 60	10 LD 61	Ortalama
La	28,30	34,00	15,40	30,40	17,40	25,10
Ce	53,30	62,10	34,20	64,20	37,20	50,20
Pr	5,43	6,47	4,04	6,81	4,57	5,46
Nd	19,70	24,30	16,70	26,60	18,10	21,08
Sm	3,63	4,49	3,44	4,99	3,89	4,09
Eu	1,10	1,10	1,09	1,17	1,09	1,11
Gd	3,60	4,57	3,57	4,16	3,68	3,92
Tb	0,62	0,77	0,60	0,73	0,61	0,67
Dy	3,39	4,34	3,41	4,18	3,46	3,76
Ho	0,72	0,90	0,74	0,84	0,74	0,79
Er	2,19	2,66	2,18	2,36	2,33	2,34
Tm	0,34	0,43	0,34	0,39	0,35	0,37
Yb	2,19	2,93	2,16	2,67	2,23	2,44
Lu	0,36	0,46	0,33	0,38	0,34	0,37
La/Sc	3,14	4,86	1,10	3,04	1,45	2,72
Co/Th	1,15	2,49	2,73	3,16	2,25	2,35
Th/Sc	0,83	1,07	0,36	0,87	0,51	0,73
Zr/Sc	17,78	22,79	9,57	12,93	13,54	15,32
Ti/Zr	19,39	18,70	30,72	16,61	34,15	23,91
Zr/10	16,00	15,95	13,40	12,93	16,25	14,91

Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşlarının kaynak alanlarını ve jeotektonik konumlarını belirlemek amacıyla petrografik çalışmalarda kullanılan 25 adet örnek arasından en az ayrılmış 5 adet örneğin ana oksit ve iz element sonuçları Tablo 4.2.'de, nadir toprak element analiz sonuçları ise Tablo 4.3'de, verilmiştir.

Şenköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşlarının jeokimyasal bileşimlerine bakıldığında kumtaşları bileşimsel olarak çok geniş bir aralıkta dağılım göstermektedir (Tablo 4.2 ve 4.3). İncelenen örneklerdeki SiO₂ içerikleri %49,02 ile 74,78 arasında değişmekte, ortalama değer %58,95'dir. Aynı şekilde CaO, Na₂O, K₂O, Al₂O₃, MgO ve Fe₂O₃ içerikleri de oldukça değişken aralıklar sunmaktadırlar (Tablo 4.2.).

SiO₂'ye karşı oluşturulan ana oksit değişim diyagramlarında CaO, Na₂O, K₂O, Al₂O₃, MgO ve Fe₂O₃ 'de belirgin negatif ilişkiler gözlenmektedir (Şekil 4.12). Bu veriler içerisinde SiO₂'ye göre yapılan Al₂O₂ diyagramında, örnek sayısındaki azlıktan kaynaklanan, bir anlamlılık gözlenememiştir (Şekil 4.12). Yukarda bahsedilen negatif ilişkiyi bileşimsel olarak geniş bir aralıkta sunmaları kumtaşlarının içerdiği mafik kayac parçalarından kaynaklanıyor olmalıdır. Na₂O ve K₂O gibi ana oksitlerdeki pozitif ve

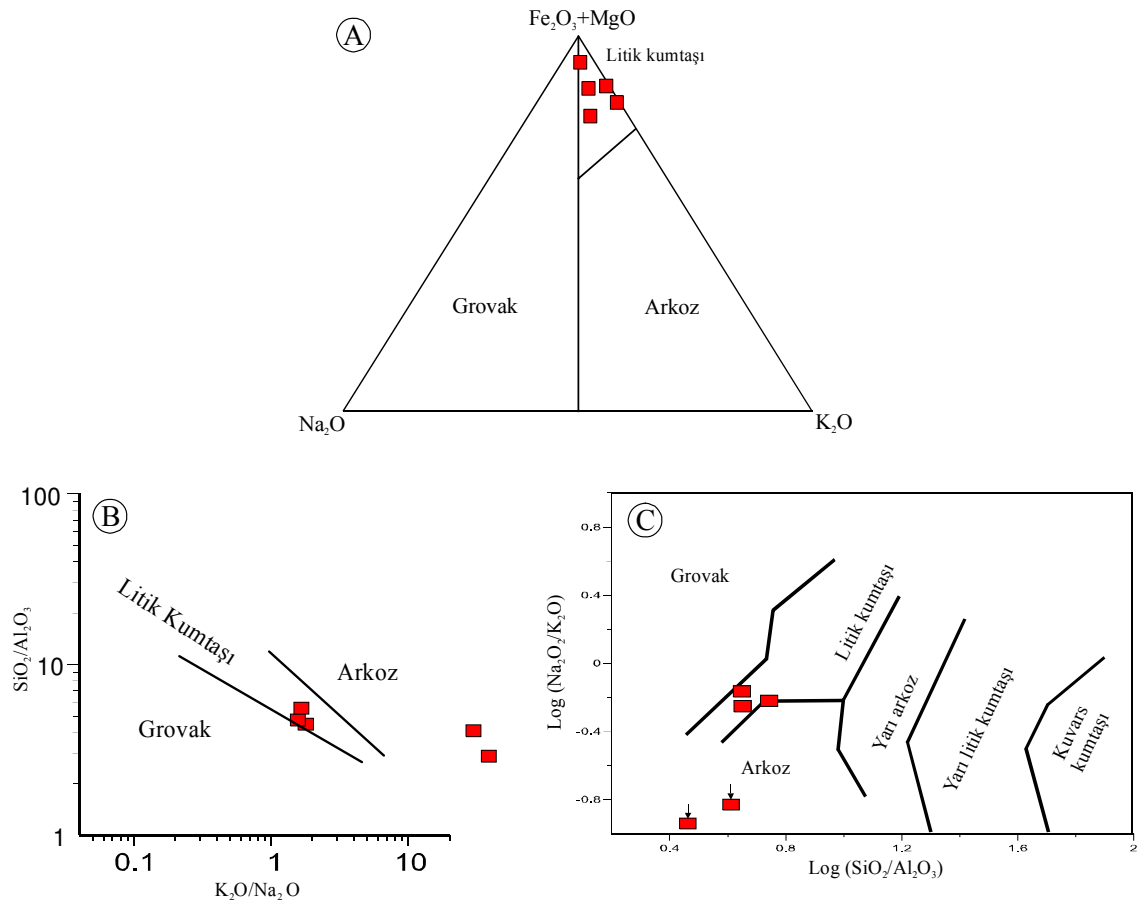
pozitifte yakın dağılımlar yüksek SiO_2 içeren kumtaşılarındaki kuvarsın yanı sıra bazı örneklerde plajiyoklas tanelerinin artışından kaynaklanmaktadır. Ayrıca incelenen kumtaşılarındaki Na ve K değerlerindeki bu farklılıklar kumtaşılarının diyajenezi sırasındaki değişiklikler ve alterasyonla oluşan killerden de kaynaklanabilmektedir (Spaletti vd. 2008).



Şekil 4.12. Şenköy Formasyonu içerisindeki incelenen kumtaşılarının SiO_2 'ye karşı ana element oksit değişim diyagramları.

Örneklerin Tablo 4.2'deki bazı oransal değerlerine bakıldığında iki örneğin yüksek K_2O/Na_2O değerlerine sahip oldukları gözlenmektedir. Bu durum, Tablo 4.1. 'de petrografik incelemelerdeki sonuçlarla karşılaştırıldığında bu örneklerin çok yüksek oranda alkali feldispat içerdikleri belirlenmiştir. Kumtaşlarının genel olarak bileşimsel anlamda geniş bir aralık sunmaları, kaynak alandaki kayaçların bileşimsel olarak geniş bir aralıkta dağılım sunması ile yakından ilişkilidir.

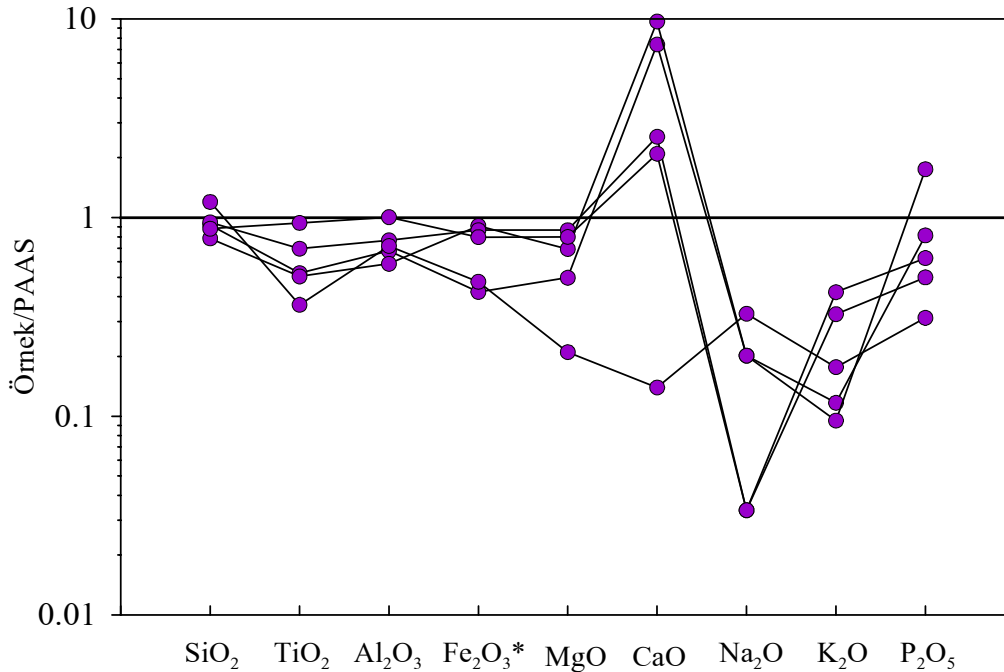
Ana oksitlere göre oluşturulan, tüm kırıntılı kayaçların adlandırıldığı Fe_2O_3 , Na_2O ve K_2O ' nun uç elemanlar olarak kullanıldığı üçgen diyagramda, örnekler bütünüyle Litik Kumtaşı alanında toplanmaktadır (Şekil 4.13 A). İncelenen örnekleri adlandırmak için yapılan diğer diyagramlarda örnekler Pettijohn vd. (1987) tarafından geliştirilen adlandırma diyagramında Litik kumtaşı ve Arkoz alanlarına (Şekil 4.13 B), Pettijohn vd. (1972) tarafından geliştirilen diyagramda da yine Litik Kumtaşı ve Arkoz alanlarına düştükleri belirlenmiştir (Şekil 4.13 C).



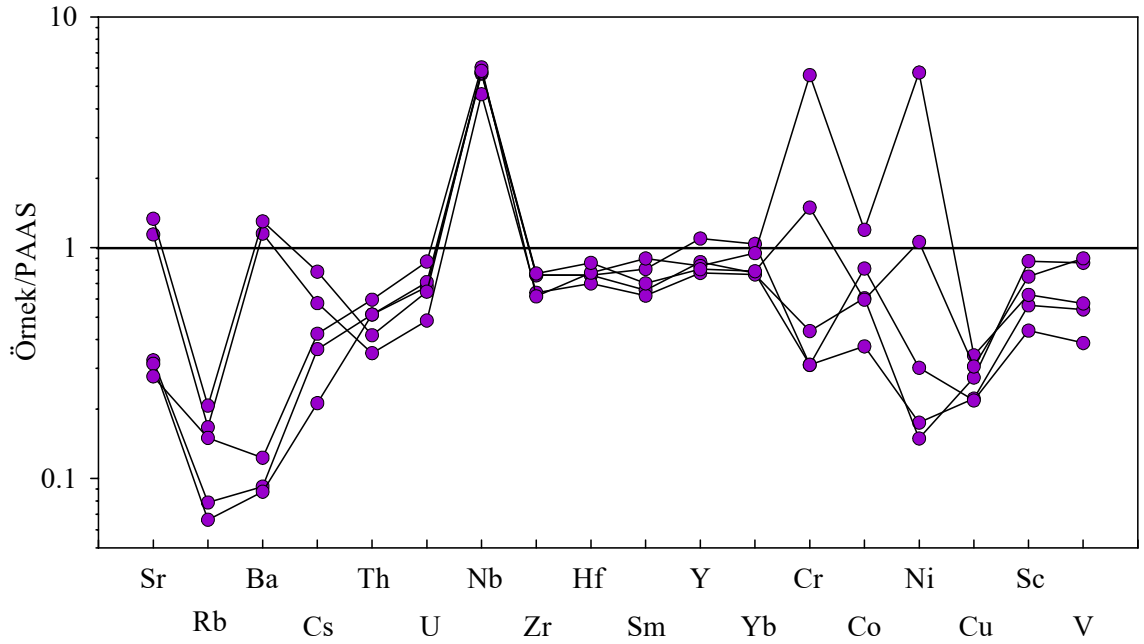
Şekil 4.13. Şenköy Formasyonundan alınan kumtaşlarının adlandırma diyagramları (A: Blatt vd., 1980; B: Pettijohn vd., 1987; C: Pettijohn vd., 1972).

İncelenen kumtaşı örneklerine ait ana element oksit değerleri Post Archean Average Australian Shales (PAAS; Taylor ve McLennan, 1985) değerleri ile karşılaştırıldığında CaO değeri hariç TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 ve K_2O değerlerinin PAAS'a göre tüketilmiş oldukları gözlenmiştir (Şekil 4.14). Şekil 4.14'de gözlemlendiği gibi CaO değerinde zenginleşme gözlenmektedir. Ca'daki bu zenginleşme; mafik kayaç parçaları içerisindeki amfibol ve klinoproksen gibi Ca içeren bileşenlerin yanı sıra karbonat çimentodan ileri gelmektedir. Şekil 4.12 detaylı incelendiğinde Ca zenginleşirken, Na ise tüketilmiştir. Bu farklılık incelenen kumtaşlarında yer alan plajiyoklasların çoğunlukla kalsik plajiyoklaslar olduğu, bunun yanında az miktarlarda da sodik plajiyoklaslar içerdiği görülmektedir. Kalsik plajiyoklasların incelenen kumtaşlarındaki artışı, kumtaşlarının içerdiği mafik kayaç parçalarından kaynaklanmaktadır.

İncelenen örneklerin iz element değerleri PAAS ile normalize edilerek Şekil 4.15'deki örümcek diyagramı oluşturulmuştur. 10LD59 ve 10LD61 deki Sr ve Ba miktarları hariç genel olarak PAAS'a göre tüketilmişlerdir. Bu iki örnekteki Sr ve Ba zenginleşmesi, incelenen bu örneklerdeki Tablo 4.1.'de görüldüğü gibi feldispat miktarındaki artış ile açıklanabilir.



Şekil 4.14. Şenköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşlarının PAAS'a göre normalize edilmiş ana element oksit dağılım diyagramları.



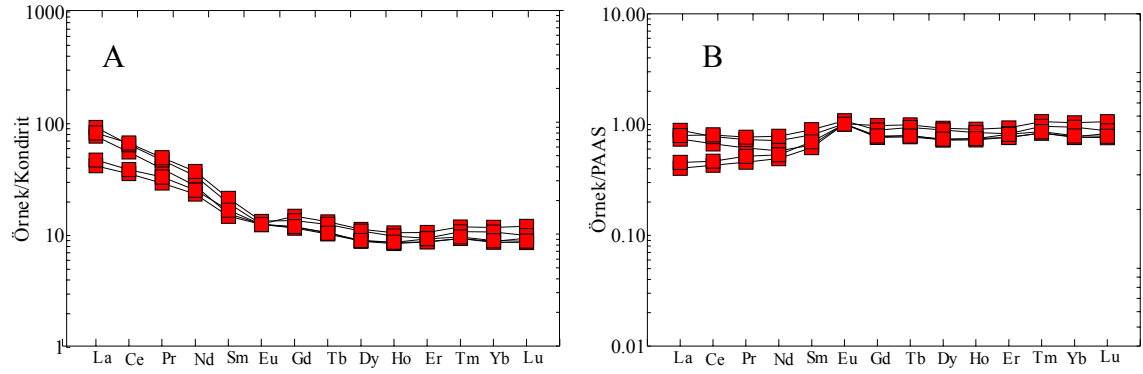
Şekil 4.15. İncelenen örneklerin PAAS'a (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı.

Nb'da diğer elementlerden farklı olarak PAAS değerine göre belirgin bir zenginleşme söz konusudur. İncelenen tüm örneklerde Nb miktarındaki artış, havzaya malzeme veren kıtasal alanda bazik kayaların oldukça yaygın olduğu ve çökeltme eş yaşlı bazik veya nötr bileşimli volkanizmanın havzaya kırıntı verdiği şeklinde yorumlanabilir. 10LD60 örneğinde Cr ve Ni gibi elementlerin artışı (Şekil 4.15) olivin, piroksen ve olasılıkla amfibol gibi elementlerin dengeli olduğu minerallerin bazılarının bu kayalarda nispeten yüksek konsantrasyonlarda birikimini işaret etmektedir.

4.4.2 Nadir Toprak Elementleri

Şenköy Formasyonu içerisinde alınan kumtaşı örneklerinin kondrite (Boynton, 1984) ve PAAS (Taylor ve McLennan, 1985)'a göre oranlanmış nadir toprak element (NTE) diyagramları Şekil 3.16 de verilmiştir. Hafif NTE'leri kondrite göre 20-100 kat arasında zenginleşmiş iken orta ve ağır NTE ise yaklaşık 8-20 arasında değişen oranlarda zenginleşmişlerdir. Kumtaşlarının bileşiminde yer alan kırıntılar hafif NTE bakımından tüketilmiş bazik bir volkanizmadan çökelmeyle eş yaşlı olarak oluşmuş olabilirler. İncelenen kumtaşı örneklerinin uç değerlerine göre genel olarak tüketilmiş olması ve çok geniş bileşimsel aralık sunmaları, kırıntıların kaynak alanında yer alan mafik, nötr ve asidik kökenli kayaların yer aldığını işaret etmektedir. NTE elementlerinin kondrite göre

normalize edilmeleriyle, kumtaşlarını oluşturan yukarda bahsedilen bileşimdeki kayaç gruplarının ya, çökelmeden önceki kaynak alanlarında mevcut oldukları şeklinde ya da, çökelmeyle eş yaşlı volkanizma dikkate alındığında, özellikle mafik bileşenlerin bir kısmının çökelmeyle eş yaşlı volkanik kayalardan türeyebileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.16. Şenköy Formasyonu'na ait kumtaşlarının A: Kondrite göre (Boynton, 1984), B: PAAS'a göre (Taylor ve McLennan, 1985) oranlanmış nadir toprak element dağılım diyagramları.

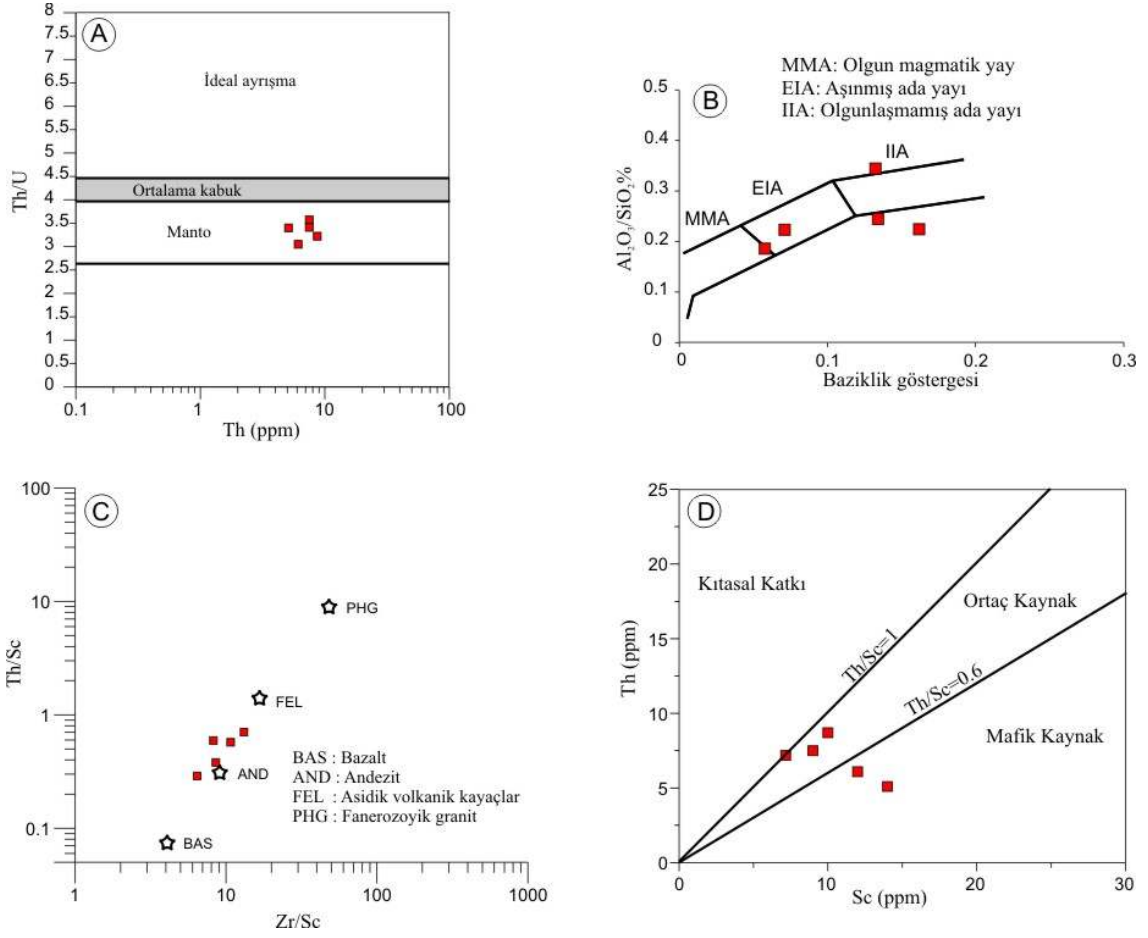
5.İRDELEME

5.1. Kaynak Alan

Çökellerin depolanma ortamlarının tektonik ortamları üzerindeki açıklamalara ek olarak ayrıca kaynak alanı ve kaynak alandaki kayaçları belirlemek için de çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalarda, çoğu ana elementler kullanılarak yapılan tanımlamalarda ayrışma ve alterasyonun bir sonucu olarak karışıklıklar olabilmektedir (Lee, 2002). Bu yüzden iz elementler ve iz element oranlarının ana elementlerle kombine edilmesiyle oluşturulan kaynak alan çalışmaları tercih edilmektedir (Roser, 2000; Mader ve Neubauer, 2004; Batumike vd., 2006).

Th/U' a karşı U diyagramında (Şekil 5.1-A), kayaçların Th/U değerleri göz önüne alındığında felsik ve mafik bileşenlerin katkısı belirgin olarak görülebilmektedir. İncelenen kumtaşı örneklerinin bu diyagramda manto alanında bulunuyor olmaları kumtaşlarının mafik kaynaktan malzeme aldığını işaret etmektedir (Şekil 5.1-A).

Şekil 5.1-B'deki Kumon ve Kiminami (1994) tarafından önerilen baziklik indeksinin $(Fe_2O_3+MgO)/(SiO_2+Na_2O+K_2O)$ Al_2O_3/SiO_2 'ye oranlamasından oluşturulmuş bir diyagramdır. Bu diyagramda farklı tektonik ortamlarda çökelmiş çökeller kuvarsın feldispatlara oranı ve Al_2O_3/SiO_2 'ye oranı ile karşılaştırılmışlardır. Baziklik indeksi arkın petrolojik gelişimi (mafik mi felsik mi olduğu) hakkında bir ölçü sağlar (Kumon ve Kiminami, 1994). Bu diyagramda üç aşama işaret edilmiştir; olgun mağmatik yay (MMA), aşınmış ada yayı (EIA) ve olgunlaşmamış ada yayı (IIA). İncelenen kumtaşı örnkleri diyagrama yerleştirildiği zaman, örneklerin çok anlamlı olmamak koşuluyla aşınmış ada yayı ve olgunlaşmamış ada yayı alanlarına düştüğü gözlenmiştir (Şekil 5.1 B).

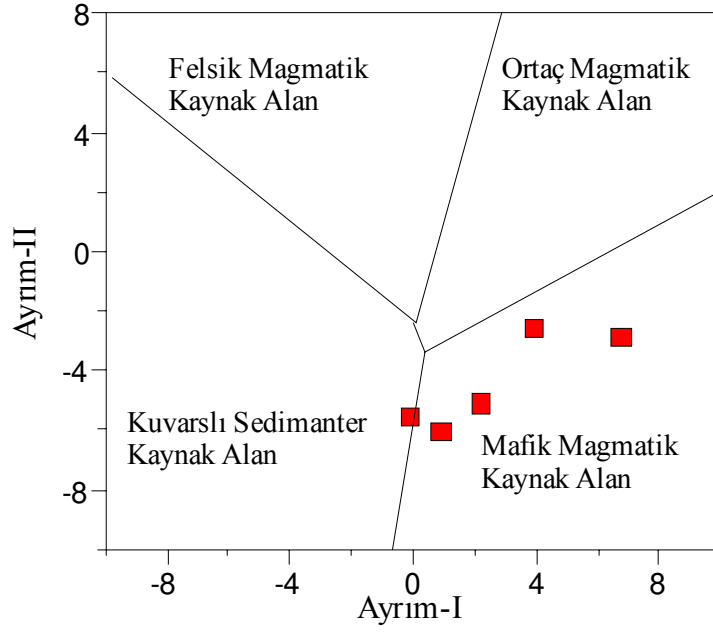


Şekil 5.1. Şenköy Formasyonu'ndaki incelenen kumtaşlarının A: Th/U'a karşı Th diyagramındaki dağılımları. Gölge alan üst kıtasal kabuk kaynak alanlara ait oranları temsil etmektedir (McLennan vd., 1993) B: Baziklik indeksi $((Fe_2O_3+MgO)/(SiO_2+Na_2O+K_2O))$ ' nin Al_2O_3/SiO_2 'ye oranı diyagramı (Kumon ve Kiminami, 1994), C: Kumtaşlarının kaynak alan bileşimini belirlemek için geliştirilmiş diyagram (McLennan vd., 1993; Roser, 2000), D: Kumtaşlarının kaynak alanını gösteren diyagram (McLennan vd., 1993).

Zr, Th ve Sc çözünmeyen iz elementlerdir ve yüzey koşullarında genellikle hareketli değildirler, bu yüzden kaynak alan ve kırıntılı kayaların yeniden işleme çalışmalarında oldukça kullanışlıdır. Th/Sc oranı kaynak kayaların ortalama bileşimini yansıtmak için sık sık kullanılır. Scandium ve Th kaynaktan çökele nicelik/sayısal olarak geçer, bu yüzden oran kaynak kayanın bileşimini belirlemede kullanılır (McLennan vd., 1993; Roser, 2000). Şenköy Formasyonu içerisindeki kumtaşları Th/Sc-Zr/Sc diyagramına yerleştirildiğinde örneklerin çoğunlukla andezitik alan etrafında yoğunlaştığı fakat bazalt alanından felsitik alana doğru bir uzanım sunduğu gözlenmektedir (Şekil 5.1-C). Bu durum da kaynak alanda felsik kayalardan mafik kayalara kadar farklı türde kayaların olduğunu göstermektedir.

Th/Sc, La/Sc, Co/Th, Cr/Th gibi suda nispeten çözünmeyen elementlerin oranlamalarından oluşturulan diyagramlar, kaynak alan çalışmaları için güzel birer araçtır ve çökellerin taşınması sırasında değişikliklere uğramazlar (Taylor ve McLennan, 1985; Wronckiewicz ve Condie, 1989, 1990, Cullers, 1994). La ve Th gibi elementler kaynak alanındaki felsik kayaçları, Sc, Cr ve Ni gibi elementler ise mafik kayaçları işaret etmektedir. Bu elementler birçok araştırmacı tarafından kaynak alan ayrımı için kullanılmışlardır (McLennan vd. 1993). Th/Sc oranı 1'den büyük olan örnekler uyumsuz elementlerce zenginleşen kıtasal katkının belirtisi, 1-0,6 arasındaki oranlar ortaç, 0,6'dan küçük oranlar ise mafik kaynakların kumtaşlarının bileşiminde rol oynadığını göstermektedir. Şekil 5.1-D'de Th/U oranları kullanılarak elde edilen sonuçlara benzer şekilde üst kabuk katkısı daha sınırlı olarak görülmektedir (Şekil 5.1-D).

Kaynak alan tanımlamalarında ana elementlerde kullanılmaktadır. Ancak iz elementlerin aksine hareketlidirler. Bu yüzden ana elementleri kullanırken dikkatli olmak gerekir. Diyajenez kumtaşlarının bileşimini etkileyen önemli bir faktördür. Birçok kumtaşı kaynak alandaki kayaçlara göre SiO_2 'ce zenginleşirken Na_2O ve CaO 'ca tüketilmektedir. Buna bağlı olarak kumtaşlarının ana element jeokimyası havzanın tektonik ortamına bağlı olarak gelişen kaynak alan tipi ile ilgili ipuçları verir (Bhatia, 1983). Roser ve Korsch (1988), kumtaşlarının ana oksit değerlerini kullanarak Ayrım-I ve Ayrım-II'yi oluşturmuş ve bunları kullanarak bir kaynak alan ayrım diyagramı geliştirmişlerdir. İncelenen örnekler bu diyagrama yerleştirildiğinde örneklerin çoklukla mafik magmatik kaynak alanına düştükleri gözlenmektedir (Şekil 4.2). Bu da iz elementlerden elde edilen kaynak alanındaki mafik kayaçları doğrular niteliktedir.



Şekil 5.2. Ana oksitler kullanılarak oluşturulan kaynak alan ayırım diyagramı (Roser ve Korsch, 1988).

5.2. Tektonik Ortam

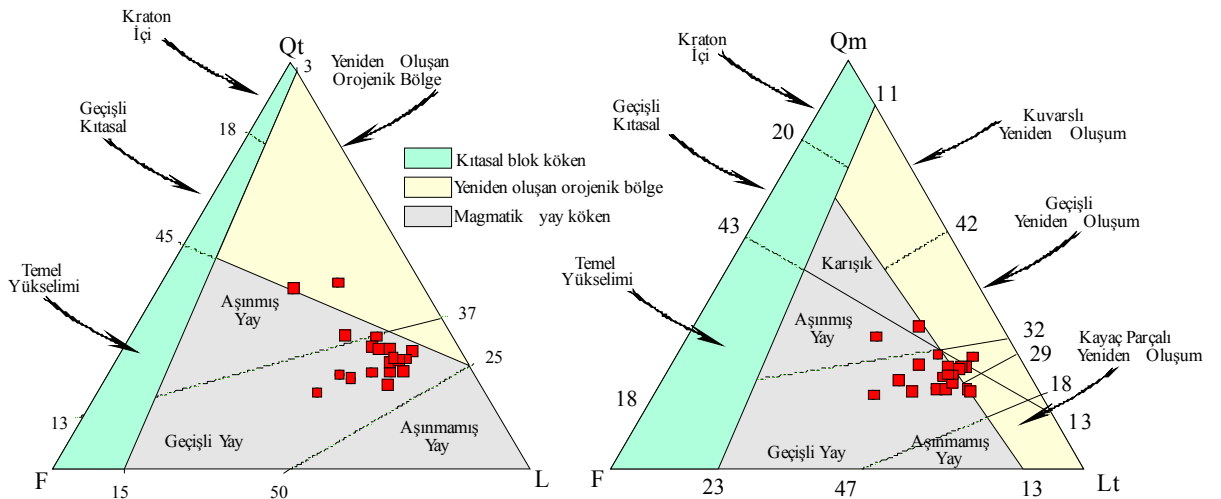
5.2.1 Petrografik Yorumlamalar

Bu çalışmada tektonik ortamların belirlenebilmesi için kumtaşları hem petrografik olarak hem de jeokimyasal olarak değerlendirilmişlerdir.

Kumtaşlarının petrografisi kullanarak tektonik ortamı belirleme çalışmaları ilk olarak Dickinson ve Suczek (1979) tarafından yapılan daha sonraki yıllarda Dickinson vd. (1983) ve Dickinson (1985) tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmacılar tektonik ayırım diyagramlarında kıtasal blok kökenli alanlar esas olarak kumtaşının içermiş olduğu kuvars minerallerinin miktarına ve kayaç parçalarının bolluğuna bağlı olarak alt bölümlere ayırmışlardır. Bu alana düşen örnekler genellikle mineralojik ve dokusal bakımdan olgunlaşmış tortullardır ve jeolojik zamanlar boyunca Prekambriyen yaşlı kalkanlardan türemiş tortulları yansıtmaktadırlar. Kumtaşları içerisinde yer alan K-feldispat taneleri plajiyoklaslara nazaran ayrışma ve alterasyona daha dayanıklıdır (Tucker, 1991). Kumtaşlarındaki K-feldispatların varlığı kaynak alanındaki silisik (granitik veya riolitik) magmatik kayaç topluluklarını işaret etmektedir. Dickinson ve Suczek (1979) tarafından toplanmış, yüksek oranlarda feldispat taneleri içeren kumtaşı örneklerinin tümü, kıtasal blok kökenli temel yükseliminden türemişlerdir. Bu olgu da

arkozların, tipik olarak granitik bir temelden beslenen çökelleri veya blok faylanma ile ilişkili yersel çökeller olduğunu desteklemektedir (Pettijohn vd., 1973; Schwab, 1981). Magmatik yaylardan türemiş kumtaşları tipik olarak olgunlaşmamış ve çoğunlukla volkanik kayaç parçaları ve diğer kayaç parçalarınınca 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 kayaçlar yüzeyleme verir ve kumtaşı volkanik kayaç parçalarının yanı sıra yoğun şekilde feldispat ve kuvars içerir. Yeniden oluşan orojenik bölgeden türeyen kumtaşları kuvars ve sedimanter-meta-sedimanter kayaç parçalarının bolluğu ile ayırt edilirler. Ayrıca bu alandan türeyen kumtaşları metasedimanter kayaç parçaları yanı sıra ofiyolitik kayaç parçaları ve çört kırıntıları içerirler. Bu bölge içeririndeki kumtaşları sütur zonlarını, önülke (foreland) yükselimsini, deFormasyona uğramış ofiyolitleri, yay kayaçlarını, kıtasal kenarlardaki napları ve kıvrımlı bindirme dilimlerini işaret ederler.

Senköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşlarının petrografik incelenmesi sonucunda elde edilen veriler Dickinson (1985) tarafından son sekli verilen diyagramlara yerleştirildiğinde; incelenen örneklerin hangi alanlara düştüğü Sekil 5.3.' de gözlenmektedir. Sekil 5.3. incelendiğinde, Senköy Formasyonuna ait kumtaşlarının kaynak alanlarının farklı tektonik ortam alanlarına düştüğü gözlenmektedir.



Şekil 5.3. Şenköy Formasyonu'ndaki kumtaşlarının petrografik olarak tektonik ayırım diyagramlarındaki konumları (diyagramlar Dickinson, 1985 ve Dickinson vd., 1983' den alınmıştır).

Senköy Formasyonu içerisinde incelenen kumtaşları Erken Jura zaman aralığında gelişen bir magmatik yaydan kırıntı almış olmalıdırlar. Böyle bir magmatik yayın varlığı Şengör ve Yılmaz, (1981) tarafından ayrıntılarıyla tanımlanmıştır. Erken Jura'dan itibaren birikmeye başlayan bu kırıntılılar yayın arkasında ark gerisi bir alanda çökelmiş olmalıdırlar. Arklardan türeyen çökeller arkların göstermiş oldukları morfolojik özelliklere ve petrofasiyes özelliklerine göre karışık petrofasiyes özellikleri sunabilmektedirler (Dickinson, 1985). Kandemir (2004), Gümüşhane yakın civarındaki Erken-Orta Jura çökellerini incelediği çalışmasında, aynı bir çökelme ortamı içerisinde çok kısa mesafelerde çok farklı tektonik alanlara ait kumtaşlarının varlığını Erken Jura zamanında gelişen rift tektoniğinin özelliklerine bağlamıştır. İncelediği her bir kesitte çökelen kumtaşlarının birbirinden farklı özellikler sunduğunu, bu farklılıkların, kumtaşlarının birbirinden bağımsız farklı kaynak alanlarına sahip havzacıklarda biriktiğinin kanıtları olarak sunmuştur. Çalışmacı ayrıca çökellerin oluştuğu, birbirinden bağımsız havzacıkların oluşturulduğu bu topografyanın ekstansiyon gerilmesi altında gelişen fayların oluşturduğu engeller tarafından kontrol edildiğini belirtmiştir.

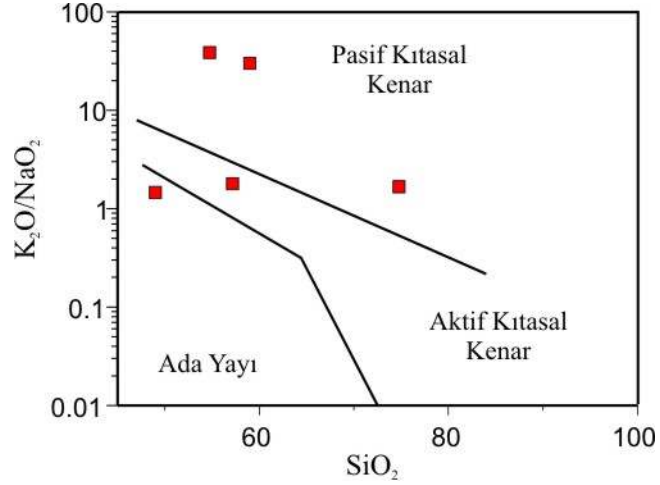
5.2.2. Jeokimyasal Yorumlamalar

Kırıntılı sedimanter kayaçların jeokimyası, bu kayaçların türediği ana materyalin karakteristikleri hakkında bilgi verebilir (Taylor ve McLennan, 1985; McLennan, 1989), ve literatürde sedimanter kayaçların kaynak alanını anlayabilmek ve tanımlayabilmek için yapılmış bir çok çalışma yer almaktadır (Bhatia ve Taylor, 1981; Bhatia, 1983, 1985; Roser ve Korsch, 1986; McLennan ve Taylor, 1991; Zimmermann ve Bahlburg, 2003; Cingolani vd., 2003; Schvosbo, 2003; Armstrong-Altrin vd., 2004). Ayrıca, kumtaşlarının kimyasal bileşimi aşınma, taşınma ve diyajenezin de bir fonksiyonudur. Bu gibi sedimanter işlevler süresince hareketsiz olan bazı elementler, kumtaşlarının tektonik ortamı ve kaynak alanını tanımlayabilmek için iyi birer araçtırlar (Taylor ve McLennan, 1985; Bhatia ve Crook, 1986; McLennan, 1989).

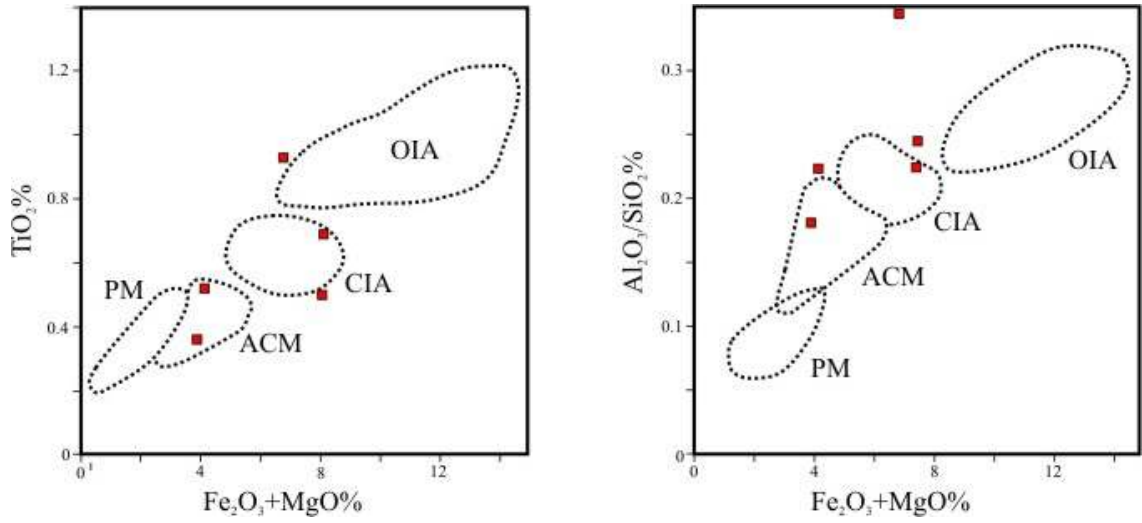
Eski sedimanter havzaların plaka tektoniğine göre konumları, ana ve iz elementlere ait ikili veya çoklu diyagramlar kullanılarak petrografik çalışmalarda olduğu gibi başarıyla ayırt edilebilmektedir (Bhatia ve Crook, 1986; Roser ve Korsch, 1986). Diyagramların bazıları plaka tektoniğindeki bazı özel tektonik ortamlarla ilgili çok

belirleyici olmamakla birlikte, genel olarak kumtaşlarındaki jeokimyasal olaylar ile tektonik ortamları arasında bir ilişki kurulabilmektedir. Kaynak alandan gelen malzemeyi homojen olarak içermesinden dolayı birçok araştırmacı kırıntılı kayaçlarda özellikle şeyllerin ana ve iz element jeokimyalarının kaynak alanlarının ve tektonik ortamlarının göstergesi durumunda olduğunu ileri sürmüştür (Taylor ve McLennan, 1985). Yine birçok araştırmacı bu düşünceden hareketle kumtaşları ve özellikle de şeyllerin ana ve iz element jeokimyasını kullanarak onların kaynak alanları ile tektonik ortamları arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya çalışmıştır (Bhatia ve Crook, 1986; 1990; Floyd, 1991).

Kumtaşı ve şeyllerin tektonik ortamlarını ayırmada en yaygın olarak kullanılan diyagramlardan biri SiO_2 'ye karşı $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranının kullanıldığı değişim diyagramıdır (Roser ve Korsch, 1986). Kumtaşlarının içermiş olduğu SiO_2 miktarı taşınma mesafesine ve süresine bağlı olarak önemli oranlarda değişmektedir. şekil 5.4'deki diyagramda SiO_2 eksenini, sağ tarafa doğru gidildikçe kumtaşlarının mineralojik olarak olgunlaşma derecesini göstermektedir. Kumtaşlarındaki $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranı ise alkali feldispat ve biyotit gibi fiziksel ve kimyasal olarak diğer minerallere göre daha hızlı bir şekilde ayrışabilen/bozuşabilen ve bu nedenle taşınma olayları sırasında diğer bileşenlerden yıkanma ve elenme yolu ile ayrılabilme derecesini temsil etmektedir. şenköy Formasyonundan alınan kumtaş örnekleri diyagrama aktarıldığında, örneklerin farklı alanlara saçılım şeklinde dağıldığı gözlenmektedir (şekil 5.4). Örnek azlığı nedeniyle bu diyagramı yorumlayabilmek zordur. Akdoğan (2011) stratigrafik olarak aynı seviyede yer alan kumtaşlarından yaptığı çalışmalarda Hur ve Köseadağı kesitlerine ait kumtaşlarının ada yayı ve aktif kıtasal kenar alanlarına düştüğünü, Taht kesitine ait kumtaşlarının da aynı alanlara düşmekle birlikte, üç örneğin göreceli pasif kıtasal kenar ortamına düştüğünü belirtmiştir.



Şekil 5.4. İncelenen kumtaşı örneklerinin K_2O/Na_2O 'a karşı SiO_2 kullanılarak oluşturulan tektonik ayrım diyagramı.



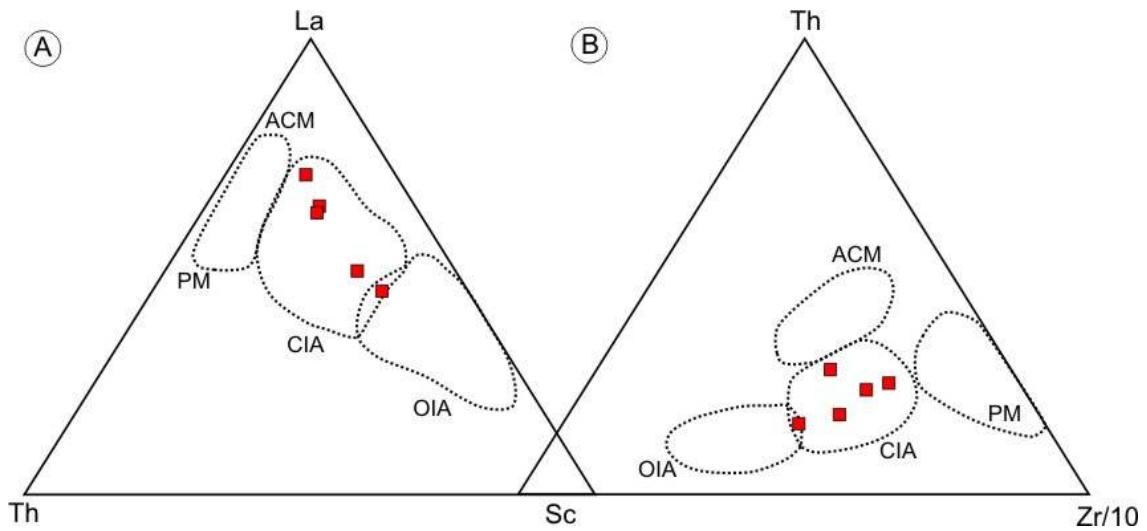
Şekil 5.5. İncelenen kumtaşlarının TiO_2 ve Al_2O_3/SiO_2 'ye karşı Fe_2O_3+MgO (%Ağırlık) ile oluşturulan tektonik ayrım diyagramındaki dağılımları (Bhatia, 1983).

İncelenen örnekler, Bhatia (1983) tarafından ana elementler kullanılarak geliştirilen tektonik ayrım diyagramlarına yerleştirildiğinde, örneklerin tek bir alanda toplanmayıp, özellikle pasif kıtasal kenar hariç diğer bölgeler çevresinde bir saçılım gösterdikleri gözlenmektedir (Şekil 5.5). Kumtaşlarının belirli bir alana toplanmaması, çökeldiği Erken-Orta Jura havzalarının bu diyagramlarda gösterilen havza sınıflamalarından farklı olduğu söylenebilir. Bhatia (1983) tarafında geliştirilen bu tektonik ayrım

diyagramlarında bir yitim zonuna bağlı olarak yay gerisinde açılan bir havza (Marjinal havza) tanımlaması bulunmamaktadır.

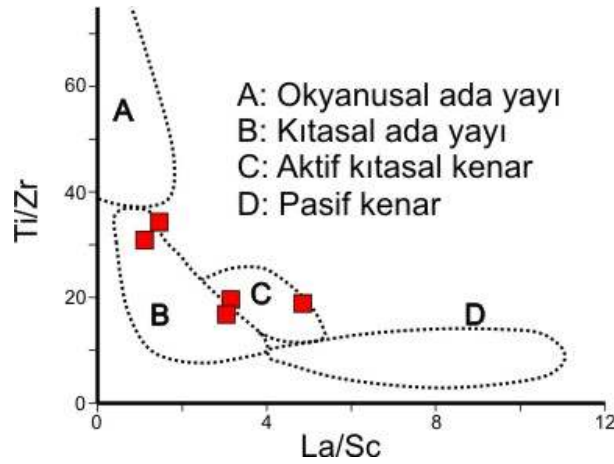
Roser (2000), kumtaşlarındaki ana element değerlerinin ve miktarlarının kaynak alan ve tektonik ortam çalışmalarında dikkatli kullanılması gerektiğini, çünkü bunların deniz suyunda uzun süre kalabildiğini, ayrışma ve depolanma sonrası gelişen işlevler sonucu bozuşabildiklerini belirtmiştir. Al, Th, Sc, Ti, Hf, Ta, Y, Zr, Nb, Co, Ga, ve Nadir Toprak Elementleri (NTE) gibi elementler deniz suyunda kısa süreli kalan elementlerdir ve bunlar doğal sularda çok düşük yoğunluklardadırlar (Roser, 2000). Bu elementler birçok jeolojik işlevde yüksek oranda hareketsizdirler, eğer hareketli olurlarsa, çökeltme ortamlarında genellikle killerde absorbe edilirler. Bu yüzden bu elementler kaynak alandan çökeltme ortamına hiç bozulmadan taşınırlar, bu durumda bu elementlerin kaynak alan çalışmalarında ideal olarak kullanılmasına yarar.

Bhatia ve Crook (1986), okyanusal ada yayı, kıtasal ada yayı, aktif kıtasal kenar ve pasif kenar ortamlarındaki kumtaşları için farklı nadir toprak element değerlerine dayanarak La-Th-Sc diyagramını önermişlerdir. La-Th-Sc ve Th-Sc-Zr/10 diyagramlarında Şenköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşı örneklerinin büyük çoğunluğu kıtasal ada yayı alanına düşmektedir (Şekil 5.6). Bu diyagramlarda Th-Zr/10 ve La-Th eksenleri felsik bileşenleri, Sc köşesi ise mafik bileşenlerin katkı oranını belirtmektedir. İncelenen örneklerin Şekil 5.6-A'da görüldüğü üzere doğrusal bir uzanım sunmaları kumtaşlarındaki mafik ve felsik katkının bir göstergesidir.



Şekil 5.6. İncelenen kumtaşlarının iz element içeriklerinin tektonik ortam ayırım diyagramları (Bhatia ve Crook, 1986) (ACM: Aktif kıtasal kenar; CIA: Kıtasal ada yayı; PM: Pasif kenar; OIA: Okyanusal ada yayı)

İz element verileri tektonik ortam çalışmalarında genellikle oranlamalar şeklinde kullanılmaktadır. Th, Zr, Y, Nb, Ce ve La elementleri felsik kayaçlar için, Sc, Co, Ti, C, V ve Ni ise mafik kayaçları anlatmak için kullanılmışlardır. Th/Sc oranı kaynak alanlarını anlatmak için sık sık kullanılmaktadır (Taylor ve McLennan, 1985). Bunun yanı sıra diğer oranlamalarda tektonik ortam çalışmalarında sık sık kullanılmaktadır; La/Sc, Ce/Sc, Ti/Zr, Cr/Th gibi. Örnek vermek gerekirse, Cr/V ve Y/Ni oranları kaynak alan çalışmalarında ofiyolitik kaynakların katkısını anlatmak için kullanılır (Hiscott, 1984; McLennan vd., 1993). İncelenen örnekler La/Sc ve Ti/Zr oranlamalarının kullanıldığı diyagrama yerleştirildiklerinde örneklerin iki farklı alan etrafında toplandığı görülmektedir (Şekil 5.7). Verilerin kıtasal ada yayı ve aktif kıtasal kenar etrafında toplanmış olması ana elementlere göre elde edilen sonuçlara uyumludur.

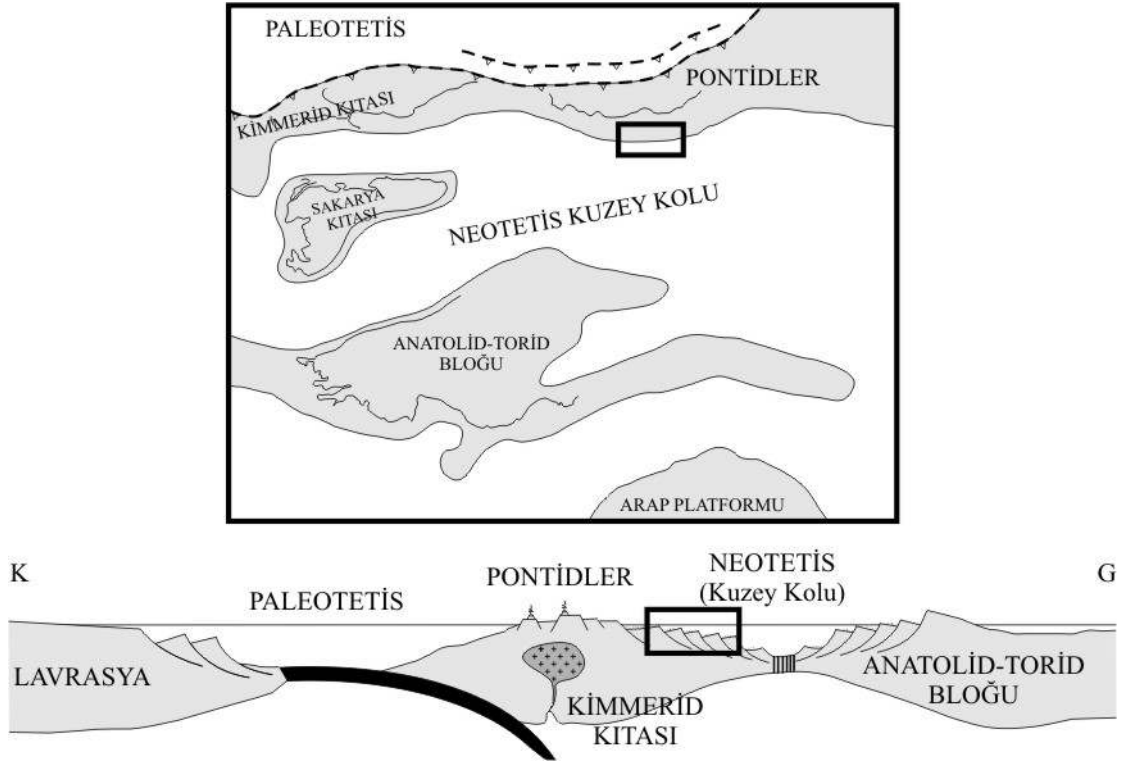


Şekil 5.7. İncelenen örneklerin iz element içeriklerini gösteren diyagram (Bhatia ve Crook, 1986).

İncelenen kumtaşlarındaki hem petrografik hem de jeokimyasal sonuçların kullanılan diyagramlarda tek bir alan yerine çoklu alanlara dağılıyor olmaları, oluştuğu heterojen bileşimli kaynak alanlarından farklı tektonik ortamlardan türediğini belirtiyor olmalıdır. Kandemir (2004), incelenen örnekler ile aynı stratigrafik seviyedeki çökellerden yaptığı petrografik çalışmalar sonucunda Erken-Orta Jura yaşlı çökeller içerisindeki kumtaşlarının birbirlerinden çok farklı bileşimlere sahip olduklarını ve bu sonucun çökelme ortamında riftleşmeye bağlı olarak gelişen engeller sayesinde olduğunu belirtmiştir. Şenköy Formasyonu'nun gövdesini oluşturan volkaniklastik kayaçlarda çalışma yapan Akdoğan (2011), mikroskobik incelemeler sırasında bazı kumtaşları içerisinde bol miktarda piroksen, amfibol ve bazik kayaç parçalarının gözlemlendiğini ve bunların çökelme sırasında aktif bir volkanizmanın varlığını işaret ettiğini belirtmektedir.

Ayrıca bu kayaçların çökmesi esnasında havzaya yay veya yay içi bazik mağmatizmanın bileşenlerinin de eklendiğini, Erken-Orta Jura çökellerinin bu sebeple tektonik ortam ayırım diyagramlarında geniş bir aralığa dağıldıklarını vurgulamıştır.

İncelenen kumtaşları genel olarak riftleşen bir yaydan kaynaklanmış olmalıdırlar. Şenköy Formasyonu içerisindeki incelenen kumtaşlarının çökelim zamanı ile ilgili Türkiye'nin tektonik gelişimi ile ilgili iki farklı model diğerlerinden daha fazla kabul görmektedir. Adamia vd. (1982), Okay ve Şahintürk (1997) ve Okay vd., (2006) tarafından ileri sürülen modelde; Paleotetis okyanusu Erken Jura'da Anatolid-Torid Bloku ile Pontidler arasına yerleştirilmekte ve Geç Paleozoyik'den Paleosen'e kadar kuzey yönlü bir yitim ile kapatılmaktadır. Bahsedilen bu modele göre incelenen kumtaşlarının içinde bulunduğu Şenköy Formasyonu'nun çökelim ortamı aktif kıtasal bir kenar havza niteliğindedir. Yapılan çalışmalarda incelenen kumtaşlarının spesifik olarak bu ortamı yansıttığı belirlenememiştir. Kandemir (2004) yörede yaptığı çalışmalarda, Şenköy Formasyonu tabanındaki kumtaşlarından kıtasal blok kaynaklı örnekler belirtmiştir. Bu örneklerin, yukarıdaki modelde bahsedildiği gibi birbirine yaklaşan, aktif bir kıtasal kenarı değil, riftleşen, birbirinden uzaklaşan levhalara bağlı çökme ortamlarını yansıttığını vurgulamıştır. Şengör vd. (1980), Şengör ve Yılmaz (1981) ve Yılmaz vd. (1997) tarafından ileri sürülen diğer bir modelde ise Paleotetis Okyanusu Geç Paleozoyik'de Pontidler'in kuzeyine yerleştirilmektedir. Bu modelde ise Paleotetis'in Geç Paleozoyik-Erken Jura sürecinde güneye Pontidler'in altına doğru yitimi Pontidler ile Gondwana arasında yay gerisi havza şeklinde Neotetis'in kuzey kolunun açılmasını sonuçlamıştır (Şekil 5.8). İncelenen kumtaşlarının içerisinde bulunduğu Şenköy Formasyonu bu modele göre yitime bağlı olarak gelişen yayın güneyindeki pasif kenarda çökelmiş olmalıdır. Riftleşen temel kayalarından yay gerisi havzaya gelen malzeme (temeldeki granitik kayaçlardan havzaya gelen kuvarslar, feldispatlar ve granitik kayaç parçaları) pasif kenarı tanımlarken, incelenen kumtaşları içerisindeki volkanik kayaç parçaları ise mevcut ve eski bir yay ortamını yansıtmaktadır. Akdoğan (2011), aynı yaşlı çökellerden çalıştığı kumtaşlarının çok farklı tektonik ortamları yansıtabildiklerini ve bunun da Erken Jura'da açılmaya başlayan bir kenar havzada çökelmiş olabileceklerini göstermiştir.



Şekil 5.8. Erken Jura zamanında Doğu Pontidler'in gelişimi ve paleocoğrafyası (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Tezin esas konusunu oluşturan çökeller Erken Jura'da Pontidler'in güneyinde yer alan Neotetis Okyanusunun Kuzey Kolunun güneye bakan kenarlarında riftleşen bir yay üzerinde çökelmiş olmalıdırlar. Dickinson (1985), yaylardan türeyen çökellerin yayların göstermiş oldukları morfolojik özelliklere ve petrofasiyes özelliklerine ve farklı aşınma miktarlarına göre karışık petrofasiyes özellikleri sunabildiklerini belirtmiştir. Magmatik yaylardan türemiş kumtaşları tipik olarak olgunlaşmamış ve çoğunlukla volkanik kayaç parçaları ve diğer kayaç parçalarının zengindirler. Asınmamış yaylardan türeyen volkanik kayaç parçaları genellikle ince taneli volkanik kayaç parçalarından oluşmakta ve plajiyoklasca zengindirler. Asınmış yaylarda ise asınmanın siddetine bağlı olarak yayın kökünde yer alan plütonik kayaçlar yüzeyleme verir ve kumtaşı volkanik kayaç parçalarının yanı sıra yoğun şekilde feldispat ve kuvars içerebilir.

İncelenen kumtaşlarında yapılan incelemeler ve analizler, bu çökellerin bir yaydan beslenmiş olması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, incelenen kumtaşlarının içerisinde bulunduğu istif, kumtaşlarının makroskobik ve mikroskobik özellikleri incelendiğinde; çökeller içerisinde herhangi bir denizel fosil bulgusunun olmayışı, kömür ve bitki kırıntıları içeren seviyelerin ve silisleşmiş ağaçların varlığı, yersel ve yanal devamlılığı olmayan konglomera ve kumtaşlarının varlığı, çökellerdeki ani fasiyes değişimleri,

incelenen kumtaşlarındaki bileşenlerin çoğunlukla köşeli olması, çok uzun mesafe taşınmamış olması ve kumtaşlarındaki silis imento, bu çökellerin karasal bir ortamda çökeldiği izlenimini vermektedir.

6.SONUÇLAR

Eski Gümüşhane civarının jeolojik incelemesi ve Şenköy Formasyonu içerisindeki kumtaşlarının petrografik ve jeokimyasal incelemesinin yapıldığı bu çalışmada şu sonuçlar elde edilmiştir:

1- Trabzon H42-b2 1/25.000'lik paftasının detaylı jeoloji haritası yapılmış ve inceleme alanındaki birimlerin birbirleriyle olan dokanakları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2- Şenköy Formasyonu'ndan alınan kumtaşlarından yapılan petrografik çalışmalar sonucu, kumtaşların litik arenit ve feldispatik litik arenitler oldukları belirlenmiştir.

3- İncelenen kumtaşlarında felsik kaynağı işaret eden bileşenlerin dışında mafik kökeni işaret eden bileşenler önemli oranlarda bulunmaktadır. Yapılan gözlemlerde bu mafik bileşenlerin Erken Jura'daki yay volkanizmasının bir ürünü olabileceğini düşündürmektedir.

4- İncelenen kumtaşlarındaki hem petrografik hem de jeokimyasal sonuçların kullanılan diyagramlarda tek bir alan yerine çoklu alanlara dağılıyor olmaları, incelenen kumtaşlarının oluştuğu heterojen bileşimli kaynak alanlarından farklı tektonik ortamlardan türediğini belirtmektedir.

5- İncelenen kumtaşlarının içerisinde bulunduğu istif, kumtaşlarının makroskobik ve mikroskobik özellikleri incelendiğinde; çökeller içerisinde herhangi bir denizel fosil bulgusunun olmayışı, kömür ve bitki kırıntıları içeren seviyelerin ve silisleşmiş ağaçların varlığı, yersel ve yanal devamlılığı olmayan konglomera ve kumtaşlarının varlığı, çökellerdeki ani fasiyes değişimleri, incelenen kumtaşlarındaki bileşenlerin çoğunlukla köşeli olması, çok uzun mesafe taşınmamış olması ve kumtaşlarındaki silis çimento, bu çökellerin karasal bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul.
- Adamia, S. A., Asanidze, B. Z. & Pechersky, D. M., 1982. Geodynamics of Caucasus (attempt of palinspastic reconstructions).
- Akdoğan, R., 2011. Erken-Orta Jura Yaşlı Kırıntılı Kayaçların (Gümüşhane, Bayburt) Kaynak Alanları, Ayrışma Durumu Ve Mineral Boylanması Üzerine Jeokimyasal Sınırlandırmalar K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 109 s.
- Amstrong-Altrin, J.S., Lee, Y.I., Verma, S.P., Ramasamy, S., 2004. Geochemistry of sandstones from the Upper Miocene Kudankulam Formation, southern India: implications for provenance, weathering, and tectonic setting. *Journal of Sedimentary Research* 74, 285–297
- Asiedu, D.K., Dampare, S.B., Asmoah Sakyi, P., Banoeng-Yakubo, B., Osae, S., Nyarko, B.J.B., Manu, J., 2004. Geochemistry of Paleoproterozoic metasedimentary rocks from the Birim diamantiferous field, southern Ghana: implications for provenance and crustal evolution at the Archean-Proterozoic boundary. *Geochemical Journal* 38, 215–228.
- Arni, P., Tectonische Grundzüge Ostanatoliens Und Benachbarter Gebite, Veröff. Inst. Lagerstättenforsch., Türkei, (1939), Ser. B, 4, 90 s.
- Batumike, M.J., Kampunzu, A.B., Cailteux, J.H., 2006. Petrology and geochemistry of the Neoproterozoic Nguba and Kundelungu Groups, Katangan Supergroup, southeast Congo: implications for provenance, paleoweathering and geotectonic setting. *Journal of African Earth Sciences* 44, 97–115.
- Baykal, F., 1952. Kelkit-Siran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, MTA Raporu, Ankara, No: 2205.
- Bergougnan, H., 1987. Elides Géologiques Dans l'Est Anatolien, Université P., et M. Curie, Mémoires Des Sciences de la Terre, Doktora Tezi. Paris, p. 606.
- Bhatia, M.R., Taylor, S.R., 1981. Trace element geochemistry and sedimentary provinces: a study from the Tasman Geosyncline, Australia. *Chemical Geology* 33, 115–126.
- Bhatia, M.R. ve Crook, K.A.W., 1986. Trace Element Characteristics of Greywakes and Tectonic Setting Discrimination of Sedimentary Basins, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 92, 181-193.110
- Bhatia, M.R., 1983. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstones, *J. Geol.* 91, 611-627.

- Bhatia, M. R., 1985, Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudrocks: provenance and tectonic controls: *Sedimentary Geology*, v. 45, p. 97-113.
- Blatt, H., Middleton, G., Murray, R., 1980. *Origin of Sedimentary Rocks*. Prentice-Hall, New Jersey. 782 pp.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of Rare Earth Elements: Meteorite Studies, In: Henderson, P. (Ed), *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, 63-114.
- Bozkuş, C. 1990. Olur-Kömörlü-Akşar (Erzurum) Arasının Stratigrafik ve Tektonik özellikleri [Stratigraphic and Tectonic Characteristics of Olur-Kömörlü-Akşar (Erzurum) Area]. PhD Thesis, Cumhuriyet üniversitesi, Sivas, T.rkiye, 162 p [in Turkish with English abstract, unpublished].
- Cingolani, C.A., Manassero, M., Abre, P., 2003. Composition, provenance and tectonic setting of Ordovician siliciclastic rocks in the San Rafael block: southern extension of the Precordillera crustal fragment, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 16, 91–106.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology* 104, 1–37.
- Condie, K.C., Dengate, J. ve Cullers, R.L., 1995. Behavior of Rare Earth Elements in a Paleoweathering Profile on Granodiorite in the Front Range, Colorado, U.S.A., *Geochima et Cosmochimica Acta* 59, 279-294.
- Cullers, R.L. 1994. The controls on the major and trace element variation of shales, siltstones, and sandstones of Pennsylvanian- Permian age from uplifted continental blocks in Colorado to platform sediment in Kansas, USA. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 4955-4972.
- Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İ.Ü. Maden Fakültesi, 186 s. İstanbul.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ Yayını, No. 1034, İstanbul.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A., and Ryberg, P.T., 1983, Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting, *Geological Society of America Bulletin*, v. 94, p. 222-235.
- Dickinson, W.R., ve Suczek, C.A., 1979. Plate tectonics and sandstone composition: *AAPG Bulletin*, v. 63, p. 2164-2182.

- Dickinson, W.R., Klute, M.A., Hayes, M.J., Janecke, S.U., Lundin, E.R., McKittrick, M.A. ve Olivares, M.D., 1988. Paleogeographic and Paleotectonic Setting of Laramide Sedimentary Basins in the Central Rocky Mountain region, Geological Society of America Bulletin, 100, 1023-1039
- Dickinson, W.R., 1970. Interpreting detrital modes of Greywacke and Arkose. J. Sedim. Petrol. 40, 695-707.
- Dickinson, W.R., Rich, E.I., 1972. Petrologic intervals and petrofacies in the Great Valley sequence, Sacramento valley, California. Geological Society of America Bulletin 83, 3007-3024
- Dickinson, W.R., 1985. Interpreting detrital modes of greywacke and arkose. Journal of Sedimentary Petrology 40, 695-707.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli (Artvin-Türkiye) Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik-Metamorfik Kayaçların jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi. K.T.Ü., Trabzon, 311 s.
- 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 Komposite Pluton, Gondwana Research 19, baskıda.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Geochemical Constraints on the Provenance, Mineral Sorting and Subaerial Weathering of Lower Jurassic and Upper Cretaceous Clastic Rocks From the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences 15, 181-209.
- Dokuz, A., Karşlı, O., Chen, B. ve Uysal, I., 2010. Sources and Petrogenesis of Jurassic Granitoids in the Yusufeli Area, Northeastern Turkey: Implications for Pre- and Post- Collisional Lithospheric Thinning of the Eastern Pontides, Tectonophysics 480, 259-279.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasies İncelemesi, Master Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Ergüvanlı, K., 1951. Trabzon-Gümüşhane arasının jeolojisine Ait Rapor, M.T.A. Raporu, No. 1926, Ankara..
- Floyd, P.A., Shail, R., Leveridge, B.E., Fanke, W., 1991. Geochemistry and provenance of Rhenohercynian synorogenic sandstones: implications for tectonic environment discrimination. In: Morton, A.C., Todd, S.P., Haughton, P.D.W. (Eds.), In: Developments in sedimentary provenance studies, vol. 7. Geological Society Special Publication, pp. 173-188.
- Folk, R. L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill Publishing Company, 182.
- Gedik, L., Kırmacı, M.Z., Çapkinoğlu, Ş., Özer, E. ve Eren, M., 1996. Doğu Pontidlerin Jeolojik Evrimi, KTÜ, Jeoloji Müh. Böl. 30. yıl Sempozyumu,

- Galloway, W. E., ve Hobday, D. K., 1996, Terrigenous Clastic Depositional Systems--Applications to Fossil Fuel and Groundwater Resources: Springer, Berlin.
- Görür, N., Şengör, 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.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontitler'in 1/250 000 Ölçekli Kompilasyonu, M.T.A., Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hacıaloğlu, T., 1983. Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Master Tezi, Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 121.
- Hiscott, R.N., 1984 Ophiolitic source rocks for Taconic-age flysch: Trace element evidence. Geol. Soc. Amer. Bull., 95, 1261-1267
- Ingersoll, R.V. ve Suczek, C.A., 1979. Petrology and Provenance of Neogene Sand from Nicobar and Bengal Fans, DSDP Sites 211 and 218, Journal of Sedimentary Petrology, 49, 1217-1228.
- Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, L.R., Grimm, J.P., Pickle, J.D., Sares, S.W., 1984. The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. Journal of Sedimentary Petrology 46, 620-632.
- Johnsson, M. J., 1993, The system controlling the composition of clastic sediments, in johnsson, M. J., and Basu, A., eds., processes controlling the composition of clastic sediments: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 284, p. 1-19.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yöresindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonunun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 272 s.
- Kandemir, R., Dokuz A., Karlı O., Yılmaz C., 2009, Petrology and geochemistry of early Jurassic sandstones, Eastern Pontides. International Symposium on the Geology of the Black Sea Region. 5-9 October 2009, Ankara-Turkey. Abstract Book 96 s.
- Kesgin, Y., 1983. Bayburt (Gümüşhane) İlçesi, Akşar Köyü ve Güneybatısının Jeolojik İncelemesi, Master Tezi, Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 94.
- Ketin, İ. 1966. Türkiye'nin Tektonik Birlikleri, M.T.A. Yayını, 66. s. Ankara
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi, İ.Ü., Fen Fakültesi Mecmuası, Cilt No:16, İstanbul.

- Kılıç, N., 2009. Gümüşhane-Bayburt yörelerinde Kretase-Tersiyer Geçişinin Foraminifer ve Sedimentoloji Kayıtları, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Korkmaz, S., Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) yöresinin stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 5, 107-115.
- Kumon, F. ve Kiminami, K., 1994, Modal and chemical compositions of the representative sandstones from the Japanese Islands and their tectonic implications. Proc 29 th Intl. Geol. Cong.. Part A. 135-151
- Lee, Y.I., 2002. Provenance derived from the geochemistry of late Paleozoic–early Mesozoic mudrocks of the Pyeongan Supergroup, Korea. Sedimentary Geology 149, 219–235.
- Mader, D., Neubauer, F., 2004. Provenance of Palaeozoic sandstones from the Carnic Alps (Austria): petrographic and geochemical indicators. International Journal of Earth Sciences 93, 262–281.
- McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes, In: Lipin, B.R., MacKay, G.A. (Eds.), Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements, Miner. Soc. Am., pp. 169–200.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K. ve Hanson, G.N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics, Geol. Soc. Am. Special Paper, 284, pp. 21–40.
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., 1991. Sedimentary Rocks and Crustal Evolution: Tectonic Setting and Secular Trends. *Journal of Geology*, 99: 1–21
- Merodio, J.C., Spalletti, L.A., 1990. Geoquímica de pelitas: su empleo en la definición de ambientes sedimentarios y tectónicos para el Ordovícico de la Precordillera Occidental. Asociación Geológica Argentina Revista 45 (3-4), 336–345.
- Middleton, G. V., 1960, Chemical composition of sandstones: Geological Society of America Bulletin, v. 71, p. 1011-1026.
- Nesbitt, H.W. ve Young, G.M., 1982 Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature, 299, 715-717
- Okay, A. I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: A.G. Robinson, (ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Mem, 68, 291-311.
- Okay, A. I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Stures northern Turkey. In “The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within the Alpine Orogen”. Geological Society, London, Special Publication, 156, 475-515.

- Okay, S., Çifçi G., Lericolais G., Bohrmann G., Ivanov M., 2006, A tributary canyon system, shallow gas accumulations and an unnamed mud volcano at Bosphorus outlet in Black Sea, European Geosciences Union, Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 08072, Vienna, 02-07 April 2006.
- Özer, E., 1984. Bayburt Yöresinin Jeolojisi, K.Ü. Jeoloji Dergisi, 3. Sayı 1-2, 77-89, Trabzon.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, Doç. Tezi, K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi, No: 13, Trabzon. 115
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. ve Siever, R., 1987. Sand and Sandstone (2nd ed.), Springer, Berlin, Heidelberg, NewYork.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., Siever, R., 1973. Sand and Sandstone. Springer-Verlag, New York. 618 pp..
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R. 1972: *Sand and Sandstone*. New York - Heidelberg - Berlin, Springer-Verlag, 618 p.
- Potter, P.E., 1986. South America and a few grains of sand: Part 1– beach sands. Jour. Geol. 94, 301–319.
- Roser, B.P. ve Korsch, R.J., 1985. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstones, A Discussion, Journal of Geology, 93, 81-84. Roser, B.P. ve Korsch, R.J., 1986. Determination of Tectonic Setting of Sandstone-Mudstone Suites Using SiO₂ ve K₂O/Na₂O Ratio. J.Geol., 94, 635-650.
- Roser, B.P. ve Korsch, R.J., 1988. Provenance Signatures of Sandstone-Mudstone Suites Determined Using Discrimination Function Analysis of Major-Element Data, Chem. Geol., 67, 119-139.
- Roser, B. P., ve Korsch, R. J., 1986, Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio: Journal of Geology, v. 94, p. 635-650.
- Roser, B.P., 2000. Whole-rock geochemical studies of clastic sedimentary suites. Memoirs of the Geological Society of Japan 57, 73–89.
- Schvosbo, N.H., 2003. The geochemistry of Lower Palaeozoic sediments deposited on the margins of Baltica. Bulletin Geological Society of Denmark 50, 11–27.
- Schwab, F.L., 1975. Framework mineralogy and chemical composition of continental margin type sandstone. Geology 3, 487–490.
- Schwab, F.L., 1981. Evolution of the western continental margin. French-Italian Alps: Sandstone mineralogy as an index of plate tectonic setting. Jour. Geology 89, 349-368

- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. & Ketin, İ. 1980. Remnants of Pre-Late Jurassic ocean in northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys. *Geological Society of America Bulletin* 91, 599-609.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerinde Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Trabzon, 223.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell Scientific Publications, Blackwell, Oxford, U.K., 312 pp.
- Tokel, S., 1972. *Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, N.E. Turkey*, Üniversty College, London.
- Tokel, S., 1981. Plaka tektoniğindeki magmatik yerlesimler ve jeokimya: Türkiye'den örnekler. *Yeryuvarı ve insan*, 6, 53-65.
- Topuz, G., 2000. *Zur Petrologie der Metamorphen Gesteine des Pulur-Massivs, Östliche Pontiden, NE-Türkei*, Doktora Tezi, Universität Heidelberg, 270.
- Topuz, G. & Altherr, R. 2004. Pervasive rehydration of granulites during exhumation: an example from the Pulur complex, eastern Pontides, Turkey. *Mineralogy and Petrology* 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner O., Schwarz, W.H., 2004. Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: A Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and 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 Kurtoğlu Metamorphic Complex, Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey, *International Journal of Earth Sciences* 96, 861–873.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbek, A., Barth, M., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous High-Potassium I-type Granitoid Magmatism in the Eastern Pontides, The Gümüşhane Pluton, NE Turkey, *Lithos* 116, 92–110.
- Turan, M., 1978. Şiran Doğu Yöresinin Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Tucker, M.E., 1991. *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. Blackwell Science Ltd., Oxford. 260 pp.
- Türer D., Maynard J.B., (2003): Heavy metal contamination in highway soils. Comparison of Corpus Christi, TX and Cincinnati, OH shows organic matter is key to mobility. *Clean Technology and Environmental Policy*, 4: 235–245.
- Türk-Japon Ortak Projesi, 1986. Gümüşhane Yöresinin 1/50000 Ölçekli Jeolojisi, MTA, Ankara (Yayımlanmamış).
- Valloni, R. ve Maynard, J.B., 1981. Detrital Modes of Recent Deep-sea Sands and Their Relation to Tectonic Setting: A First Approximation, *Sedimentology*, 28, 75-84.
- Valloni, R., ve Mezzardi, G., 1984. Compositional suites of terrigenous deepsea sands of the present continental margins. *Sedimentology* 31, 353–364.
- Wronkiewicz, D.J & Condie, K.C. 1989. Geochemistry and provenance of sediments from the Pongola Supergroup, South Africa: evidence for a 3.0 Ga-old continental craton. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53, 1537-1549.
- Wronkiewicz, D.J & Condie, K.C. 1990. Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Transvaal supergroups, South Africa: cratonic evolution during the Early Proterozoic. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 54, 343-354.
- Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Alt Jura Çökellerinin Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri (KD Türkiye), *Yerbilimleri*, 26, 119-128.
- Yılmaz, C., 1996. Bayburt Yöresindeki Platform-Havza İlişkilerinin Çökel Kayıtları (KD Türkiye). Süleyman Demirel Üniversitesi 9. Müh. Sempozyumu, Bildiriler, 9- 13, Isparta.
- Yılmaz, C., 1997. Sedimentological Records Cretaceous Platform-Basin Transition Gümüşhane Region (NE Turkey), *Geologie Mediterran.*, 24/1-2, 125-135.
- Yılmaz, Y., 1972. Geology of the Gümüşhane Granite (Petrography). İstanbul Üniv. Fen. Fak., Seri B, 157-172, İstanbul.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Doktora Tezi, 260 s., İngiltere.
- Yılmaz, C. ve Kandemir, R., 2003. Senköy Formasyonu: yeni bir Formasyon adlanması. 3.stratigrafi çalışmayı bildiri özleri, Ankara, 14.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1, 141-165.

- Zimmermann, U., Bahlburg, H., 2003. Provenance analysis and tectonic setting of the Ordovician clastic deposits in the southern Puna Basin, NW Argentina. *Sedimentology* 50, 1079–1104.
- Zimmermann, U., Luna Tula, G., Marchioli, A., Narva'ez, G., Olima, H., Ram'irez, A., 2002. Ana' lisis de la procedencia de la Formacio'n Falda Cie'naga (Ordov'ico Medio, Puna Argentina) por petrografi'a sedimentaria, elementos trazas e isotopi'a de Nd. *Asociacio'n Argentina de Sedimentologi'a Revista* 9, 1–24.
- Zuffa, G.G., 1985. Optical Analysis of Arenites: Influence of Methodology on Computational Results, In: Zuffa, G.G. (ed), *Provenance of Arenites*, Reidel, Dordrecht, 165-189.

ÖZGEÇMİŞ

Adı : Levent

Soyadı : Duygu

Doğum Yeri, Yılı : Yozgat, 1978

Baba adı : Dede

Ana adı : Saliha

Yozgat'ta 1991 yılında Osmanpaşa İlköğretim okulundan, 1994 yılında Yozgat Lisesinden mezun oldu. 1995 yılında Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendiliği Bölümüne kayıt yaptırdı. Bu bölümden 2000 yılında mezun oldu. 2004 yılında Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nde Jeoloji Mühendisi olarak göreve başladı. Halen aynı yerde göreve devam etmektedir.

İletişim Bilgileri :

MTA Genel Müdürlüğü

Jeoloji Etütleri Dairesi

Balgat/ANKARA

İş Tel : 201 15 47

e-posta adresi : lduygu@mta.gov.tr