



Havuzdere, Geyikdere, İnebeyli ve Tepeköy (Karamürsel, Yalova, Türkiye) Civarındaki Zeolitik Tüflerin Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Mineralogical and Petrographic Characteristic of Zeolitic Tuffs from Havuzdere, Geyikdere, İnebeyli and Tepeköy (Karamürsel, Yalova, Turkey)

Mustafa ALBAYRAK ¹, Asuman KAHYA ^{2*}

¹Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 06800, Ankara, Türkiye, mustafa_albayrak@hotmail.com.Orcid No: 0000-0002-1691-3387

²Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 06800, Ankara, Türkiye, asuman27@gmail.com, Orcid No:0000-0002-6728-2140

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 4Ağustos 2023
Revizyon 9 Ocak 2024
Kabul 25 Ocak 2024
Online 29 Mart 2024

Anahtar Kelimeler:

Höylendit, Karamürsel,
Klinoptilolit, Tüf, Yalova, Zeolitler

ÖZ

Bu çalışmada, İzmit körfezinin güneyinde, Karamürsel (İzmit) civarında yer alan Tepeköy, İnebeyli, Havuzdere ve Geyikdere civarındaki Alt-Orta Eosen yaşlı volkanoklastik malzemede, zeolitik tüflerin, mineralojik ve petrografik özellikleri, polarizan mikroskop, X-ışını difraktometre (XRD) ve SEM+EDS analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. XRD sonuçlarına göre zeolit oluşumları vitrik tüflerde gözlenmiştir. Vitrik tüflerin modal mineralojik bileşimi volkan camı (%90), kristaller (%8), opak ve FeO'leşmiş mineral (%2) olarak belirlenmiştir. Kristaller başlıca feldspat, kuvars, biyotit mineralleridir. Volkan camı yaygın olarak volkan camı kıymıkları ve matriksden oluşmaktadır. Zeolitlenme vitrik tüflerdeki volkan camlarının alterasyonu sonucu oluşmaktadır. XRD çalışmalarına göre Tepeköy, İnebeyli köyü ve Havuzdere köyü'nde zeolit minerali klinoptilolit şeklinde oluşurken Geyikdere köyü'nde ise höylendit şeklinde oluşmaktadır.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 4August 2023
Received in revised form 9 January 2024
Accepted 25 January 2024
Available online 29 March 2024

Keywords:

Heulandite, Karamürsel,
Clinoptilolite, Tuff, Yalova, Zeolite

ABSTRACT

In this study, it was carried out in the zeolitic tuffs of Lower-Middle Eocene aged volcanoclastic material in the Tepeköy, İnebeyli, Havuzdere and Geyikdere located in the vicinity of Karamürsel-İzmit, in the south of the Gulf of İzmit. Mineralogical and petrographic properties of zeolitic tuffs were investigated by polarizing microscope, X-ray diffractometry (XRD) and SEM+EDS analysis methods. According to XRD results, zeolite formations were observed in vitric tuffs. The modal mineralogical composition of the vitric tuffs was determined as volcanic glass (90%), crystals (8%), opaque and FeO-oxide minerals (2%). Crystals are mainly feldspar, quartz, biotite minerals. Volcanic glass is commonly composed of volcanic glass shards and a matrix. Zeolitization occurs as a result of alteration of volcanic glasses in vitric tuffs. According to XRD studies, zeolite mineral is formed as clinoptilolite in Tepeköy, İnebeyli and Havuzdere village, while in Geyikdere village it occurs as heulandite.

Doi: 10.24012/dumf.1337941

* Sorumlu Yazar

Giriş

Yalova-Karamürsel (İzmit) arasında yer alan çalışma alanı, Türkiye'nin KB'sında Armutlu yarımadası üzerinde bulunmaktadır. Bu bölge Armutlu-Ovacık Zonu [1]-[4] olarak tanımlanmıştır. Bu zon, İstanbul Zonu ile Sakarya Zonu arasında yer almaktadır.

Bu çalışma ile Armutlu-Ovacık Zonu [5], [6] içerisinde yüzeyleyen Alt-Orta Eosen yaşlı tüflerdeki zeolit oluşumları incelenmiştir. Zeolitler, gözenekli bir yapıya sahip alkali veya toprak alkali elementlerin (Na, K, Mg, Ca) hidratlanmış bir alüminosilikat grubudur. Zeolitleri içeren ana kayalık türü zeolitik volkanik tüftür. Birçok volkanik kül çökelinin diyajenetik alterasyonu ile zeolitler oluşur [7]. Zeolitik tuf, genellikle çeşitli kayalık türlerinin düşük sıcaklık alterasyonu sonucu oluşur, ancak genellikle ağırlıklı olarak volkanik ve sedimanter kayalıklarda oluşur [8]. Zeolitler, volkanik cam, kristal olmayan ve kristalin killer, feldispat, feldispatoid ve hatta zeolitin kendisi gibi birçok ilksel mineral türünden oluşur [9]. Sonuç olarak, vitritik volkanoklastik kayalıklar, zeolitlerin hem ilksel hem de ana kayalıkları olarak önemlidir. Volkanoklastik cam parçaları doğal zeolitlenme için uygun başlangıç malzemesidir. Zeolitik tufün heterojenliğini etkileyen başlıca faktörler: zeolitik tufün oluşum sürecindeki jeolojik ortam, fizikokimyasal koşullar ile kuvars, feldispat, mika, kil mineralleri gibi minerallerin varlığıdır [9]. Genel olarak zeolitler, zeolit mineralleri içeren alüminyum ve silis açısından zengin volkanik camlarla, volkanik veya alüminosilikat içeren malzemelerin çözünme (dissolution)-çökme (precipitation) gibi süreçleri de içeren, fizikokimyasal reaksiyonlarla oluşur [10]. Dünya çapında yaygın zeolit oluşumları, gösel (lacustrin) sedimanları ile ya da volkanik kayalıklardaki vitritik-klastik tüfler ile veya hidrotermal olarak altere olmuş vitrofirler-vitritik klastik tüfler ile arakatmanlı kül-çökeline yer alan tüflerdeki asit-ortaç volkanik camlardan oluşur [10]. Klinoptilolit kristalleşmesi, yaygın olarak, yüksek silisli tüflü kayalıklardaki volkanik camın, çökme (depositional) sonrası diyajenez sırasında, devitrifikasyon reaksiyonları ile yer değiştirmesiyle (replaced) ortaya çıkar [11]. Höylandit grubu minerallerini oluşturan höylandit-klinoptilolit diyajenetik olarak altere olmuş piroklastik kayalıklarda bol miktarda bulunur, özellikle riyolit-riyodasit tüflerinde, hidratlı cam kıymıklarının, patlama sonrası reaksiyonları ile oluşur [12], [13]. Sheppard [14], Doğal zeolit yataklarının oluşumunu, ortamlarına göre altı gruba ayırmıştır: (1) hidrolojik olarak kapalı (tuzlu/alkali) sistemler, (2) açık (tatlı su/yer altı suyu) sistemler, (3) gömülme diyajenez/metamorfizma sırasında, (4) hidrotermal aktivite ile, (5) derin deniz ortamlarında, ve (6) toprakların ayrışmasıyla (weathering). Zeolit mineralleri oluşum

ortamına göre farklılık gösterebilmektedir. Fillipsit, klinoptilolit, höylandit ve erionit yatakları tuzlu-alkali göller, gömülü diyajenetik ortamlarda ve derin deniz sedimanlarında yaygın olarak oluşur. Mordenit bu ortamlarda nadiren oluşur [12]. Buna karşılık, mordenit yaygın olarak jeotermal alanlarda alterasyon minerali olarak oluşur ve oluşum sıcaklığı ~60 ila 160 °C arasında değiştiği bilinmektedir [15]. Sedimanter zeolit oluşumları ve yatakları Türkiye'de yaygın olarak Orta ve Batı Anadolu görülmektedir (Şekil 1). Bu yataklar başlıca Beypazarı [16] - [18], Yozgat [19], Nevşehir (Kapadokya) [20], Kırka [21], Emet [22], [23], Şile [24], Bigadiç, [25]- [27], Gördes [28]- [33] ve Keşan [34] olarak verilebilir. Bu zeolit oluşumları ve içerdiği mineraller Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu yataklar içinde Şile hariç, volkanik malzemenin gösel ortamda çökmesiyle oluşmuştur [35]. Tüm bu yataklar içinde Şile hariç, en yaygın zeolit mineralleri klinoptilolit, höylandit ve analsimdir. Mordenit daha az yaygın mineraldir ve sadece Şile bölgesinde tesbit edilmiştir [35]. Türkiye'deki zeolit oluşumları ve potansiyel zeolitik tuf alanları Tablo 1'de verilmiştir [37].

Bu çalışma kapsamında İzmit körfezinin güneyinde, Karamürsel civarında yer alan Tepeköy, İnebeyli, Havuzdere ve Geyikdere'de yüzeyleyen Alt-Orta Eosen yaşlı volkanoklastik malzemedeki, zeolitik tüflerle ilgili detaylı çalışma yapılarak bu tüflerin, mineralojik-petrografik özellikleri ile oluşum ortamı belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

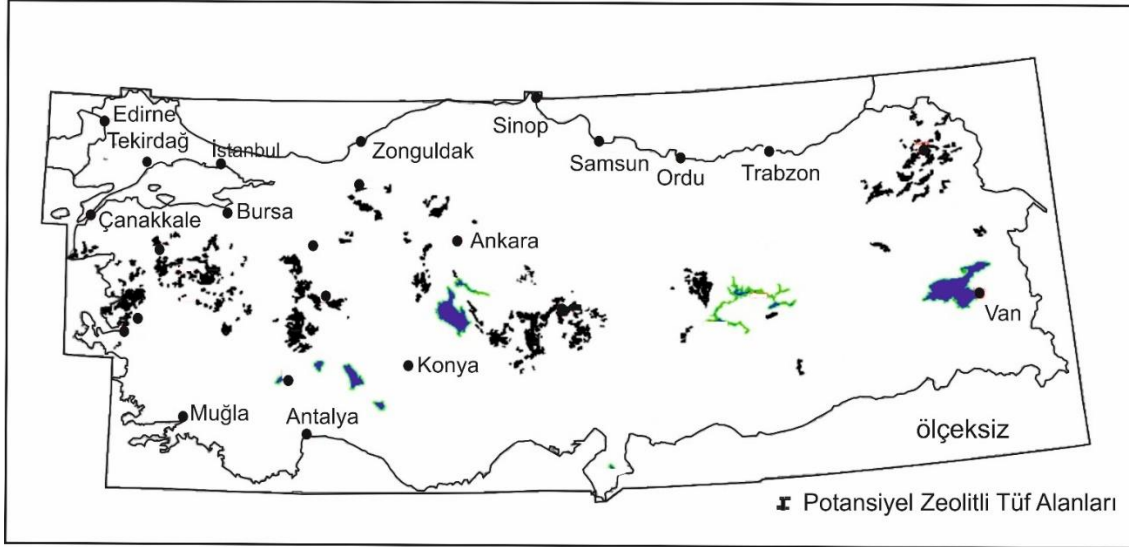
Saha çalışmalarından derlenen toplam 13 örnek üzerinde analizler yapılmıştır. Çalışma alanından derlenen örneklerde klinoptilolit ve höylandit mineral tanımlaması XRD yöntemi ile belirlenmiştir. 12 örneğin X-Ray difraksiyon (XRD) çalışmaları, örneklerin mineralojik içeriklerinin belirlenmesi amacıyla MTA X - Işınları Laboratuvarı'nda Panalytical Expert Powder ve Bruker D8 Advance XRD cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekimler 2-70° aralığında, scanspeed 0,1 sec/step, increment 0,039155 dir. Kalitatif analizler ICDD kartları ile karşılaştırma yapılarak ve High Score Plus Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her analiz için 100 µ altına kadar öğütülmüş en az 10 gram numune gerekmektedir ve öğütme işlemi de MTA'nin kırma, öğütme, eleme ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Yine ince kesitler MTA İnce ve parlak kesit laboratuvarında yaptırılmıştır. Bu kesitlerde mineral parajenezi, mineral ilişkileri, dokusal özellikler vb. özelliklerin saptanması amacıyla, MTA Mineraloji-Petrografi Araştırmaları Koordinatörlüğü'nde (Analiz Laboratuvarı'nda), Leica DM 2700 P alttan ve üstten aydınlatmalı mikroskop ile incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Ayrıca 4 adet vitritik tuf örneğinin SEM+EDS analizleri

MTA Mineraloji ve Petrografi Laboratuvarında, FEI Inspect F50 FEG-SEM cihazı ile yaptırılmıştır.

Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı Armutlu Yarımadasında, İzmit Körfezinin güneyinde Yalova-Karamürsel arasında yer almaktadır (Şekil 2). Kuzeybatı (KB) Anadolu'da yer alan Armutlu Yarımadası Lavrasya kıtasının güney kenarını temsil etmekte olup, İstanbul Zonu'nun güneyinde yer alan

tektonik birimlerden biri olan Armutlu-Ovacık Zonu içerisinde kalmaktadır (Şekil 2) [5], [6]. Armutlu Ovacık Zonu kuzeyde İstanbul Zonu ve güneyde Sakarya Zonu arasında bu iki tektonik birliğin karışma zonu olarak tanımlanmıştır [39], [40]. Ancak daha önceki çalışmalarda bu zonda, Geç Paleozoyik-Erken Mesozoyik yaşlı Paleotetis Okyanusunun Erken Mesozoyik döneminde kuzeye doğru Avrasya Kıtasının altına dalarak tektonik evrimini tamamladığı belirtilmiştir [40]-[47].



Şekil 1. Türkiye'de zeolit oluşumları ve potansiyel zeolitli tüf alanları [37].

Tablo 1. Türkiye'deki zeolit yatakları ve ilgili mineralleri [34]'den değiştirilerek alınmıştır.

Yatak ve oluşum	İlgili Mineraller	Oluşum Biçimi	Kaynaklar
Beypazarı	Klinoptilolit, Analsim, Saponite, K-Feldispat, Smektit, Kuvars, Kalsit	Gösel ortam	[16]-[18]
Yozgat	Klinoptilolit, Smektit	Gösel ortam	[19]
Nevşehir (Kapadokya)	Erionit, Şabazit, Analsim, Filipsit, Mordenit+Klinoptilolit, Smektit, Kuvars, Opal-CT, K-Feldispat	Gösel ortam	[20]
Kırka	Klinoptilolit, Höylandit, Analsim, Kalsit, Opal-CT, Smektit, K-Feldispat, Kuvars	Gösel ortam	[21]
Emet	Klinoptilolit, Analsim, Opal-CT, K-Feldispat, Smektit, Kuvars, Kalsit	Gösel ortam	[22], [23]
Şile	Mordenite, K-Feldispat, Opal-CT, Kuvars	Hidrotermal	[24]
Bigadiç	Klinoptilolit, Höylandit, Analsim, Filipsit, Smektit, Opal-CT, Kuvars, K-Feldispat	Gösel ortam	[25]- [27]
Gördes	Klinoptilolit, Höylandit, Opal-CT, Kuvars, Smektit	Gösel ortam	[28]- [33]
Keşan	Analsim, Klinoptilolit, Smektit, Kuvars, Kristobalit, Kalsit	Gösel ortam	[34]

Armutlu-Ovacık Zonu içerisinde yer alan Armutlu Yarımadası'nda yüzeyleyen Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı birimlerini temsil eden düşük dereceli metamorfik kayalar yörede "İznik Metamorfitleri" [47] olarak adlandırılmıştır. Bu zon içerisinde yüzeylenen en yaşlı kayalar Prekambriyen yaşlı yüksek dereceli Armutlu Metamorfitleri'dir [47]-[49]. Diğer birim ise plaka içi bazaltları içeren terrijen kökenli, kalkerli ve volkanojenik birimlerden oluşan Triyas riftleşmesinin ürünleri olan İznik Metamorfitleri'dir [47]. İznik Metamorfitleri düşük dereceli felsik volkanik ve volkanotortul birimler içeren metakırıntılı-karbonat istifleriyle başlayıp blok, mercek ya da ara tabakalar halinde mermer kütleleri de içermektedir [47]. İnceleme alanında gözlenen örtü birimler Jura başında bir riftleşme sonucu (Neotetis'in kuzey kolu) gelişmiş, kıta kenarını temsil eden kırıntılı, volkanoklastik, platform ve yamaç türü karbonat çökellerinden oluşmaktadır [50]. Tüm bu istif Tersiyer yaşlı diğer birimler ile örtülmektedir. Çalışmanın konusunu oluşturan vitrik tüflerdeki zeolit oluşumları, volkonoklastik birimler içerisinde yer almaktadır.

Çalışma Alanının Jeolojisi

İzmit Körfezinin güneyinde Yalova-Karamürsel arasında yer alan çalışma alanında temelde Armutlu Metamorfitleri olarak adlandırılan [51], Merdigöz ve Dereköy Metamorfitlerinden sadece Dereköy Metamorfitleri gözlenmektedir. Bu birim [43]' tarafından Pamukova Metamorfitleri olarak adlandırılmıştır.

Dereköy Metamorfileri:

Alt Permiyen öncesi yaşlı, kumlu, killi ve yer yer karbonatlar ile tüflerin metamorfizmasından oluşan bu birim, metakumtaşı, fillit, kuvarsit şist, kalkşist, mermer ile bunların içinde yer alan Mahmudiye mermer ve Küçük Dikmen kuvarsit şist üyelerinden oluşmaktadır [49]. Bu birimi oluşturan kayaların, yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirdikleri belirtilmiştir [51] (Şekil 3).

İhsaniye Granodiyoriti (Pzh): İhsaniye köyünün doğusunda yüzeylenen ve Dereköy Metamorfitlerini kesmekte olan bu birim ve Pliyosen yaşlı Yalakdere Formasyonu ile uyumsuz olarak örtülmektedir [51], [53], [54].

Taşköprü Kumtaşı (Trt): Bargu ve Sakınç [50] tarafından adlandırılan ve inceleme alanının batısında Taşköprü köyü civarında yüzeylenen Alt Triyas yaşlı bu birim genellikle kumtaşı seviyelerinin egemen olduğu, kumtaşı-silttaşı'ndan oluşmaktadır ve Kaytazdere Formasyonu (Alt-Orta Eosen) üzerine bindirme ile gelmektedir [51], [53], [54].

Oluklu Formasyonu (Ko): Karamürsel'in 2 km güneyinde Oluklu köyü civarında yüzeylenen, Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı bu birim, tabanda Alt Triyas yaşlı Taşköprü Kumtaşı ile uyumsuz, üstte Maestrihtiyen yaşlı Kokarca Formasyonu ile uyumlu, ayrıca birimi çevreleyen Taşağıl Formasyonu (Alt-Orta Eosen) ile ise açılal uyumsuzdur [51]. İstif tabanda, Taşköprü Kumtaşına ait kırmızı ve mor renkli çoğunlukla köşeli kumtaşı blokları ve

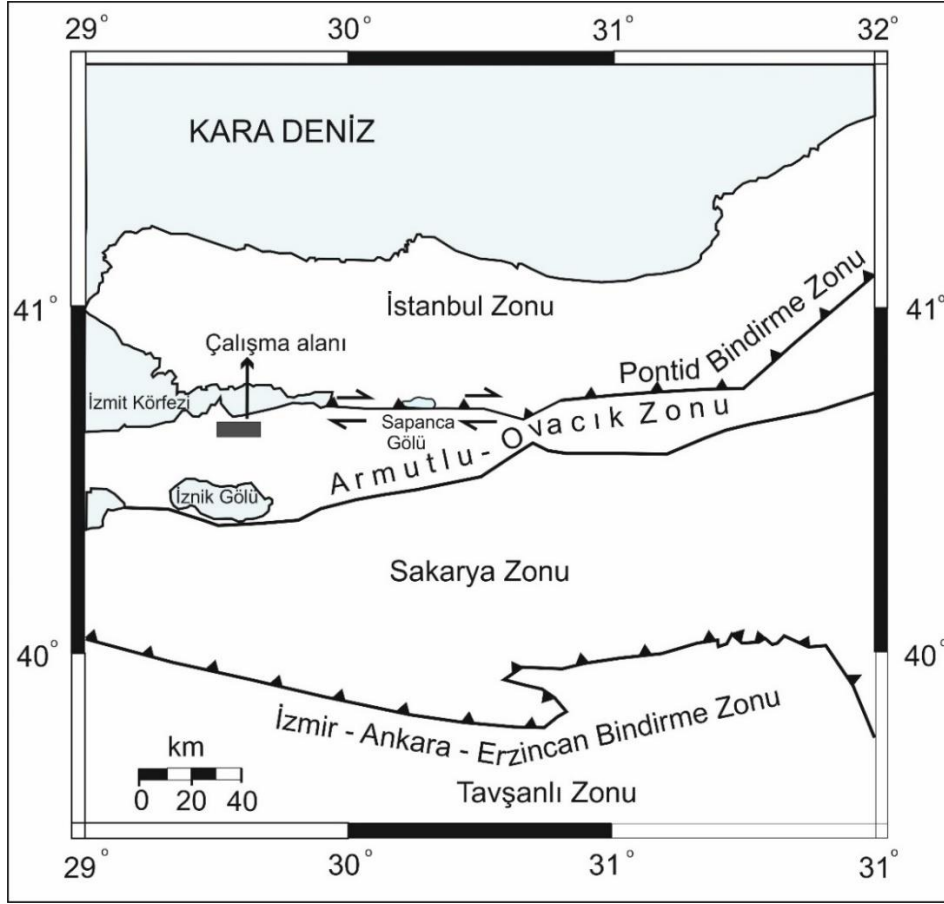
çakıltaşları içeren kalın tabakalı taban konglomerası ile başlar üste doğru ise orta-ince tabakalı çakıllı kumtaşı, gri kumtaşı, yeşil-gri silttaşı ve gri marn ardalanması ile devam eder [51], [53], [54].

Kokarca Formasyonu (Kk): Çalışma alanının doğusunda yüzeylenen, [50] tarafından adlandırılan Maestrihtiyen yaşlı bu birim, Dereköy Metamorfiti üzerinde açılal uyumsuz olarak yer almaktadır, genellikle arenit, biyosparit ve biyomikrit gibi seviyelerden oluşmaktadır [51], [53], [54].

Taşağıl Formasyonu (Tya): Karamürsel, Karaahmetli, İnebeyli ve Taşağıl civarında yüzeylenen ve [51] tarafından adlandırılan bu formasyon genelde kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda yayılım göstermektedir. Bu formasyon tabanındaki Dereköy Metamorfiti, Oluklu ve Kokarca Formasyonları ile uyumsuz, üstünde ise aynı yaşlı Taşlıtepe Formasyonu ile uyumludur [51]. Formasyon orta tabakalı konglomeratik seviye ile başlar üste doğru ise mor kumtaşı, sarı-boz kumtaşı, Ostrea'lı kumlu-kireçtaşı, kırmızı kireçtaşı, killi kumtaşı, marn ara tabakalı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, fosilli kireçtaşı, kumtaşı, aglomera ve kumtaşı ara tabakalı marn ile devam eder [51, 53, 54]. Bu formasyon içinde mercekler şeklinde İnebeyli Kireçtaşı Üyesi'ne ait kireçtaşları da yüzeylenmektedir [51].

Taşlıtepe Formasyonu (Tta): Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Alt-Orta Eosen yaşlı bu formasyon Taşağıl Formasyonu üzerine dereceli geçişli ve uyumlu olarak gelmektedir, yine dereceli geçişli ve uyumlu olarak Kaytazdere Formasyonu tarafından üzerlenmektedir [51]. Formasyon, tabanda koyu gri renkli konglomera ile başladığı, üste doğru koyu boz renkli tüfler, çamurtaşı mercekleri, orta-iri çakıllı aglomera ve tuf ardalanması (yeşilimsi masif tüfler, ince-orta taneli ve beyaz renkli tüfler) ile devam ettiği, bunların arasında bazı seviyelerde ise kumtaşı, silttaşı, kilttaşı ile killi kireçtaşı ardalanması olduğu belirtilmiştir [51, 53, 54]. Buradaki tüflerin riyolitik ve riyodasitik karakterde olduğu, volkanik kökenli seviyeler ile yer yer ardalanmalı olan killi kireçtaşı seviyeleri içinde bulunan fosillere göre birimin Alt-Orta Eosen yaşında olduğu, çökme ortamının ise nadiren çok az derinleşen sığ deniz olduğu belirtilmiştir [51]. Çalışma sahasında, İnebeyli köyü ve Tepeköy civarından derlenen örnekler bu formasyona ait tüflerde yer almaktadır (Şekil 3).

Kaytazdere Formasyonu (Tka): Kaytazdere köyü ve batısında geniş alanlarda yüzeylenen bu birim üzerine Yalakdere, Kılınç ve Altınova Formasyonları açılal uyumsuzlukla gelmektedir, batıda ise Taşköprü Formasyonuna ait kumtaşları ile tektonik dokanaklıdır [51]. Birim, tabanda kalınlığı yaklaşık 30 m olan kalın bir marn seviyesi ile başlayarak, üste doğru ise kumtaşı, silttaşı, marn, silttaşı, kumtaşı ardalanması ile devam etmektedir [51, 53, 54]. Bu kumtaşı tabakaları üzerine de kumtaşı - silttaşı ardalanmalı marn ve kumtaşı seviyeleri gelmektedir [51, 53, 54]. Bu formasyonun üyeleri; Karaçamur kireçtaşı üyesi, Geyikdere tuf üyesi, Tavşanlı tuf üyesi ve Handere tuf üyesi olarak tanımlanmıştır [54]. Çalışma alanında alttan üste doğru 3 farklı tuf üyesi (Geyikdere tuf üyesi, Tavşanlı tuf üyesi ve Handere tuf üyesi) yüzeylenmektedir.



Şekil 2. Bölgesel Jeoloji Haritası [5], [6].

Geyikdere Tüf Üyesi (T_{kag}): Geyikdere köyü ve civarında, kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı olarak yaklaşık 500 m genişliğinde bir kuşak şeklinde yüzeylenen birim orta-kalın tabakalı, litik kristalli tüf ve camı kristalli tüflerden oluşmaktadır [51, 53, 54]. İncelenen Geyikdere köyü tüfleri bu üye içerisinde yer almaktadır (Şekil 3).

Tavşanlı Tüf Üyesi (T_{kat}): Tavşanlı köyü ve civarında, Geyikdere Tüf Üyesi gibi kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı, yaklaşık 1000 m genişliğinde bir kuşak şeklinde yüzeylenen bu birim, genellikle grimsi yeşil ve yeşilimsi renkli tüflerden oluşmaktadır, ince taneli, masif görümlü, sert kırılğan, orta-kalın tabakalıdır [51, 53, 54]. İncelenen Havuzdere köyü tüfleri bu üye içerisinde yer almaktadır (Şekil 3).

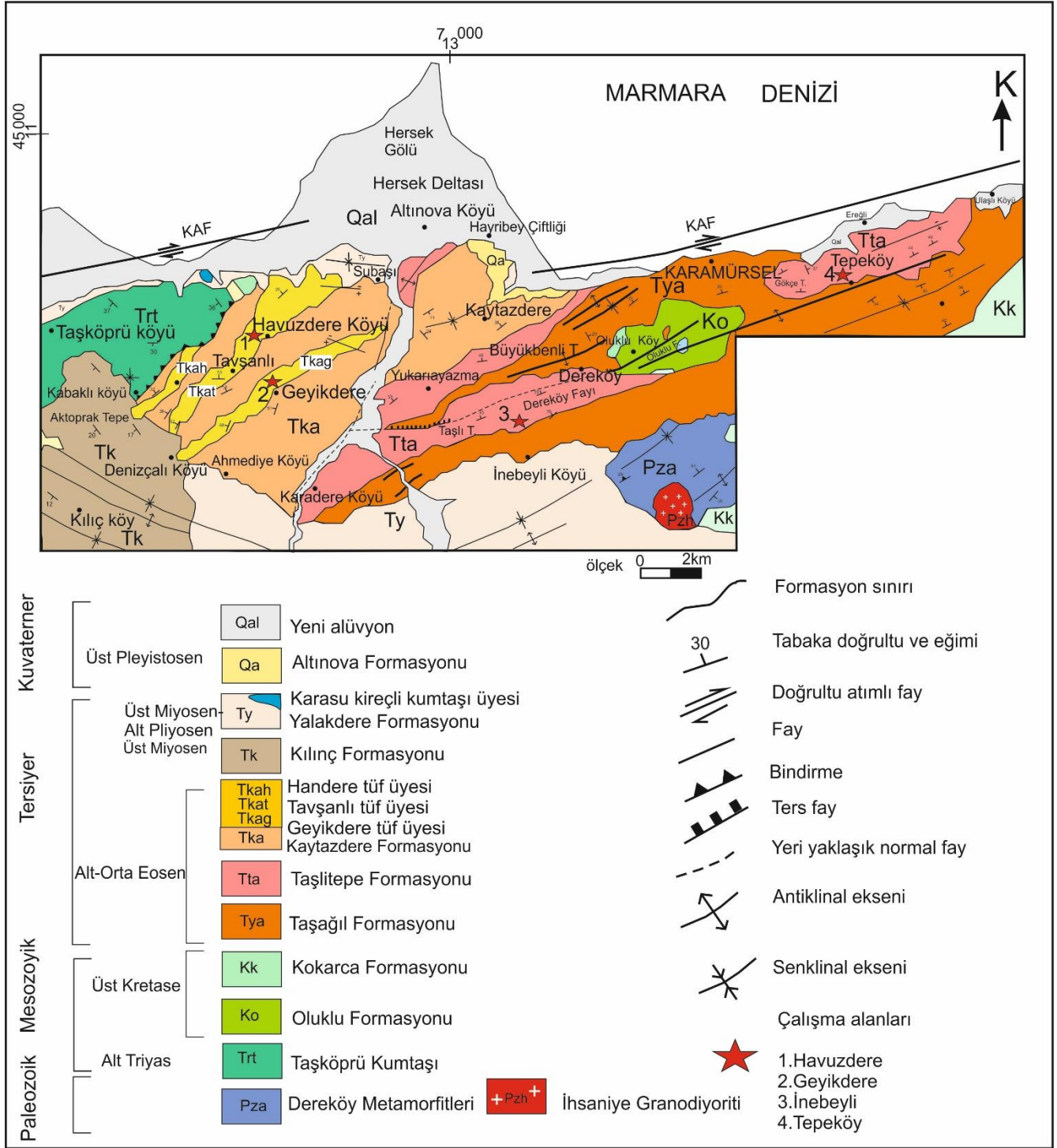
Handere Tüf Üyesi (T_{kah}): Handere köyü ve civarında yüzeylenen bu birim diğer tüf üyeleri gibi hemen hemen aynı doğrultuda, yaklaşık 500 m genişliğinde bir kuşak şeklinde uzanmakta olup üzerine ters fay dokanıklı Taşköprü formasyonuna ait kumtaşları gelmektedir [51]. Bu birimi oluşturan tüfler genellikle beyaz, yeşilimsi bazen de kahverenkli bantlıdır [50, 52, 53].

Kaytazdere Formasyonu, çökeltmenin oldukça kalın olduğu genellikle sığ, bazen derinleşen denizel ortamda oluştuğu; çökeltme sürecinde tüflerin oluşumunu sağlayan volkanik faaliyetlerin ise zaman zaman meydana geldiği belirtilmiştir [51]. Eosen oluşuklarının, birbirleriyle bağımsız küçük

havzalarda meydana geldiği, bu havzaların oluşumunun ise, Üst Kretase sonu ve Paleosen başında, Sakarya ve Pontid kıtalarının çarpışmasından ve okyanus tabanının yitirilmesinden sonra, lokal genişleme rejimleri sonucu oluşan kırıklar nedeniyle gerçekleştiği belirtilmektedir [51].

Kılınç Formasyonu (T_k): Kılınç köyü ve dolaylarında geniş alanlarda yüzeylenen bu formasyon, kuzeyde Alt Triyas yaşlı Taşköprü formasyonu ve Alt Orta Eosen yaşlı Kaytazdere formasyonları üzerine açısal uyumsuz olarak gelmektedir, üzerinde yer alan Miyosen-Pliyosen yaşlı Yalakdere Formasyonu ile uyumlu ve geçişli, Geç Pleyistosen yaşlı Altınova formasyonu ile ise açısal uyumsuzdur [51]. Birim alttan üste doğru kırmızı kahve renkli konglomera, çakıllı kumtaşı, kırmızımsı kumtaşı, silttaşı, sarımsı-boz siltli kiltası, çakıllı kumtaşı, sarımsı-beyaz silttaşı ve kiltası, kömür bantlı kiltası, mavimsi beyaz kiltası ve marn ile killi kireçtaşı içeren beyazımsı marn'lerden oluşmaktadır [50, 52, 53].

Yalakdere Formasyonu (T_y): Bu formasyon Kaytazdere, Taşağul ve Taşlitepe Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir, güneyde ise Dereköy Metamorfileri ve Kocarca Formasyonu ile uyumsuz dokanıklıdır [51]. Birim, gevşek çimentolanmış çakıllı, kumlu, siltli seviyeler ile yer yer kiltası ardalanmasından oluşmaktadır [50, 52, 53]. Üst seviyelerinde ise, Karasu Kireçli Kumtaşı üyesi yer almaktadır.



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası [51], [53]'dan değiştirilerek alınmıştır.

Karasu Kireçli Kumtaşı Üyesi (Tyk): Yalakdere Formasyonunun üst kesimlerinde görülen bu birim, devamı olmayan seviyeler halinde genellikle beyaz, sarımsı beyaz

renkli gösel kireçli kumtaşı ve silttaşı araldanmasından oluşmaktadır [50, 52, 53].

Altınova Formasyonu (Qa): Bargu ve Sakınç [51] tarafından adlanan birim, Taşağıl, Yalakdere ve Taşköprü Kumtaşı birimleri üzerine açısız uyumsuz olarak gelmektedir. Bölgede taraçalar şeklinde görünen bu birim genellikle gevşek tutturulmuş Ostrea'lı kum, killi kum, siltli kum, marn, marn ve Cerastoderma'lı kum seviyelerinden oluşmaktadır [50, 52, 53]. Eski alüvyon (Qale): Nehir oluşumlarına ait çakıl ve kum boyu malzeme içermektedir, yeni alüvyon (Qal) ve (Qy): yamaç döküntüsü altındaki birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir.

Petrografik ve Mineralojik Çalışmalar

Optik Mikroskop çalışmaları

İnceleme alanından derlenen Geyikdere ve Havuzdere örnekleri Kaytaşdere tuf üyelerinde, İnebeyli ve Tepeköy örnekleri ise Taşlıtepe Formasyonuna ait tuf birimlerinde yer almaktadır. Bu birimlere ait tuf örnekleri mikroskopta incelendiğinde, bunların litik tuf, kristal tuf ve vitrik tüflerden oluştuğu belirlenmiştir. XRD analiz sonuçlarına göre sadece vitrik tüflerde zeolit oluşumları belirlenmiştir. Bu nedenle vitrik tüflerin petrografik özellikleri detaylı incelenmiştir. Bu zeolitli örnekler makroskobik olarak açık yeşil, yeşilimsi renk, masif görünümündedir (Şekil 4). İnce kesit çalışmaları Schmid [55] sınıflandırmasına göre adlandırılmıştır. İnceleme alanında zeolit içeren örneklerin modal mineralojik bileşimine göre volkan camı (%90), pirojenik mineraller ise balıca feldispat, kuvars, biyotit mineralleri (%8), opak ve FeO'leşmiş mineral (%2) olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Bu minerallerin varlığına göre tüflerin ağırlıklı olarak felsik bileşime sahip olduğunu söylenebilir. Aynı şekilde, tüflerin mineralojik bileşimi, Schmid [55] tarafından tanımlanan riyodasitik-riyolitik bileşim ile uyumludur. Mikroskobik çalışmalara göre hamur mikrokristalin malzeme ile çoğunlukla volkan camı kıymıklarından oluşmaktadır (Şekil 5). Kırıntılar (detritus) fenokristallerden oluşmaktadır. Kuvars, düzensiz köşeli taneler halinde, nadiren bipiramidal formlar şeklinde bulunur. Çoğunlukla sodik plajiyoklaz ile temsil edilen feldispatlar, polisentetik ikiz lamelleri olan, düzensiz taneler halinde bulunur. Biyotit mineralleri ince-uzun levhamsı şekillerde görünür ve en bol bulunan mafik mineraldir. Camsı parçalar, volkan camı kıymıkları şeklinde gözlenmektedir. Bu volkan camı kıymıkları genellikle köşeli, kırılmış olup oldukça iyi korunmuşlardır (Şekil 5).

XRD Çalışmaları

Tepeköy, İnebeyli köyü ve Havuzdere köyü'nden derlenen zeolit örneklerinin XRD analiz sonuçlarına göre klinoptilolit minerali gözlenirken, Geyikdere köyü XRD verilerinden ise höylandit minerali tesbit edilmiştir (Şekil 2). Tepeköy 8.91 ile 1.37 Å, İnebeyli 8.96 ile 1.95 Å, Havuzdere 8,90 ile 1.77 Å klinoptilolit pikleri tanımlanırken, Geyikdere 8.89-1.95 Å höylandit pikleri tanımlanmıştır (Şekil 6). Tepeköy örneklerinde, klinoptilolit yanında 3,33, 4,24 ve 1,81 Å ile kuvars minerali tanımlanmıştır. Klinoptilolit-höylandit mineralleri tufün alterasyon ürünüdür ve volkan camı kıymıklarının yerini almıştır. Volkan camı kıymıklarının devitrifikasyon ürünü

olan mikrokristalin malzeme anizotropiktir ve optik mikroskop ile tanımlanamaz, daha büyük volkan camı kıymıkları optik mikroskop ile tanımlanmıştır. X-ışınları kırınımı analizi ile mikrokristalin malzemenin ve volkan camı kıymıklarının, Tepeköy, İnebeyli, Havuzdere Köyü'nde klinoptilolit, Geyikdere Köyü'nde ise höylandit gibi ikincil zeolit minerali tarafından yeri alınmış olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışma alanlarından alınan örneklerin XRD ve optik mikroskop çalışmalarına göre mineral parajizi.

Örnek Lokasyonu	Mineralojik Bileşimi
Havuzdere	Klinoptilolit, feldispat, kuvars, biyotit, opak mineraller ve FeO' oluşumu
Geyikdere	Höylandit, feldispat, kuvars, biyotit, opak mineraller ve FeO' oluşumu
İnebeyli	Klinoptilolit, feldispat, kuvars, biyotit, opak mineraller ve FeO' oluşumu
Tepeköy	Klinoptilolit, feldispat, kuvars, biyotit, opak mineraller ve FeO' oluşumu

SEM+EDS analizleri

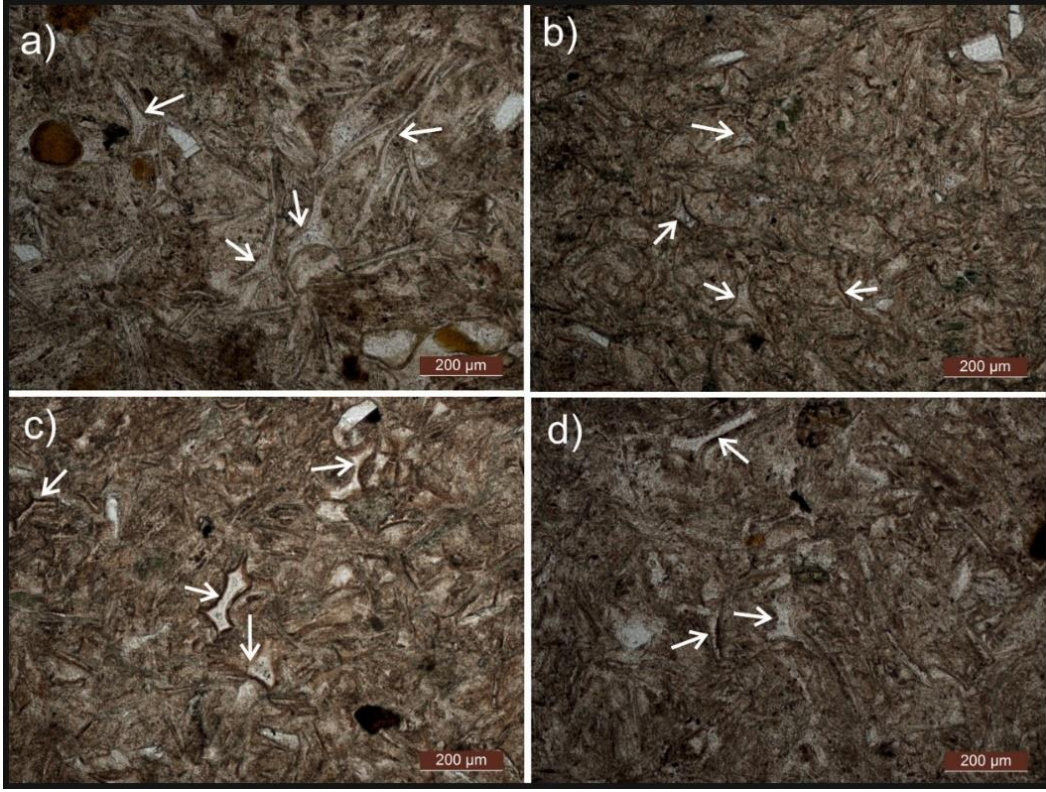
Scanning Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenen örneklerde, Geyikdere zeolitik tüflerinin, höylandit kristalleri için tipik yapı olan yassı (tabular) kristalleri birbiri ile kenetli yapı oluşturmaktadır (Şekil 7). Höylanditlerin Si/Al oranı 1.86 ile 5.44 aralığında değişmektedir (ortalama, 3.48, n=6 ölçüm). Klinoptilolit minerali de matrikste oluşur, volkan camının yerini alır (Tepeköy, İnebeyli ve Havuzdere Köyü). Tepeköy'de Si/Al oranı 3,37 ile 5.7 aralığında değişmektedir (ortalama=4,49 n=4). İnebeyli köyü'nde Si/Al oranı 3,84 ile 5,15 aralığında değişmektedir (ortalama=4,64, n=10 ölçüm). Havuzdere köyü'nde, Si/Al oranı ise 3, 51 ile 4,59 aralığında değişmektedir (ortalama=4,20 n=4) tür. Bish ve Boak [8], klinoptilolit ve höylandit katı serisinde Si/Al oranı <4 höylandit, Si/Al>4 klinoptilolit ile karakterize edildiğini belirtmiştir. Buna göre çalışma alanındaki Si/Al oranları Geyikdere için höylandit, Tepeköy, İnebeyli ve Havuzdere içinde klinoptilolit için uyumlu olduğu belirlenmiştir. Tepeköy SEM incelemeleri XRD sonuçları ile uyumludur. EDS sonuçlarında Na, K, Ca, Al içeriği görülmele birlikte bir miktar kuvars olduğu için Si içeriği ve ayrıca çok az Mg ve Fe içeriği de az miktar kil olduğunu göstermektedir (Şekil 7). İnebeyli Köyü SEM-EDS sonuçları da XRD ile uyumludur. İnebeyli Köyü örneğinin XRD difraktogramında tamamen klinoptilolitten oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 7b). Havuzdere Köyü, SEM ve EDS sonuçları, XRD difraktomlarında tesbit edilen klinoptilolit minerali ile uyumludur. EDS sonucuna göre çok az Mg ve Fe içeriği çok kil minerali içerdiğini göstermektedir (Şekil 7). Geyikdere örneğinin XRD difraktomlarında höylandit

minerali tesbit edilmiştir. SEM ve EDS sonuçları da XRD ile uyumdur (Şekil 7).

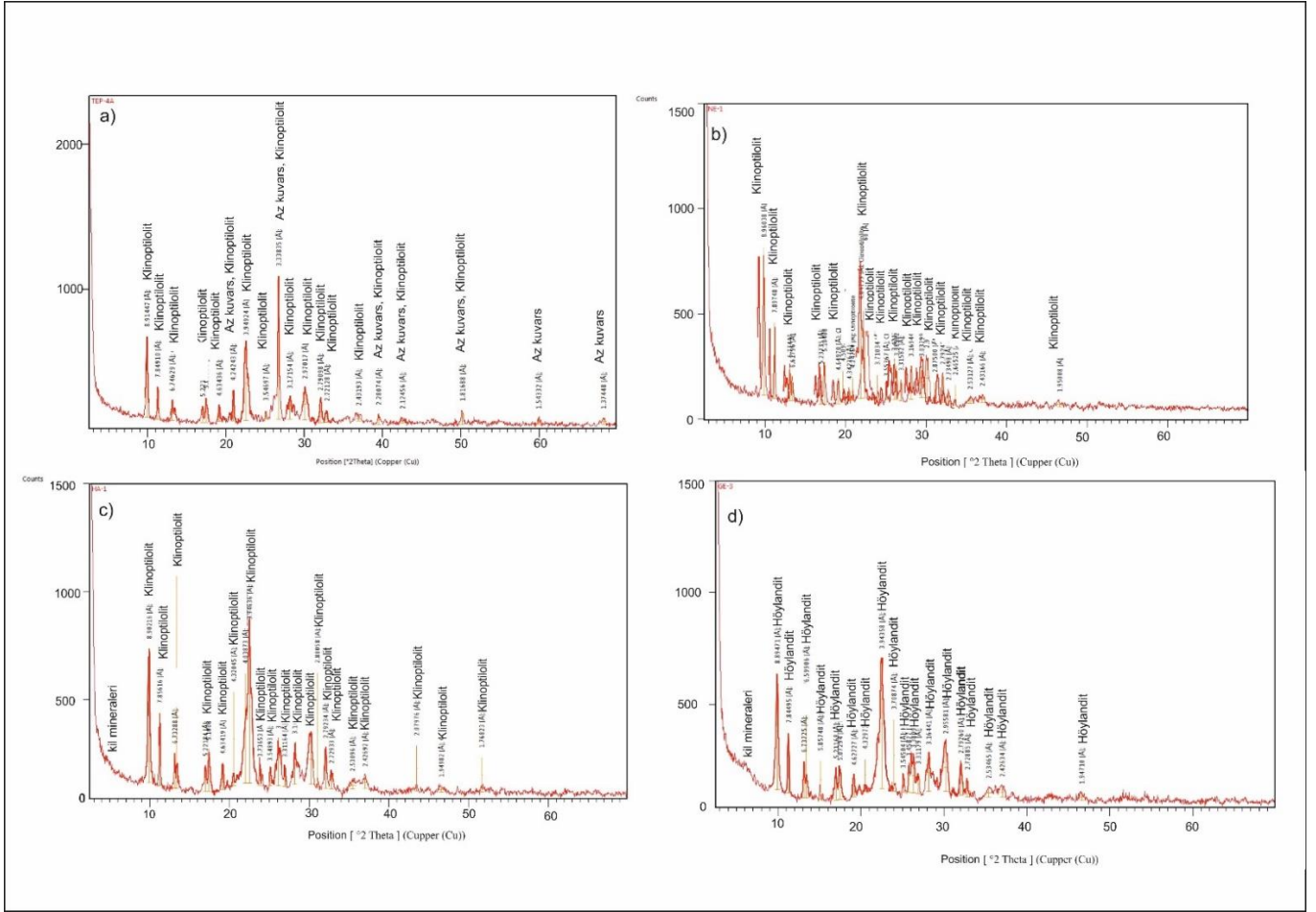
İyi gelişmiş klinoptilolitler volkan camı kıymıkları psödomorflarında oluşmuştur yada monoklinik mikrokristal demetleri şeklinde boşluk, çatlaklarda büyümüştür (Şekil 5a,b,c ve 7). Zeolitler, volkan camı kıymıklarının yerini almışlardır yada boşlukta iyi gelişmiş kristaller şeklindedirler (Şekil 7).



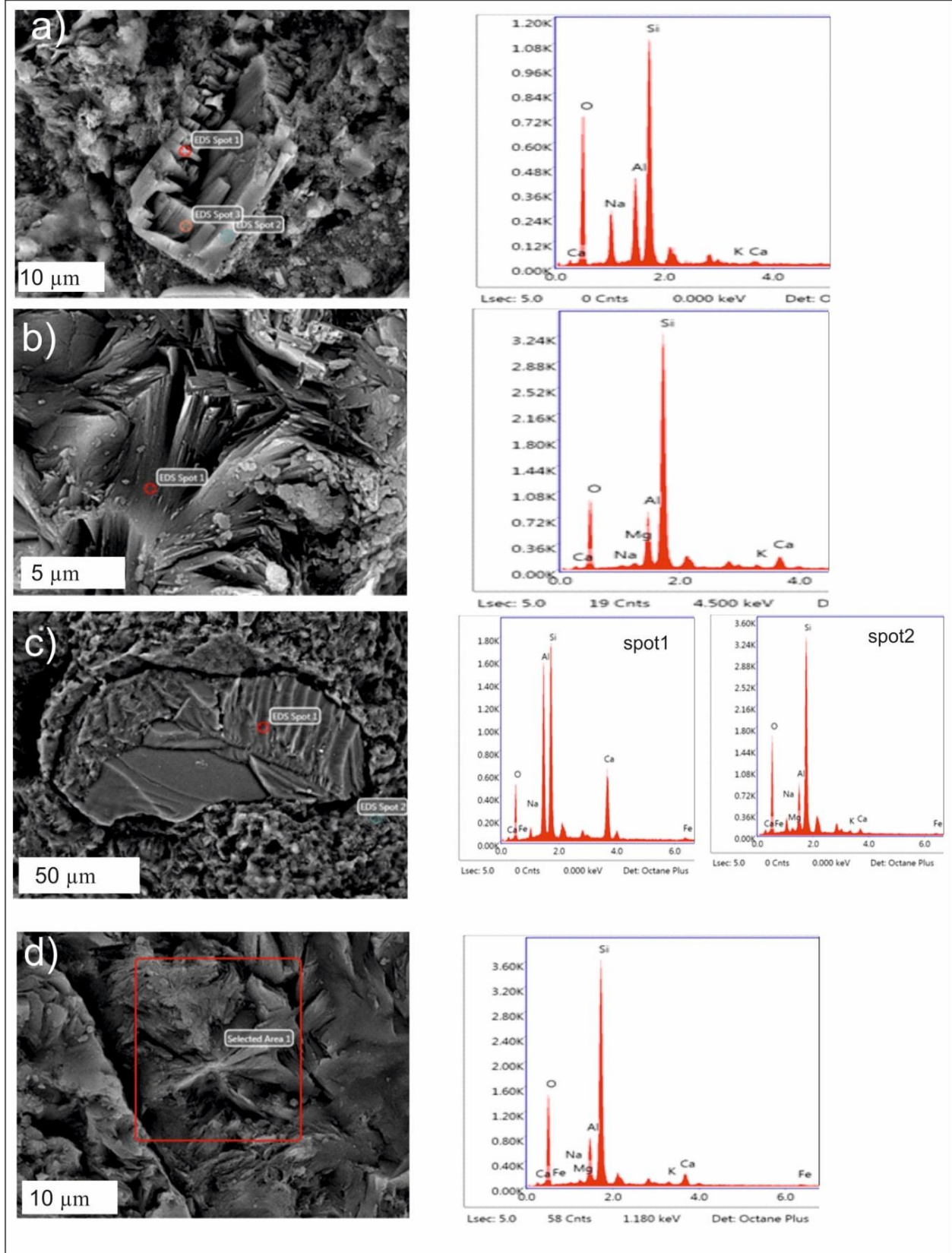
Şekil 4. Çalışma sahasında a) Tepeköy, b) İnebeyli, c) Havuzdere, d) Geyikdere'den alınan zeolit içeren tüflerin makro görünümleri.



Şekil 5. Çalışma alanındaki zeolitik tüflerin ince kesit fotoğrafları (1. nikol), volkan camı kıymıkları (beyaz oklar) (a) Tepeköy, b) İnebeyli, c) Havuzdere, e) Geyikdere. İnce taneli volkan camı matrisi içerisinde, tipik olarak sivri uçlu-köşeli volkan camı kıymıkları a, b, c, d.



Şekil 6. Çalışma alanından derlenen zeolitik tüflerin X-Ray difraktogramları (a) Tepeköy, b) İnebeyli, c) Havuzdere, e) Geyikdere).



Şekil 7. Çalışma alanındaki zeolitik tüflerin SEM ve EDS (noktasal ve alansal) görüntüleri: a) Tepeköy b) İnebeyli köyü, c) Havuzdere köyü, d) Geyikdere.

Tartışma ve Sonuç

Çalışma alanındaki zeolit oluşumlarından İnebeyli ve Tepeköy zeolit oluşumları, Alt-Orta Eosen yaşlı Taşlıtepe formasyonuna ait tüfler içerisinde yer almaktadır. Geyikdere zeolit oluşumları Orta-Üst Eosen yaşlı Kaytazdere Formasyonuna ait Geyikdere tuf üyesinde, Havuzdere zeolit oluşumları ise Kaytazdere Formasyonuna ait Tavşanlı Tuf üyesi içinde yer almaktadır. Çalışma alanındaki zeolitler, vitrit tüflerde volkan camı kıymıklarının devitrifikasyonu sonucu oluşmuşlardır. Yapılan XRD ve SEM-EDS analizlerine göre Tepeköy, İnebeyli, Havuzdere tüflerinde zeolit minerali klinoptilolit minerali iken, Geyikdere zeolit oluşumlarında ise höylandit minerali olduğu belirlenmiştir. SEM gözlemlerine göre klinoptilolit ve höylandit hipidiyomorf-allotriyomorf olarak oluşmuşlardır, volkanik cam kıymıklarının yerini almışlardır ve yer yer açık boşluk gözeneklerine doğru büyümüşlerdir, yer yer de tuf matriksinde ince taneli kül partiküllerinin yerini almışlardır. Yan kayacın kimyasal bileşimi, oluşan zeolit türünü belirlemede önemlidir [9]. Yüksek-silika zeolitleri mordenit, klinoptilolit ve höylandit gibi zeolit mineralleri asidik kayalarla ilişkilidir. Çalışma alanındaki zeolitlerin oluştuğu kayalar, petrografik çalışmalara ve [55]'a göre riyolitik ve riyodasit özellik gösteren asidik karakterli tüflerdir. Alt-Orta Eosen yaşlı Taşağıl, Taşlıtepe, Kaytazdere Formasyonlarının litolojileri ve kapsadığı fosiller, bu birimlerin zaman zaman derinleşen, genellikle sığ denizel ortamı belirtmektedir [55]. Volkanik tüflerin ve aglomeraların bulunuşu, bu devrede volkanik faaliyetlerin zaman zaman egemen olduğunu göstermektedir. Ayrıca bölge Üst Eosenden sonra Oligosende kara haline gelmiştir [55]. Dolayısı ile bu zeolitik tüflerin 'Kıyıda veya derin denizel ortamda volkanik malzemenin birikip deniz suyu ile reaksiyonu sonucu oluşan yataklar sınıfına' girdiğini söyleyebiliriz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması belirtilmemiştir.

Teşekkür

Bu çalışma kapsamında, İnce kesitlerin yapımı için Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, İnce kesit laboratuvarı çalışanlarına, SEM + EDS çalışmalarını için Ufuk Kibara teşekkür ederiz.

Etik Standartlar Beyanı:

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

Kaynakça

- [1] E. Yiğitbaş, A. Elmas, and, Y. Yılmaz, "Pre-Cenozoic tectono-stratigraphic components of the Western Pontides and their geological evolution", *Geological Journal*, vol.34, pp.55-74. 1999.
- [2] A. Elmas and E. Yiğitbaş, "Ophiolite Emplacement by Strike-Slip tectonics between The Pontide Zone and the Sakarya Zone in Northwestern Anatolia in Turkey", *Int J Earth Sciences*, vol. 90, pp.257-269, 2001.
- [3] A. Elmas, "Late Cenozoic, tectonics and stratigraphy of northwestern Anatolia: the effects of the North Anatolian Fault to the region", *Int J Earth Sci*, vol.92, pp.380-396, 2003.
- [4] E. Yiğitbaş, A. Elmas, A. Sefunç, and A. Özer, "Major Neotectonic features of eastern Marmara region, Turkey: development of the Adapazarı– Karasu Corridor and its tectonic significance", *Geological Journal*, vol.39, pp.179-198, 2004b.
- [5] Ö. Emre, T.Y. Duman, S. Özalp, H. Elmacı, S. Olgun, and F. Şaroğlu, "Active fault map of Turkey with an explanatory text 1:1,250,000 scale" *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series*, vol.30, 2013.
- [6] M.D. Cambaz and H. Karabulut, "Love-wave group velocity maps of Turkey and surrounding regions", *Geophysical Journal International*, vol.181, pp. 502-520, 2010.
- [7] A. Hall, "Zeolitization of volcanoclastic sediments: the role of temperature and pH", *Journal of Sedimentary Research*, vol. 68, pp.739–745, 1998.
- [8] D.L. Bish and J.Boak, "Clinoptilolite-Heulandite Nomenclature. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*", vol. 45 (1), pp. 207-216, 2001.
- [9] A. Iijima, "Geology of natural zeolites and zeolitic rocks", *Pure and Applied Chemistry*, vol.52, pp. 2115–2130, 1980
- [10] R.L. Hay, R.A. Sheppard, "Occurrence of zeolites in sedimentary rocks: an overview. Pp. 217234 in: *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Applications* (D. Bish and D. Ming, editors)", *Reviews in Mineralogy*, 45, *Mineralogical Society of America*, Washington, 2001.
- [11] S. Ogihara, "Composition of clinoptilolite formed from volcanic glass during burial diagenesis " *Clays and Clay Minerals*, vol. 48, pp.106-110, 2000.
- [12] A. Hall, "Zeolitization of volcanoclastic sediments: the role of temperature and pH ", *Journal of Sedimentary Research*, vol. 68, pp. 739–745, 1998.
- [13] R.L. Hay, and R.A. Sheppard, "Zeolites in open hydrologic system, pp.93-102 in: *Mineralogy and Geology of Natural Zeolites* (F.A. Mumpton, editör) " *Mineralogical Society of America*, Washington, D.C., 1981.

- [14] R.A. Sheppard, "Zeolites in sedimentary rocks" *U.S. Geological Survey Professional Paper*, vol. 820, pp. 689-695, 1973.
- [15] G.R.Mas, L. Bengochea, and L.C. Mas, "Hydrothermal alteration at El Humazo Geothermal area, Domuyo Volcano, Argentina", *Proceedings of the World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan*, pp. 1413-1418, 2000.
- [16] M.N. Gündoğdu, Ö .Tenekeci, F. Öner, A. Dündar, S. Kayakıran, "Clay mineralogy of Beypazarı Trona deposits: Preliminary results" pp. 141-143 in: *Proceedings of the 2nd Turkish National Clay Symposium. Hacettepe University, Ankara, Turkey*, 1985.
- [17] C.Helvacı, U.İnci, F.Yağmurlu, H.Yılmaz, "Batı Anadolu'nun Neojen Stratigrafisi ve Ekonomik Potansiyeli" *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, vol.3, pp. 31-45, 1987.
- [18] H.H. Schmitz, "Ölschiefer des Miozäns in der Türkei-eine außergewöhnliche Genese in Zentralanatolien" *Geologisches Jahrbuch*, vol. A127, pp.365-390, 1991
- [19] H. Yalcın, A.I. Karayığit, E. Cicioğlu, and G. Gümüşer, "Relationship between clay mineralogy and whole rock geochemistry of Sorgun (Yozgat) Eocene Coal Basin, Central Anatolia, Turkey", pp. 15 -24 in: *Proceedings of the 8th National Clay Symposium, Kütahya, Turkey*, 1997.
- [20] A. Temel, and M.N. Gündoğdu, "Zeolite occurrences and the erionite-mesothelioma relationship in Cappadocia, Central Anatolia, Turkey", *Mineralium Deposita*, vol.31, pp. 539-547, 1996.
- [21] H.Yalçın, "Kırka (Eskişehir) yöresi volkano-sedimentar oluşumlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi", PhD thesis, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 209 pp, 1988.
- [22] H.Yalçın, and M.N. Gündoğdu, "Emet gölsel Neojen baseninin kil mineralojisi II. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri", M.N. Gündoğdu., H. Aksoy (eds.), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, pp. 155-170, 1985.
- [23] H.Yalçın, and M.N. Gündoğdu, "Neojen yaşlı Emet gölsel volkanosedimenter baseninin mineralojik-petrografik incelenmesi: Neoformasyon minerallerinin oluşumu ve dağılımı"e *Yerbilimleri*, vol.14, pp. 45-61, 1987.
- [24] F. Esenli, B.Uz, and I.Kumbasar, "Mordenite type zeolite occurrence in the Upper Cretaceous volcanics of Şile region, İstanbul-Turkey" *Geological Bulletin of Turkey*, vol. 40, pp. 43-49, 1997.
- [25] M.N. Gündoğdu, "Bigadiç, gölsel baseninin jeolojisi", *Yerbilimleri*, vol. 11, pp. 91 -104, 1984.
- [26] A.Sirkecioğlu, F.Esenli, I.Kumbasar, R.H. Eren, and E.A. Şenatarlar, "Mineralogical and chemical properties of Bigadiç, clinoptilolite", pp. 291-302 in: *International Earth Sciences Congress on Aegean Regions (IESCA 1990) V I (M.Y. Savaşçın and A.H. Eronat, editors)*, 1990.
- [27] M.N.Gündoğdu, C.Bonnot-Coutois, and N. Clauer, "Isotopic and chemical signatures of sedimentary smectite and diagenetic clinoptilolite of lacustrine Neogene basin near Bigadic", Western Turkey. *Applied Geochemistry*, vol. 4, pp. 635 644,1989.
- [28] F. Esenli, and I.Özpeker, "Zeolitic diagenesis of Neogene basin and the mineralogy of Heulandite-Clinoptilolite around Gördes", *Geological Bulletin of Turkey*, vol.8, pp.1 -18, 1993.
- [29] F.Esenli, "The chemical changes during zeolitization (Heulandite-Clinoptilolite type) of the acidic tuffs in the Gördes Neogene Basin" *Geological Bulletin of Turkey*, vol.6, pp. 37-44, 1993.
- [30] A. Baykal, "Güneşli (Gördes) zeolitli Neojen serilerinin kil mineralojisi", pp. 141 -143 in: *VII Ulusal Kil Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Turkey*, 1995.
- [31] A. Vural, and M. Albayrak, "Gördes ve Çevresi zeolitlerinin mineralojisi", pp. 140-141, 58. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiriler Kitabı, Ankara*, 2005.
- [32] A. Vural, and M. Albayrak, "Geochemical and mineralogical properties of zeolites from Gördes Manisa and Its near vicinity", pp. 2390-2398, 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2016), Saray Bosna, Bosna Hersek, 2016.
- [33] A. Vural, and M. Albayrak, "Evaluation of Gördes zeolites in terms of mineralogical, geochemical and environmental effects", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, vol. 9(2), pp. 1503 -1520, 2020.
- [35] S. İçöz, and A.Türkmenoğlu, "Mineralogical, petrographical and geochemical investigation of Eocene-Oligocene clastics from Keşan region, related to their origins", Thrace, pp. 37-49 in: *Proceedings of the VIII National Clay Symposium, Kütahya, Turkey*, 1997.
- [36] H. Kaçmaz and U. Köktürk, "Geochemistry and mineralogy of zeolitic tuffs from the Alaçati (Çeşme) area, Turkey", *Clay and Clay Minerals*, vol. 52, No.6, pp.705-713, 2004.
- [37] F. Öner, M. Albayrak, "Batı Anadolu, Trakya Kapadokya Yöresi Zeolitleri Mineralojik Veri Kitabı", *MTA Raporu No: 2008*, pp. 204s, 2007.
- [38] E. Yiğitbaş, A. Elmas, and Y.Yılmaz, "Pre-Cenozoictectono-Stratigraphic Components of The Western Pontides And Their Geological Evolution", *Geological Journal*, vol. 34, pp. 55-74, 1999.
- [39] A.Elmas, E. Yiğitbaş, "Comment on "Tectonic evolution of the Intra-Pontide suture zone in the Armutlu Peninsula, NW Turkey" by Robertson and Ustaömer. Discussion". *Tectonophysics*, vol. 405, pp. 213-221. 2005, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.05.007>.
- [40] S. A. Adamia, M. B. Lordkipanidze, and G. S. Zakariadze, "Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus", *Tectonophysics*, vol. 40, pp.183-189, 1977.
- [41] A. H. F. Robertson, and J. E. Dixon, "Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: J.E. Dixon, & A.H.F. Robertson, (Eds.) *The Geological evolution of the Eastern Mediterranean*",

- Geological Society, London, Special publications, vol. 17, pp. 1-74, 1984
- [42] J. Dercourt, L. P. Zonenshain, L. E. Ricou, V.G.Kazmin, X.Le Pichon, A. L.Knipper, C. Grandjacquet, I. M. Sbertshikov, V.Geyssant, C.Lapurier, D. H Perhersky, J.Boulin, J. C.Sibuet, L. A.Savostin, O. Sorokhtin, M.Westphall, M. L.Bazhenov, J. P. Lauer, B.Biju-Duval, "Geological Evolution of the Tethys Belt from the Atlantic to the Pamirs since the Liassic", *Tectonophysics*, vol.123, pp.241-315, 1986.
- [43] T. Ustaömer, and A. H. F. Robertson, "Tectonic-sedimentary evolution of the north Tethyan margin in the Central Pontides of northern Turkey", In: A.G. Robinson (Ed), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region* (pp. 255-290). *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, vol. 68, 1997.
- [44] T. Ustaömer, and A.H.F. Robertson, "Geochemical evidence used to test alternative plate tectonic models for the pre-Upper Jurassic (Palaeotethyan) units in the Central Pontides, N. Turkey", *Geological Journal*, vol. 34, pp. 25-53, 1999.
- [45] G. M. Stampfli, "Tethyan oceans. In E. Bozkurt, J. A. Winchester, J. D. A. & Piper (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*" (pp. 163–185). Geological Society, London, Special Publications, vol.173, 2000.
- [46] A.Ü. Okay, "Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau? In: BOZKURT, E., WINCHESTER, J.A. & PIPER, J.A.D. (eds), *Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area*", *Geological Society*, London, Special Publications vol. 173, pp. 25-41, 2000.
- [47] M. Akartuna, "Armutlu Yarımadasının Jeolojisi, Armutlu Yarımadasının Jeolojisi", *İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Monografileri*, vol. 20, pp.105, 1968.
- [48] A.H.F. Robertson, and T. Ustaömer, "Tectonic evolution of the Intra-Pontide suture zone in the Armutlu Peninsula, NW Turkey", *Tectonophysics*, vol. 381, pp.175-209, 2004
- [49] A. Elmas and E.Yiğitbaş, "Ophiolite emplacement by strike-slip tectonics between the Pontide Zone and the Sakarya Zone in northwestern Anatolia, Turkey", *International Journal of Earth Sciences*, vol.90, no:2, pp. 257-269, 2001.
- [50] A. M. C. Şengör and Y. Yılmaz, "Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach", *Tectonophysics*, vol. 75, pp. 181-241. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(81\)90275-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90275-4), 1981.
- [51] S.Bargu and M.Sakıncı, "Armutlu Yarımadasında Karamürsel ile İznik gölü arasındaki kesimin doğal agrega potansiyelinin araştırılması ve değerlendirilmesi", Tübitak, TBAG-587, Ankara, 2006s, 1984.
- [52] MC. Göncüoğlu, V. Toprak, A. Erler, and İ.Kuşçu, "Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim", *TPAO Rapor No. 2909*. 176s, 1991.
- [53] F.Z. Özgür, "Armutlu yarımadası zeolitli tüflerinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi" İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2005s, 2005.
- [54] S. Bargu, and M. Sakıncı, "İzmit Körfezi ile İznik Gölü Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Yapısal Özellikleri" *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi*, vol. 6, No.1-2, pp. 45-76, 1989/1990
- [55] R.Schmid, "Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic deposits and Fragments", *Geol Rundschau*, pp 794-799, 1981.