T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇARIKSARAYLAR İLE KOZLUÇAY (ŞARKÎKARAAĞAÇ-ISPARTA) ARASINDAKİ BOKSİTLERİN NTE'LERİ VE OLUŞUM ŞARTLARI

Yeşim BOZKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KONYA, 2007

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇARIKSARAYLAR İLE KOZLUÇAY (ŞARKÎKARAAĞAÇ-ISPARTA) ARASINDAKİ BOKSİTLERİN NTE'LERİ VE OLUŞUM ŞARTLARI

Yeşim BOZKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 23.07.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/ oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet AYHAN	**Yrd. Doç. Dr. M. Muzaffer KARADAĞ**	**Yrd. Doç. Dr. Fetullah ARIK**
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇARIKSARAYLAR İLE KOZLUÇAY (ŞARKÎKARAAĞAÇ-ISPARTA) ARASINDAKİ BOKSİTLERİN NTE'LERİ VE OLUŞUM ŞARTLARI

Yeşim BOZKIR

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet AYHAN

2007, 105 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Ahmet AYHAN

Yrd. Doç. Dr. M. Muzaffer KARADAĞ

Yrd. Doç. Dr. Fetullah ARIK

Sultandağları'nın güneydoğusunda yer alan inceleme alanı, Isparta İli'nin 50 km kuzeydoğusunda olup, yaklaşık olarak 80 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır.

Yörede, Kambriyen-Miyosen zaman aralığında oluşmuş mağmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçlar yüzeylemektedir. Kristalize dolomitler, yumrulu kireçtaşları, dolomitik kireçtaşları ve dolomitler ile temsil edilen Alt-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe Formasyonu inceleme alanının tabanını oluşturmaktadır. Bu birim üzerine, metakumtaşı ve kuvarsit ara seviyeli metapelitik kayaçlardan oluşan Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı Seydişehir Formasyonu gelmektedir. Dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşan Üst Jura yaşlı Mezardere formasyonu altta bulunan metamorfik temele ait kayaçları açısal uyumsuzlukla örtmektedir. Bu birim, volkanitler ile bu volkanitlere ait ayrışma ürünlerini oluşturan saprolit ve boksit zonlarını da kapsayan Üst Jura yaşlı İslikayatepe volkanitleri tarafından boşluklu bir uyumsuzlukla takip edilmektedir. Yer yer dolomitik seviyeler de içeren açık gri ve gri renkli kireçtaşlarından oluşan Üst Jura (Titoniyen) – Üst Kretase (Koniasiyen- Senomaniyen) yaşlı Aktaşsırtı formasyonu, İslikayatepe volkanitleri üzerine transgresif olarak gelmektedir. Tüm bu birimleri, kırmızımsı-sarımsı, krem ve turuncu renklerde, kötü boylanmalı çakıltaşı, çamurtaşı, kiltaşı ve kumtaşı ile

kumlu kireçtaşı ara katkılardan oluşan Miyosen yaşlı Bağkonak formasyonu ve Kuvaterner-güncel yaşlı alüvyonlar açısal uyumsuzluklarla örtmektedir.

Varistik ve Alpin orojenezlerinden etkilenen yöre, önce kıvrımlanmış, ardından hafif bir metamorfizma geçirmiş ve nihayet, bindirme tektoniği etkisinde kalmıştır. Yöre bugünkü morfolojisini Alpin orojenezine bağlı neotektonik hareketlerle oluşan blok faylanmalar ve erozyon sürecine karşı farklı direnç gösteren litolojiler sayesinde kazanmıştır.

İslikayatepe volkanitleri içerisinde 2 veya 3 otokton boksit seviyesi bulunmaktadır. Genellikle KB-GD doğrultulu olarak uzanan başlıca boksit zuhurları; Kışla Tepe, Muratbağı, İslikaya Tepe, Ortataş Tepe, Üçkardeşler Tepe, Hatıbınağıl Tepe ve Kızıl Tepe civarlarında gözlenmektedir. Bunlardan Muratbağı, Üçkardeşler - Hatıbınağıl Tepe ve Kışla Tepe zuhurları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Boksitlerin mineralojik bileşiminde; diyaspor, hematit, böhmit, kaolinit, saponit, nontronit ve anataz bulunmaktadır. Bölgedeki boksit numunelerinin kimyasal analizlerinde ortalama Al_2O_3 % 46.88, Fe_2O_3 % 26.06, SiO_2 % 8.08, TiO_2 % 5.35, MgO % 0.62 ve CaO % 0.85, toplam nadir toprak elementleri (TNTE) ise 109.86 ppm'dir. Ce, 34.06 ppm ortalama ile en çok bulunan NTE olup, bunu 39.34 ppm ile Y, 26.08 ppm ile La ve 21.23 ppm ile Nd izlemektedir. Hafif Nadir Toprak Elementleri (HNTE)/(La-Sm) ise Ağır Nadir Toprak Elementleri (ANTE)/(Gd-Lu)'nin yaklaşık 5 katı kadardır.

Boksitler içerisindeki HNTE ($(La/Sm)_N$=4.84) zenginleşmesi, ANTE'ye ($(Gd/Yb)_N$= 2.66) oranla daha fazladır ($(La/Lu)_N$=20.51). Kondritlere göre normalize edilen boksitlerin NTE değerleri, ortalama 33.65 kat zenginleşmiştir.

İncelenen boksitler; kondritlere göre yaklaşık 25, tüm dünyaya göre 17, primitif mantoya göre 11, peridotite göre 8.5 ve okyanus ortası sırtı bazaltına (MORB) göre yaklaşık 2 kat daha fazla NTE içermektedir.

Boksitler içerisindeki NTE, Sc ve Y atom yarıçapı benzeyen Al, Fe ve Ti ile birlikte yerinde kalarak nisbi bir zenginleşme göstermiştir. Yarı ayrışmış volkanitlerdeki 177.69 ppm NTE miktarı, boksitlere dönüşümde 109.86 ppm'e düşmüştür. Bu durum, Fe ve Al miktarlarının artışına bağlı olarak NTE'lerin kısmen azaldığını göstermektedir.

Boksitler, mevcut bileşimlerine göre; "lateritik demirli boksit", doğrudan ana kayacın üzerinde oluşması nedeniyle de "otokton boksit" grubuna dahildir. Boksitlerin ana kayaç (volkanit) üzerinde ve çoğunlukla ona uyumlu olarak uzanması; lateritleşme süreci sırasında morfolojinin düz olduğuna işaret etmektedir. Lateritik boksitlerin gelişimi, Geç Jura'nın tropik iklim şartlarında gerçekleşmiştir. Aynı dönemde ortamın yükselerek karasallaşması ve İslikayatepe volkanitlerinin çoğunlukla karasal volkanizma özelliklerine sahip olması, bu kayaçların volkanizmanın duraksadığı dönemde lateritik ayrışmaya uğradığını göstermektedir. Zuhurlar, oluşum sonrasında çok sayıdaki doğrultu ve eğim atımlı faylardan etkilenmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Nadir Toprak Elementleri (NTE), volkanit, laterit, demirli boksit, otokton boksit, Şarkikararağaç.

ABSTRACT

Master's Thesis

REE AND FORMATION CONDITIONS OF BAUXITES BETWEEN ÇARIKSARAYLAR AND KOZLUÇAY (ŞARKÎKARAAĞAÇ-ISPARTA)

Yeşim BOZKIR

Selcuk University

Graduate School of Naturel Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet AYHAN

2007, 105 p.

Jury: Prof. Dr. Ahmet AYHAN

Ass. Prof. Dr. M. Muzaffer KARADAĞ

Ass. Prof. Dr. Fetullah ARIK

The study area is located at southeastern part of Sultandağları, which includes outcrops of magmatic, metamorphic and sedimantary rocks from Cambrian to Miocene and, is about 50 km to the northeast of Isparta and, covers an area of 80 km^2.

Based on lithologic and chronostratigraphic characteristics, seven formations were identified. These are: The Çaltepe Formation (Lower to Middle Cambrian in age and crystallized dolomites, nodular limestone, dolomitic limestones, dolomites in lithology); The Seydişehir Formation (Upper Cambrian to Lower Ordovician in age and metasandstone, quartzite in lithology); The Mezardere formation (Upper Jurassic in age and dolomites, dolomitic limestones and limestones in lithology); The İslikayatepe volcanites (Upper Jurassic in age and volcanites, partly weathered volcanites and bauxites in lithology); The Aktaşsırtı limestones (Upper Jurassic to Upper Cretaceous in age and limestone including dolomitic levels in lithology); The Bağkonak formation (Miocene in age and conglomerate, sandstone, mudstone, and claystone in lithology) and alluvium.

The study area was subjected to the Varistic and Alpine orogenic activities, first was folded, then, undergone slight metamorphism and finally influenced by tectonism. The studied area gained its present morphology by block faultings through

neotectonic movements related with the Alpine orogeny and by lithologies having different resistance the weathering processes.

There are 2 or 3 autochthonous bauxite levels within the İslikayatepe volcanites. These lateritic bauxite occurrences aligned generally in NW-SE direction were observed around Kışla Tepe, Muratbağı, İslikaya Tepe, Ortataş Tepe, Üçkardeşler Tepe, Hatıbınağıl Tepe ve Kızıl Tepe. In this study, 3 of them (Muratbağı, Üçkardeşler-Hatıbınağıl Tepe ve Kışla Tepe) were investigated in detail.

The mineralogical composition of bauxites is represented by diaspore, hematite, bohmite, kaolinite, saponite, nontronite and anatase. The results of chemical analysis of bauxite samples in average are as follow; Al_2O_3 % 46.88, Fe_2O_3 % 26.06, SiO_2 % 8.08, TiO_2 % 5.35, MgO % 0.62 ve CaO % 0.85, total REE 109.86 ppm. Ce which is the most abundant element in REE with an average 34.06 ppm, is followed by Y (39.34 ppm), La (26.08 ppm) and Nd (21.23 ppm). Light rare earth elements (LREE) (La-Sm) were enriched five times as much as heavy rare earth elements (HREE) (Gd-Lu).

The enrichment ratio of LREE ($(La/Sm)_N$=4.84) is higher than this of HREE ($(Gd/Yb)_N$= 2.66). REE values of chondrite normalized bauxites are enriched 33.65 times in average.

The bauxites in the study area comprises REE 25 times as high as these in chondrites, 17 times as high as these in the world, 11 times as much as these in primitive mantle, 8.5 times as high as these in peridodites, and 2 times as high as these in Middle Ocean Ridge Basalts (MORB).

REE in bauxites was relatively enriched by staying in-situ with Al, Fe and Ti, which have similar atomic radius, 177.69 ppm REE content of partly weathered volcanites dropped to 109.86 ppm in bauxite transition. This indicates that the amount of REE was partialy decreased depending on increases in Fe and Al elements.

Bauxites were classified as “autochthonaus lateritic ferruginous bauxites” according to their present composition and geological settings.

Having laid on source rock (volcanites) and being comfortable with it point that the morphology was flate during laterization processes. The formation of lateritic bauxite took place under tropical climatic condition of the Late Jurassic time. At the same time the area was raised and became terrestrial. The İslikayatepe volcanites mainly show characteristics of terrestrial volcanism. All of these implies that the volcanic rock were subjected to the laterization when the volcanic activities were siezed. Bauxite occurences were affected by many normal and strike faults.

Key Words: Rare Earth Elements (REE), volcanite, laterite, ferruginous bauxite, autochthonaus bauxite, Şarkikaraağaç.

ÖNSÖZ

Bu çalışma haricinde de olduğu gibi bu çalışmanın yapılmasında da benden desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet AYHAN'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada başlangıçtan itibaren arazi çalışmaları dahil maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, beni değerli bilgilerinden mahrum bırakmayan saygıdeğer hocalarım, Sn. Yrd. Doç. Dr. M. Muzaffer KARADAĞ, Yrd. Doç. Dr. Fetullah ARIK ve Arş. Gör. Alican ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Tezin hazırlanması sırasında değerli bilgilerinden yararlandığım Sn. Prof. Dr. Füsun ALKAYA, Prof. Dr. Hükmü ORHAN, Yrd. Doç. Dr. Şuayip KÜPELİ, Yrd. Doç. Dr. Kerim KOÇAK, Öğr. Gör. Dr. Gürsel KANSUN, Arş. Gör. Dr. Arif DELİ, Arş. Gör. Salih DİNÇ ve Arş. Gör. Kürşad ASAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca benden öğrenim hayatım süresince olduğu gibi akademik yaşamım boyunca da manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sn. Doç. Dr. Yaşar EREN'e de teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım esnasında değerli katkılarını gördüğüm Çarıksaraylar Belediyesi'ne, Şarkîkaraağaç Milli Eğitim Müdürlüğü ve Jandarma Komutanlığı'na da şükran ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiren aileme ve babaanneme de teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ v
İÇİNDEKİLER vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Amaç 1
1.2. Materyal ve Yöntem 1
1.3. Coğrafik Özellikler 2
1.4. Önceki Çalışmalar 3
2. GENEL JEOLOJİ 6
2.1. Stratigrafi 6
2.1.1. Çaltepe Formasyonu ($Є_ç$) 6
2.1.2. Seydişehir Formasyonu (ЄOs) 9
2.1.3. Mezardere formasyonu (Jm) 13
2.1.4. İslikayatepe volkanitleri (Ji) 14
2.1.5. Aktaşsırtı kireçtaşları (JKa) 19
2.1.6. Bağkonak formasyonu (Nb) 21
2.1.7. Alüvyon (Qal) 23
2.2. Yapısal Jeoloji 23
2.2.1. Uyumsuzluklar 24
2.2.2. Kıvrımlar 24
2.2.3. Faylar ve bindirmeler 25
2.3. Jeoloji Evrimi 25
3. BOKSİT YATAKLARI 27
3.1. Boksitin Tarihçesi, Önemi ve Türkiye'deki Dağılımı 27
3.2. İnceleme Alanındaki Otokton Lateritik Boksitlerin Konumu 28
3.2.1. Muratbağı boksit zuhuru 32
3.2.2. Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe boksit zuhuru 34
3.2.3. Kışla Tepe boksit zuhuru 35
4. JEOKİMYA 39
4.1. Numune Alım, Analiz ve Jeoistatistiksel Değerlendirme Yöntemleri 39
4.2. Yankayaç Jeokimyası 40
4.2.1. Kireçtaşları 40
4.2.2. Volkanitler 51
4.2.3. Yarı ayrışmış volkanitler 61
4.3. Boksit Jeokimyası 70
5. BOKSİTLERİN OLUŞUMU VE KÖKENİ 89
6. SONUÇLAR 94
KAYNAKLAR 97

1. GİRİŞ

1.1. Amaç

Son yıllarda Toroslar'ın gerek jeolojik, gerekse ekonomik yönden önem kazanması; bu tektonik kuşağa olan ilgiyi artırmış ve yıllardan beri geniş çaplı araştırmalara konu olmuş, bugün de konu olmaya devam etmektedir.

Bu çalışmada; Çarıksaraylar ile Kozluçay Kasabaları arasındaki bölgeden derlenen jeolojik ve ekonomik öneme sahip boksit numunelerinin hem jeokimyasal özellikleri ile oluşum şartlarının açığa çıkarılması hem de nadir toprak element potansiyellerinin varlığı ve miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Materyal ve Yöntem

"Çarıksaraylar ile Kozluçay (Şarkîkaraağaç-Isparta) arasındaki boksitlerin Nadir Toprak Elementleri (NTE) ve oluşum şartları" konulu bu çalışma; Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

İnceleme alanı, Afyon L26-c1, L26-c2 ve L26-c3 paftaları içinde kalan yaklaşık 80 km^2 lik alanı içermektedir. Bölgenin litostratigrafi esaslarına göre birimleri ayırtlanmış ve 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, önceki çalışmalara ait jeolojik harita temel alınıp üzerinde değişiklikler yapılarak hazırlanmıştır.

Saha çalışmaları, 2006 yılı yaz aylarında, harita ve laboratuvar çalışmaları için gerekli numune alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında başta boksitler olmak üzere lateritlerden ve diğer birimlerden alınan 50 adet numune üç kısımda incelenmek üzere ayrılmıştır. Küçük parçalar haline getirilen numunelerden 30 gr alınıp, plastik poşetlere konulmuş, numaralandırılmış ve ICP-MS (çift iletimli plazma kütle spektrometrisi) ile ana oksit, iz element ve NTE tayini için ACME (Vancouver-Kanada) Laboratuvarlarına gönderilmiştir. Öğütücü ve havan kullanılıp toz haline getirilmiş ve yaklaşık 20 gr ve 200 mikronluk hazırlanmış numunelerin bir kısım XRD analizleri, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü laboratuvarlarında (SIEMENS DX-5000) ve bir kısmı da Seydişehir Alüminyum İşletmeleri Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılmıştır. Derlenen numunelerden Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,

Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında 25 adet petrografik ince kesit yapılarak polarizan mikroskobu ile incelenmiştir.

1.3. Coğrafik Özellikler

Sultandağları'nın batı kesiminde yer alan çalışma alanı, Isparta İli, Şarkikaraağaç ilçesine bağlı Çarıksaraylar ve Kozluçay kasabaları arasındadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı; Kozluçay, Dedeçam, Muratbağı ve Çarıksaraylar Kasabalarını içine alan yaklaşık 80 km^{2}'lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1.1. *İnceleme alanının yerbulduru haritası.*

Çalışma alanının en önemli yükseltileri; Kızıl Tepe (1577 m), Hatıbınağıl Tepe (1519 m), Üçkardeşler Tepe (1379 m), Çardakbayırı Tepe (1338 m), İslikaya Tepe (1628 m), Dikmen Tepe (1689,9 m), Kale Tepe (1567 m), Dikenlipınar Tepe (1644 m), Kışla Tepe (1318 m) ve Tilkiini Tepe (1445 m)'dir.

Çalışılan bölge içerisinde birçok kuru ve sulu dereye rastlanmaktadır. Bunlardan en önemlileri; Sugeçidi Dere, Mestançavuşun Dere, Kazıkboğazı Dere, Dereağzı Dere, Yukarıçamlıca Dere, Martlıca Dere, Kızılpınar Dere ve Soğukoluk Dere'dir. Alanda Dikenli Pınar, Darı Pınarı ve Ilıca Pınar olmak üzere üç adet kaynak mevcuttur. Bunların dışında Kazıkboğazı Dere üzerinde, sulama ve balıkçılık yapmak için kurulan bir de gölet bulunmaktadır.

Bodur ağaç korularına rastlanılan bölge, Orman Bakanlığı ağaçlandırma sahası içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı yakınındaki Kızıldağ Milli Parkı ise Türkiye'nin sayılı doğal harikalarından biri olup, oksijeni bol mavi sedir ağaçlarından oluşmaktadır.

Tarım ve hayvancılıkla uğraşan bölge halkı, yerleşim yerlerine yakın bölgelerde buğday, arpa, nohut, şekerpancarı, ayçiçeği, haşhaş üretimi yapmaktadır. Bölgede tarımın yanında büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığı da yaygındır.

Bölge, Akdeniz iklimi ile kara iklimi arasında, kara iklimine daha yakın bir iklim yapısına sahiptir. Yazları sıcak ve kurak; kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Bölge, bu iki iklim etkisinden dolayı, sürekli ve şiddetli rüzgârlara maruz kalmaktadır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Bilinen en eski çalışmalar, madenciler ve tabiat bilginleri tarafından gerçekleştirilmiştir (Penck, 1918). İlk bilgiler, yüzyılı aşkın bir geçmişe dayanmaktadır.

Bölgede maden yatakları açısından yapılan araştırmalarda; Çetin ve Bulur (1979) Yalvaç ile Şarkîkaraağaç arasındaki çalışmalarında, Üst Jura kireçtaşlarının örtüsü ve doleritlerin alterasyonu ile oluşan boksit cevherlerinin rezervini Al_2O_3 tenörüne göre iki gruba ayırmışlardır. Şarkîkaraağaç (Isparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve demirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumunu inceleyen Ayhan ve Karadağ (1985), yörede birbiriyle hiçbir kökensel ilişkisi olmayan ve farklı litolojik birimler içinde çökelen iki cevher kuşağını tanımlamışlar ve bunları allokton kökenli boksitli demir zuhurları ve otokton kökenli demirli boksit zuhurları olmak üzere ikiye ayırmışlardır.

Ayhan (1986) çalışma alanının güneyinde Şarkîkaraağaç (Isparta) – Hüyük (Konya) arasında yer alan Türkiye'nin en büyük barit yataklarını jeokimyasal ve kökensel açıdan ele almıştır. Cengiz ve Kuşçu (1993) Çarıksaraylar (Şarkîkaraağaç-Isparta) kuzeyini incelemişler; bölgede Paleozoyik yaşlı Sultandede formasyonunun temeli oluşturduğundan, dolerit ve lateritlerin Triyas ve Hacıalabaz formasyonunun ise Orta-Üst Jura olduğundan bahsetmişlerdir. Öncel (1995) Şarkîkaraağaç-Yalvaç (Isparta) arasının jeolojisi ve boksit zuhurlarının mineralojik, petrografik, jeokimyasal incelemesi adlı doktora çalışmasında; bu bölgedeki boksitlerin birbirlerini izleyen üç farklı dolerit seviyesi üzerinde yer aldıklarını; doleritlerle

ardalanmalı olarak bulunan bu otokton konumlu lateritlerin de; her dolerit geliminden sonra ortamda lateritleşme sonucu geliştiğini dile getirmiştir.

Ayhan (2000) Sultandağları bölgesindeki Hüyük (Konya) ve Şarkîkaraağaç (Isparta) arasındaki stratiform barit yataklarının detaylı jeolojik ve petrografik çalışmasını yaparak, baritlerin oluşum şartlarını açıklığa kavuşturmuştur. Elmas ve Suner (2006), Dinek (Şarkîkaraağaç-Isparta) ve çevresindeki barit cevherleşmelerini incelemiş ve cevherleşmenin Çaltepe kireçtaşları ile Sultandede Formasyonu'na ait Seydişehir metamorfik birimlerinin kalkşist, şist ve karbonatlı seviyelerinde oluştuğunu belirtmişlerdir. Yankayaçların litolojik, stratigrafik, petrografik ve tektonik özelliklerini irdeleyerek, cevherleşmenin genel olarak yankayaçlarla eş oluşumlu, stratigrafik kontrollü olduğunu savunmuşlardır.

Bölgedeki araştırmaların en önemli bölümünü stratigrafik ve tektonik amaçlı çalışmalar oluşturmaktadır. Bölgenin stratigrafisi ile ilgili olarak Abdüsselamoğlu (1958), bölgedeki Mesozoyik yaşlı birimleri tanımlayarak, bunların şistler üzerine diskordansla geldiğini ve Jura yaşlı olduğunu belirlemiş ve fosilli Üst Kretase'yi de ayırmıştır.

Bölgede modern anlamda ilk çalışmayı Haude (1972) yapmıştır. Yöredeki kayaçları Alt Paleozoyik, Üst Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik şeklinde dört yaş aralığına ayırmıştır. Ayrıca, temelin şist ve fillit gibi metamorfik kayalarla başladığını ileri sürmüştür. Desparies ve Gutnic (1972) yaptıkları incelemelerde, Batı Torosların iç kenarında, otokton konumlu karasal birimlerin yer aldığını belirterek bunları iki bölüme ayırmışlardır; bunlardan ilki Ordovisiyen yaşlı şistler üzerinde yer alan kırmızı kumtaşları, ikincisi ise Mesozoyik yaşlı kireçtaşları tabanında gözlenen diyabaz üzerinde bulunan kırmızı birimdir. "Torosların Bazı Temel Özellikleri" konulu bir araştırma yapan Özgül (1976), Sultandağları'nı Geyikdağı Birliği'ne dahil etmiştir.

Demirkol (1977), Akşehir-Yalvaç arasındaki kesimde yaptığı çalışmasında genel olarak allokton ve otokton birimlerin varlığından bahsedetmektedir. Demirkol (1981)'deki araştırmasında bölgedeki birimleri bu kez "otokton ve allokton birimler" olarak ikiye ayırmıştır. Bu yeni veriler ışığında; otokton birimleri şistler ile temsil edilen metamorfik Sultandede formasyonu ile başlatarak bunun üzerine Liyas-Dogger yaşlı Hacıalabaz kiraçtaşlarını diskordansla getirmiştir. Öztürk ve diğ. (1981) bölgenin Batı Toroslar ünitesinin bir parçası olduğunu kabul etmişlerdir. Ancak, temelde tespit ettikleri dayk ve sillerin ayrıcalığını ve Triyas yaşlı birimlerdeki farklı düşüncelerini dile getirmişlerdir.

Yöredeki tektonik yapılarla ilgili olarak da Eren (1987), Akşehir-Bağkonak (Yalvaç) arasındaki çalışmasında Sultandağları masifinin stratigrafisi ve mezoskopik tektoniğini inceleyerek, masifin, Alpin nap ve bindirme tektoniğinden nasıl etkilendiğini ve neotektonik işlevlerin sonuçlarını somut olarak aydınlatmıştır. Eren (1990), inceleme alanının Üst Miyosen ve sonrasında blok faylanmaların etkisinde kaldığını ve bu faylanmalar ile Sultandağları'nın KB-GD uzantılı bir horst yapısı kazandığını saptamış ve yörenin Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik zamanlardaki paleocoğrafik gelişimini, güncel jeotektonik kuramlar ışığında aydınlatmaya çalışmıştır.

2. GENEL JEOLOJİ

2.1. Stratigrafi

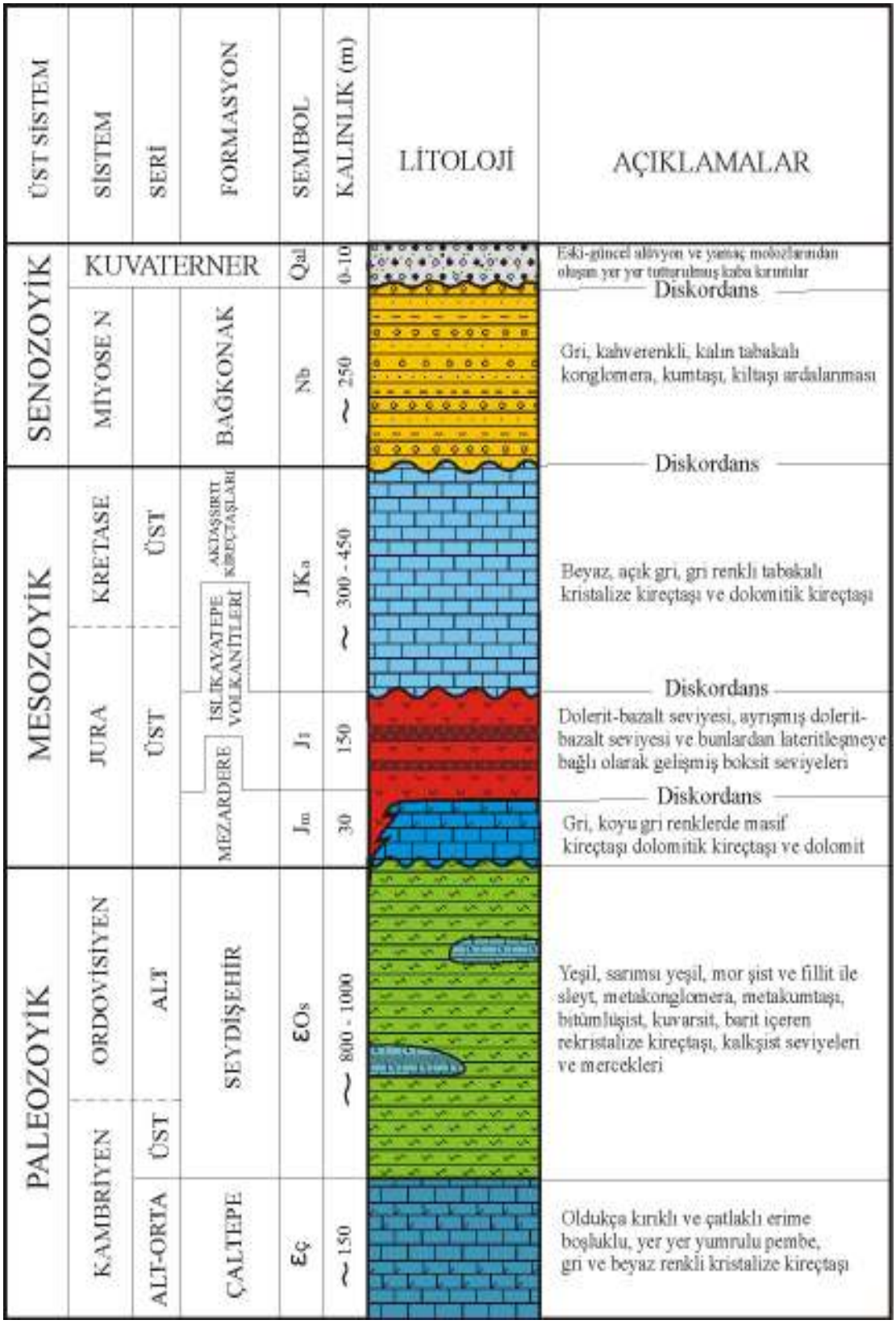
Kuzeybatı - Güneydoğu doğrultusunda uzanım gösteren Sultandağları; Torid ana tektonik birliği (Toridler) içinde yer almaktadır. Bu çalışmada stratigrafik olarak, Sultandağları'nın uzanımına paralel, Isparta İli'nin Şarkîkaraağaç ilçesine bağlı Çarıksaraylar ve Kozluçay arasının jeolojisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bölge; Toridler Ana Tektonik Birliği'ne bağlı Geyikdağı Birliği'ne dahil edilen Sultandağları'nın orta kesimini kapsamaktadır. Yöre, Bozkır Birliği'nin bir kısmını da içine almaktadır. Geyikdağı Birliği'ne ait birimler otokton özelliklidirler.

İnceleme alanının temelini; dolomit, kristalize kireçtaşı ve yumrulu kireçtaşları ile temsil edilen Alt-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe Formasyonu oluşturmaktadır (Şekil 2.1). Çalışma alanı içerisinde Çaltepe Formasyonu yer yer bindirmeli konumda görülmektedir. Çaltepe Formasyonu üzerine uyumlu olarak, şist, fillit, metakumtaşı, metakonglomera ve kristalize kireçtaşlarından oluşan Üst Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı Seydişehir Formasyonu ve onun üzerine ise açısal uyumsuzlukla Üst Jura yaşlı Mezardere formasyonu gelmektedir. Üst Jura yaşlı İslikayatepe volkanitleri, Mezardere formasyonu üzerinde yayılım göstermekte ve bunlar üzerinde ise açısal uyumsuzlukla Üst Jura (Titoniyen) - Üst Kretase yaşlı Aktaşsırtı kireçtaşları yer almaktadır. Aktaşsırtı kireçtaşları üzerine yine uyumsuzlukla Senozoyik'e ait konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kiltaşını içeren Bağkonak formasyonu gelmektedir. Tüm bu birimleri eski ve yeni alüvyonlar örtmektedir (EK-1).

2.1.1. Çaltepe Formasyonu ($Є_ç$)

Kristalize ve dolomitik kireçtaşları ile dolomitlerden oluşan Çaltepe Formasyonu, Dean ve Monod (1970) tarafından Seydişehir-Beyşehir arasındaki Çal Tepe referans alınarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da anılan adlama esas alınmıştır.

Birim, oldukça kırıklı ve çatlaklı; pembe, gri ve krem renkli, yer yer yumrulu, kristalize ve dolomitik kireçtaşları ile dolomitlerden oluşmaktadır (Şekil 2.2). Birime ait kireçtaşlarından yapılan ince kesitlerde; çoğunlukla sparit gözlenmiş ve kayaç, "kristalize kireçtaşı" olarak adlanmıştır. Bazı örneklerde ise, kayacın orijinalinin



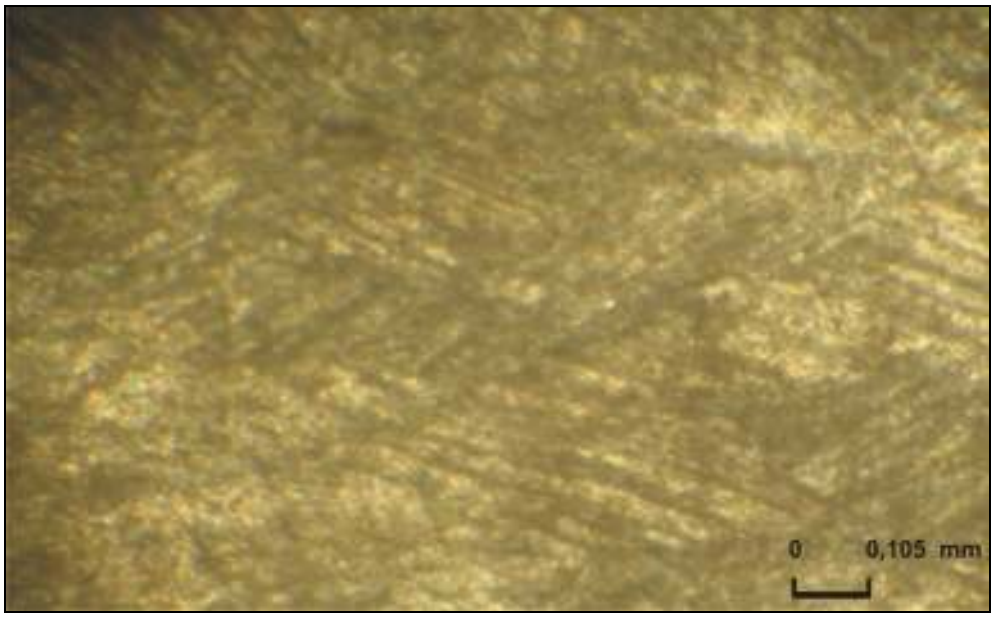
Şekil 2.1. *İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz).*

biyomikrit olduğu, rekristalizasyon geçirdiği görülmüş ve yer yer çatlakların ve fosillerin spari kalsitle dolduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.2. *Çaltepe Formasyonu'na ait gri renkli kristalize kireçtaşları (Yer: Kızıltepe güneyi).*

Birim tipik olarak, inceleme alanının kuzeydoğu kesiminde Kızıl Tepe'de ve Salamat Tepe doğusunda yüzeylemektedir (EK-1).



Şekil 2.3. *Çaltepe Formasyonu'na ait kristalize kireçtaşı (Yer: Kızıl Tepe güneyi; +N).*

Çaltepe Formasyonu, inceleme alanındaki birimlerin temelini oluşturmakta ve yaklaşık 100 m kalınlık sunmaktadır. İnceleme alanının temelini oluşturan birimin üst kesimi Seydişehir Formasyonu ile uyumludur. Ancak, birim, alan içerisinde Seydişehir Formasyonu üzerinde klipler şeklinde görülmektedir.

Birim, ilk olarak Blumenthal (1947) tarafından Seydişehir (Konya) civarındaki yüzleklerde incelenmiş ve Devoniyen yaşta varsayılmıştır. Ancak, Seydişehir ve Hadim (Konya) yöresindeki yüzlekleri inceleyen Dean ve Monod (1970), istifte buldukları trilobit ve graptolit fosillerine dayanarak yaşı, Alt-Orta Kambriyen olarak belirtmişlerdir. Yine, Dean ve Özgül (1973) ve (1977) tarafından, gerçekleştirilen ek bir çalışma ile Alt ve Orta Kambriyen'e ait bol miktarda trilobit cinsleri bulunmuştur. Birimin yaşı, bu çalışmada da Alt-Orta Kambriyen olarak alınmıştır.

Çaltepe Formasyonu, organizma hayatına elverişli sıcak, sığ ve berrak denizel bir ortamı temsil etmektedir (Öncel, 1995).

2.1.2. Seydişehir Formasyonu (ЄOs)

Genellikle metakumtaşı ve kuvarsit ara seviyeli ince taneli metakırıntılardan meydana gelen birim, ilk kez Blumenthal (1947) tarafından Seydişehir dolayında "Seydişehir Şistleri", daha sonra aynı yörede çalışan Dean ve Monod (1970) tarafından "Seydişehir Formasyonu" olarak, Demirkol (1977), birimi "Sultandede Formasyonu" olarak, Eren (1987) ise, çalışma alanına en uygun istiflenmenin Cankurtaran (Akşehir) köyü yakınlarında olduğunu iddia ederek birimi "Cankurtaran Formasyonu" olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada öncelik ilkesine dayanılarak Dean ve Monod tarafından yapılan adlama kabul edilmiş ve birim, Seydişehir Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Genellikle fillit, şist ve kristalize kireçtaşı merceklerinden oluşan ve de çalışma alanında çok geniş bir yayılıma sahip olan metakırıntılılar Seydişehir Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.4).

Seydişehir Formasyonu, çalışma alanında çok farklı litolojiler ile temsil edilmektedir. Birim, hakim olarak şist, fillit ve sleyt gibi kayaçları kapsamaktadır. Alt seviyelerde metakonglomera ve metakumtaşı, daha üst seviyelerde şist, kuvarsit, yumrulu ve rekristalize kireçtaşı ve kalkşist seviyeleri gözlenmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. *Seydişehir Formasyonu'na ait şist ve fillitlerden görülen kıvrımlar (Yer: Kazıkboğazı Dere batısı)*



Şekil 2.5. *Seydişehir Formasyonu'na ait kalkşistlerde görülen budinaj yapıları (Yer: Çarıksaraylar kuzeydoğusu).*

Formasyon tabandan tavana doğru; egemen olarak metasedimanter kayalardan ve rekristalize kireçtaşı ara katkılarından oluşmaktadır. Metasedimanter kayalar, pembemsi, morumsu, bejimsi, sarımsı, yeşilimsi ile koyu grimsi arasında değişen ince-düzgün yayılımlı sleyt ve şistlerden meydana gelmektedir. Ayrıca, yersel olarak formasyon içinde metakumtaşı, metaçakıltaşı, sarımsı bej renkli ve ince şistoziteli kalkşist ve pembemsi beyaz renkli kuvarsit ara düzeyleri de yer almaktadır

(Cengiz, 1991). Birim içinde ilksel konumlu barit, pirit, hematit, limonit ve kalsit seviyeleri, ikincil olarak metamorfizma ürünü süt kuvars damarları yaygın olarak yüzeylemektedir.

Altta Çaltepe Formasyonu ile uyumlu olarak bulunan birim, çevre kayaçlardan yumuşak morfolojisi, yeşil rengi ve üzerinde oluşan dentritik drenaj sistemi ile kolayca ayırt edilebilmektedir.

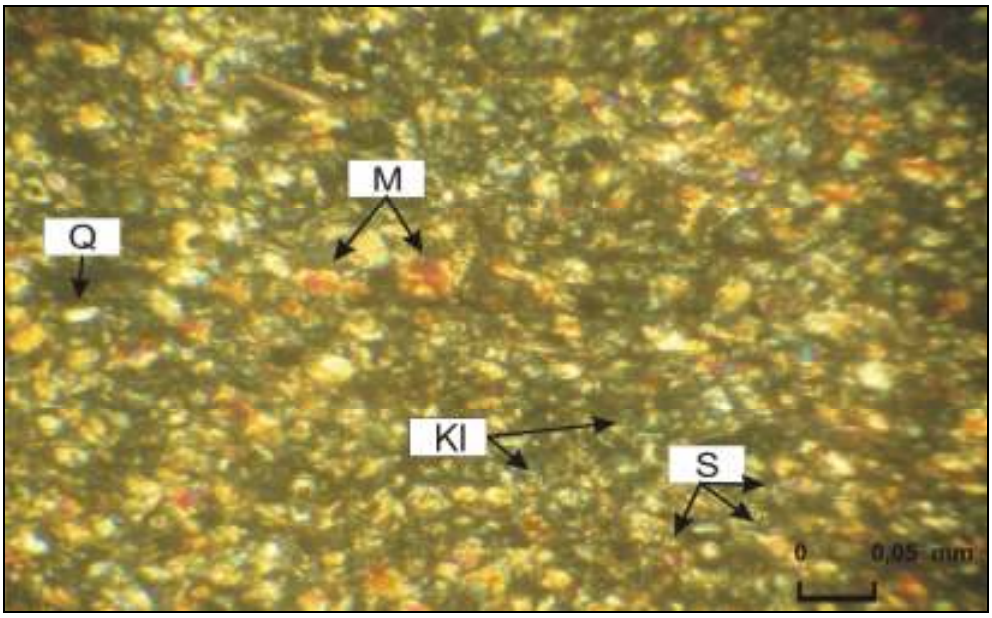
Seydişehir Formasyonu'na ait metakumtaşlarından ve metakarbonatlardan alınan örneklerden yapılan ince kesitlerde; metakumtaşlarında yaklaşık % 74 kuvars, % 15 klorit, % 7 serisit, % 3 muskovit ve % 1 opak mineral mevcuttur. Kayaç içerisinde yaygın olarak rastlanılan kuvars kristalleri iki farklı boyutta izlenmektedir (Şekil 2.6). Bunlardan kısmen iri olanları ksenomorf, ince-çok ince taneli olanları ise belirgin dalgalı sönmelidir. Bu ince taneler metamorfizma ile oluşmuşlardır. Daha büyük taneler ise köken kayaç olan kumtaşından kalma kuvarslardır.

Kayaç, serisit, klorit ve ince kuvarslardan oluşan bir hamur içerisinde nispeten iri taneli kuvarslardan yapılıdır. Bu özelliği ile kayaç, metakumtaşı olarak isimlendirilmişir. Kayaçta özellikle muskovit, serisit ve kloritin oluşturduğu nispeten belirgin bir yönlenme izlenmektedir (Şekil 2.6). Kayaç içerisindeki serisitler, pulsu özellikleri ile belirgindir. Kloritler çok düşük çift kırmalı ve soluk yeşil renkli olup, muhtemelen Mg-Klorit bileşimindedir.

Birim içerisindeki metakarbonatlar ise; yaklaşık % 99 karbonat ve % 1 kuvars mineralinden yapılıdır. Karbonatlara alizerin testi uygulanarak % 75 inin kalsit ve % 25'inin dolomit olduğu görülmüştür. Kalsitler, ksenoblast görünümleri ve çok yüksek çift kırmaları ile dolomitler ise nispeten belirgin romboeder görünümleri ile karakteristiktirler. Granoblastik dokunun hakim olduğu kayaç, "dolomitik kireçtaşı" olarak adlanmıştır.

Çalışma alanının kuzeydoğusundan başlayarak güneydoğusuna kadar uzanan alan içerisinde İkiz Tepe yamaçlarında, Yörükoğlu Tepe'de, Salamat Tepe'de, İslikaya Tepe'de ve Dikmen Tepe'de yaygın olarak görülmektedir (EK-1).

Seydişehir Formasyonu üzerine açısal diskordansla Mezardere formasyonu gelmektedir. Seydişehir Formasyonu'nun çok kıvrımlı olması, sağlıklı bir kalınlık ölçümüne imkân vermemiştir. Birimin kalınlığı ortalama 736 m hesaplanmıştır.



Şekil 2.6. *Seydişehir Formasyonu'na ait metakumtaşları içerisindeki Kuvars (Q), Muskovit (M), Serisit (S) ve Klorit (Kl) (Yer: Çarıksaraylar Kuzeydoğusu; +N).*

Bu çalışma esnasında birimden alınan örneklerin paleontolojik incelemeleri yapılmamıştır. Öncel (1995) yaptığı paleontolojik incelemelerde herhangi bir fosile rastlamamıştır. Fakat, Seydişehir yöresinde bu formasyona ait birimler içerisinde Dean ve Monod (1970) tarafından Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen'e ait fosillerden Dalmannellid brachiopod, gastropod (*Lesucurilla* sp.), bivalv (*Redonia cf. prisco* THORAL), graptolit (*Tetragraptus* cf. *reclinatus*, *Didymograptus deflexus* ELLES ve WOOD, *Didymograptus* cf. *nitidus* HALL), brakiyopod (*Eodalmanella* sp.), *Agerina* sp., *Carolinites* sp., *Illaenus* sp., *Niobe* sp., *Ampyx* sp. ve Ordovisiyen trilobitleri tesbit edilmiştir.

Seydişehir Formasyonu'na ait sarı renkli şistler içinden ise Üst Kambriyen yaşlı *Paradoxsides* sp. ve *Creniotreta çaltepensis*; Alt Ordovisiyen trilobitlerinden *Neseuretus* sp., *Colcophe* sp., *Thaihungshania* sp., *Gerapnostus-Arenig*. sp.; Alt Ordovisiyen brakiyopodlarından *Conotrata* sp., *Eulame* (*Lateuloma*) sp., *Nilous* sp. fosilleri tespit edilmiştir (Termier ve Monod, 1978). Bu bilgilerden yola çıkılarak birimin yaşı Üst Kambriyen- Alt Ordovisiyen kabul edilmiştir.

Seydişehir Formasyonu, çökelme ortamı olarak; duraysız, çoğunlukla şelf ilerisi ortam şartlarını yansıtmaktadır.

2.1.3. Mezardere formasyonu (Jm)

Dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşan birim, adını inceleme alanı dışındaki Özgüney Kasabası'na doğru akan Mezar Dere'den almış ve ilk kez Öncel (1995) tarafından üye mertebesinde adlanmış olup, bu çalışmada içerisinde dolomit, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarına rastlanan birim, formasyon mertebesinde incelenmiştir.

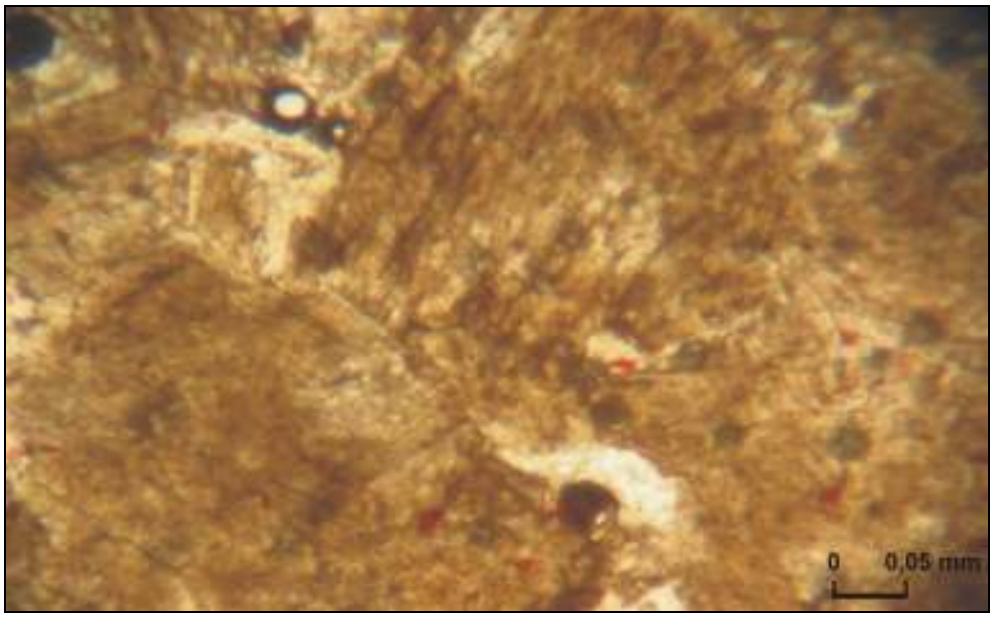
Birim içerisindeki dolomit, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları, gri, koyu gri renkli olup, tabakalanmaları çok belirgin değildir. Bu masif özellikleri ve koyu renkleriyle diğer birimlerden de kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler (Şekil 2.7). Formasyona ait dolomit ve dolomitik kireçtaşlarının bir kısmı şekerimsi dokuya sahiptir.



Şekil 2.7. *Mezardere formasyonuna ait dolomitlerden bir görünüm (Yer: Muratbağı kuzeydoğusu).*

Çalışma alanı içerisinden alınan örneklerden hazırlanan ince kesitlere alizerin testi uygulanmış ve % 2 lik bir kısmı kırmızıya boyanmış ve bu örnek kayaç, dolomit olarak adlanmıştır. Kayaç içerisinde, tane sınırları birbirlerine grift orta-iri boyutlu kristaller hakim olup, kayaç hipidiyotopik dokuludur (Şekil 2.8).

Birim, çalışma alanı içerisinde Hatıbınağıl Tepe, Üçkardeşler Tepe, Ortataş Tepe, İslikaya Tepe ve Kışla Tepe civarında yaygın olarak görülmektedir (EK-1). Öncel (1995), ölçülü kesitlerde birimin kalınlığının 30 m kadar olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2.8. *Mezardere formasyonuna ait dolomit kristalleri (Yer: Muratbağı kuzeydoğusu; +N).*

Birimden alınan örneklerde Üst Jura'nın Oxfordiyen ve Alt Kimmericiyen katlarını temsil eden *Kunnubia wellingsi-jurasica, Selpingoporella annulata Carrozzi* mikrofosillerine rastlanmıştır (Öncel, 1995). Bu fosillere dayanılarak dolomitlerin, yer yer karadan kanallarla kırıntılıların da geldiği çok sığ ve temiz bir denizde oluştuğu varsayılmıştır.

2.1.4. İslikayatepe volkanitleri (Ji)

Birim; siyah, koyu yeşil renkli yer yer oldukça altere olmuş bazik volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Birime ismi, inceleme alanı içerisindeki İslikaya Tepe'ye izafeten Öncel (1995) tarafından verilmiştir. Araştırmacı, birimi; Hacıalabaz formasyonu içerisinde bir üye olarak ele almış ve üç farklı seviyede oluştuğunu belirtmiştir. Ancak, bu çalışmada bahsedilen üç seviyenin değişken olduğu ve her seviyenin farklı şekillerde ayrıştığı gözlenmiştir. Yapılan mineralojik ve petrografik incelemeler ve kimyasal analizlere göre, formasyona ait kayaçların değişik derecelerde yarı ayrışmış yer yer bazalt ve doleritler olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı, bu birime en iyi gözlendiği İslikayatepe'ye izafeten Öncel (1995)'in adlamasına uygun olarak "İslikayatepe volkanitleri" adı verilerek, farklı bir birim şeklinde incelenmiştir.

İnceleme alanındaki bazik volkanitler ayrışma derecelerine göre; ayrışmamış volkanit, yarı ayrışmış (saprolit) ve ayrışmış volkanitler (boksit) olmak üzere üç

gruba ayrılmaktadırlar. Ayrışmamış volkanitler, koyu gri ve siyah renkli, oldukça masif görünümlü bazaltlar ile yeşilimsi gri renkli doleritlerden oluşmaktadır. Yarı ayrışmış volkanitler ise, yeşil, sarı, turuncu renkli, yer yer soğan kabuğu şeklinde ayrışma yüzeyleri göstermektedir (Şekil 2.9). Ayrışmamış volkanitler, oldukça sağlam yapılı iken, yarı ayrışmış olanlar çekiç ile kolaylıkla dağılmaktadırlar. Ayrışmış volkanitler ise, ilksel dokusunu tamamen kaybetmiş olup, yer yer demirli boksit ve boksite dönüşmüşlerdir (Şekil 2.10).



Şekil 2.9. *İslikayatepe volkanitlerinin ayrışma sürecini gösteren bu fotoğrafta kayaçta meydana gelen soğan kabuğu ayrışması görülmektedir (Yer: Muratbağı kuzeydoğusu).*

Ayrışmamış volkanitlerden yapılan ince kesitlerde % 35-42 plajiyoklas, % 22-30 klinopiroksen, % 10-14 amfibol, % 8-12 ortopiroksen, % 7-10 olivin ve % 1-3 opak mineral gözlenmiştir. Kayaç içerisindeki plajiyoklaslar büyük çoğunlukla mikrolit fazındadır. Plajiyoklas fenokristalleri kayaçta yaklaşık % 1 civarındadır. Kayaç, holokristalin porfirik dokulu olup bazaltlar içerisinde devitrifiye volkanik camlar ve akma dokusu gözlenmiştir. Volkanitler içerisinde ofitik ve sub-ofitik doku da belirgin olarak gözlenmiştir.

Plajiyoklaslar uzun prizmatik şekilleri, genelde albit ile karlsbad ikizlenmeleri ve bazen de zonlanmalarıyla belirginlerdir. Bazaltlarda, plajiyoklaslardan itibaren yer yer prehnitleşme ile açığa çıkan prehnit oluşumlarına rastlanmaktadır.



Şekil 2.10. *İslikayatepe volkanitlerinin ayrışması sonucu oluşmuş boksit örneği (Yer: Çarıksaraylar kuzeybatısı).*

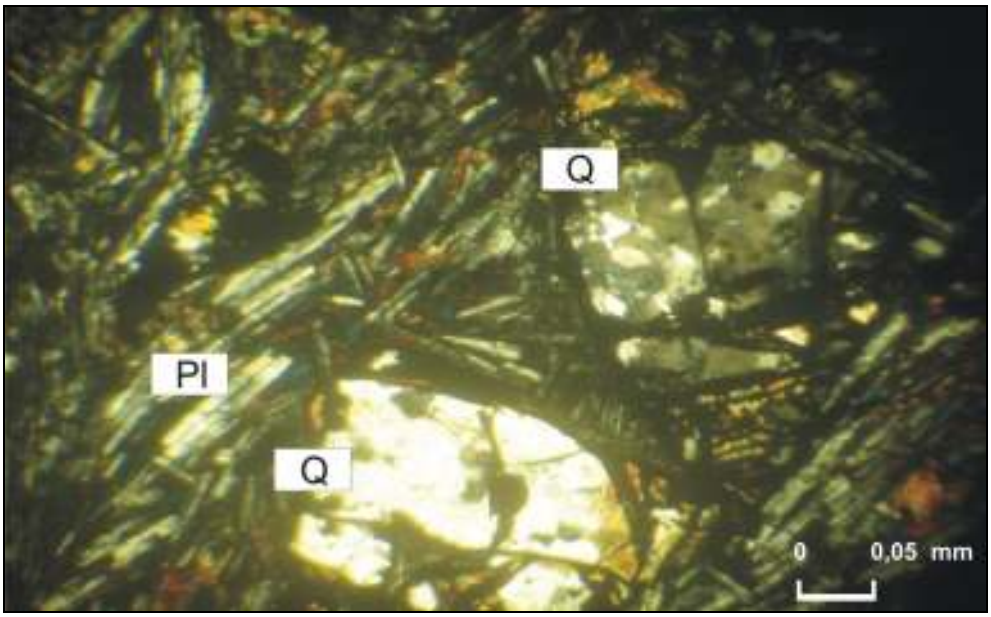
Klinopiroksenler, yaygın olarak uzun prizmatik şekilli olup hipidiyomorfdurlar. Genellikle çift yönlü dilinimleri belirgin ve eğik sönmelidirler. Klinopiroksenlerin büyük bir çoğunluğu yaklaşık 40º sönme açılı ve orta çift kırmalıdır. Ortamdaki kayaç türü ve magma göz önüne alındığında bunların ojit/diyopsit olduğu düşünülmektedir. Kayaç içerisindeki bir kısım piroksenler ise soluk sarı - kahvemsi renkleriyle ve kuvvetli dispersiyon özellikleriyle ile muhtemelen titanojit bileşimdedirler.

Kayaç içerisinde özellikle klinopiroksenler; kenarlarından itibaren bazen kısmen, bazen de tamamen kloritleşmişlerdir. Bazı bazalt örneklerinde kayaç içerisindeki klinopiroksenlerde yaygın olarak opasitleşme izlenmektedir. Bu piroksenler, aynı zamanda hemen hemen tamamen amfibole dönüşmüştür. Bazı piroksenlerde ise, bu piroksenlerden itibaren açığa çıkan ikincil kuvars oluşumları gözlenmektedir (Şekil 2.11).

Kayaç içerisindeki ortopiroksenler belirgin prizmatik şekilli (genellikle uzun prizmatik), bazen sekizgen, özellikle kısa prizmatik olanlarda birbirine dik yönlü dilinimler belirgindir. Bu piroksenler genellikle düşük çift kırmaları ve tek nikolde renksiz olmalarıyla muhtemelen enstatit bileşimindedirler.

Kayaç içerisindeki olivinler; özşekilsiz ve yarı özşekilli, orta ve canlı çift kırma renkleriyle belirgin ve genellikle zonlu yapılıdırlar. Olivinler, yer yer kenar ve

çatlaklarından itibaren klorite dönüşmüşlerdir (Şekil 2.12).



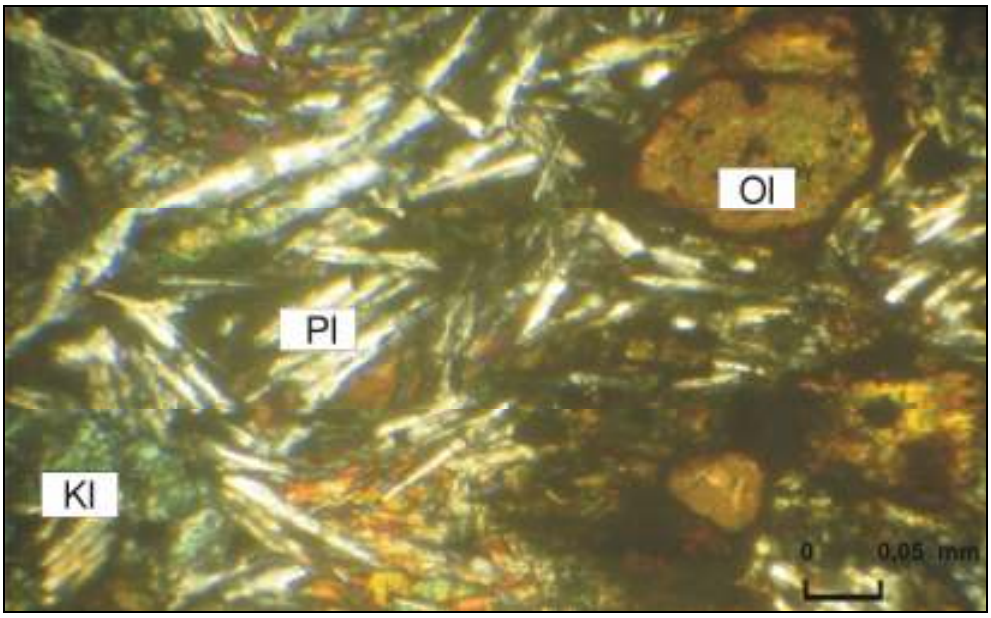
Şekil 2.11. *İslikayatepe volkanitleri içerisindeki ikincil kuvars oluşumları (Q) ve plajiyoklaslar (Pl) (Yer: Muratbağı kuzeydoğusu; +N).*

Bazalt içerisinde yer yer kalsit mineralleri de gözlenmektedir. Ksenomorf olmaları ve çok yüksek çift kırmaları muhtemelen bu karbonatların, plajiyoklaslar ve piroksenlerden itibaren karbonatlaşma ile oluştuklarını göstermektedir. Ayrıca, kayacın çatlaklarında yine ikincil karbonat oluşumları izlenebilmektedir.

Yaygın plajiyoklas, piroksen ve olivin ana bileşenlerinden oluşan kayaç, gabroyik özellik taşımaktadır. Birim, çalışma alanı içerisinde Mezardere formasyonuna ait karbonatlar üzerinde yayılım şeklinde izlenmekte ve içerisinde yaygın kloritleşmeler gözlenmektedir. Bu da kayacın bazalt ya da dolerit olabileceğini düşündürmektedir. Yapılan kimyasal analizlere göre kayacın, levha içi alkali bazalt olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.12).

Birim, çalışma alanı içerisinde İslikaya Tepe civarında tipik olarak yüzeylemektedir. Ayrıca, inceleme alanının kuzeyinde Kızıl Tepe güneybatısından başlayarak; güneye doğru Çarıksaraylar kuzeybatısına kadar yer yer kesintiye uğrayarak çizgisel bir hat boyunca devam etmektedir (EK-1).

İslikayatepe volkanitleri diğer birimleri keserek yüzeylemektedir (Şekil 2.1). Üst Kretase yaşlı Aktaşsırtı kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. İnceleme alanında kesmiş olduğu en genç birim olan Mezardere formasyonundan



Şekil 2.12. *İslikayatepe volkanitleri içerisindeki olivin (Ol), plajiyoklas (Pl) ve kloritleşmeler (Kl) (Yer: Muratbağı kuzeydoğusu; +N).*

daha genç, Aktaşsırtı kireçtaşından ise daha yaşlı olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla, İslikayatepe volkanitlerinin oluşum yaşının, Üst Jura olabileceği düşünülmektedir. Sahada yapılan ölçümlerde ve enine jeolojik kesitlerde, birimin kalınlığı yer yer değişmesine rağmen, en fazla 167 m olarak belirlenmiştir.

İslikayatepe volkanitleri, inceleme alanında bazı mostralarda iki seviye halinde (Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe ve Kışla Tepe boksit zuhurları), bazı mostralarında ise üç seviye halinde gözlenmektedir (Muratbağı boksit zuhuru). Hemen her seviyede alttan üste doğru; ayrışmamış volkanit (ana kayaç), yarı ayrışmış volkanit ve boksit oluşumu vardır. Normal şartlarda bir ana kayacın ayrışması sırasında yukarıda belirtildiği gibi, lateritik ürün, yarı ayrışmış kayaç ve ayrışmamış ana kayaç sıralaması beklenir. Birden fazla ayrışma yüzeyi ve boksit oluşumu, bu volkanitlerin dayk ya da sil şeklinde değil de, tekrarlayan lav akıntıları şeklinde oluşabileceğini düşündürmektedir. Sanılanın aksine doleritin sadece sil ve dayk şeklinde görülmediği, bazik lav akıntılarının içerisinde de yer alabildiği bilinmektedir (Best, 2006).

İslikayatepe volkanitleri, Mezardere formasyonu üzerine kıta içi mağmatik yayılımları olarak bir örtü şeklinde yerleşmiştir. Mağmatik aktivitenin durduğu zamanlarda ortamın gelişen karasal şartlarıyla ilgili olarak lateritleşme başlamıştır (Öncel, 1995).

2.1.5. Aktaşsırtı kireçtaşları (JKa)

Birim, ilk kez Öncel (1995) tarafından inceleme alanının dışında bulunan Özbayat kasabasının hemen doğusunda yer alan tabakalı kireçtaşlarının oluşturduğu Aktaşsırtı mevkiine izafeten adlandırılıp, üye mertebesinde incelenmiştir. Bu çalışmada ise birimin alttaki bazaltik volkanitler üzerine uyumsuz olarak geldiği düşünülerek birim; Öncel (1995)'in adlamasına sadık kalınarak Aktaşsırtı kireçtaşları olarak adlanmıştır.

Beyaz, açık gri ve gri renkli kireçtaşlarından oluşan birim, kısmen dolomitik kesimler de içermektedir. Tabakalı yapısı birime basamaklı bir görünüm kazandırmış ve birim çok uzaklardan bile bu özelliği ile kolaylıkla ayırt edilebilmektedir (Şekil 2.13 ve 2.14).



Şekil 2.13. *Aktaşsırtı kireçtaşlarına ait belirgin tabakalanmalar (Yer: Muratbağı kuzeyi).*

Aktaşsırtı kireçtaşları petrografik olarak incelendiğinde, kayaçlar içerisinde % 40-80 mikrit, % 5-30 sparit, % 10-50 arası fosil ve az miktarda intraklast ile ekstraklasta rastlanmış olup, spari kalsitle dolmuş bol çatlak ve çözünmüş fosil boşlukları görülmüştür. Kayaçlar genel itibariyle biyomikrit olarak adlandırılmışlardır (Şekil 2.15).

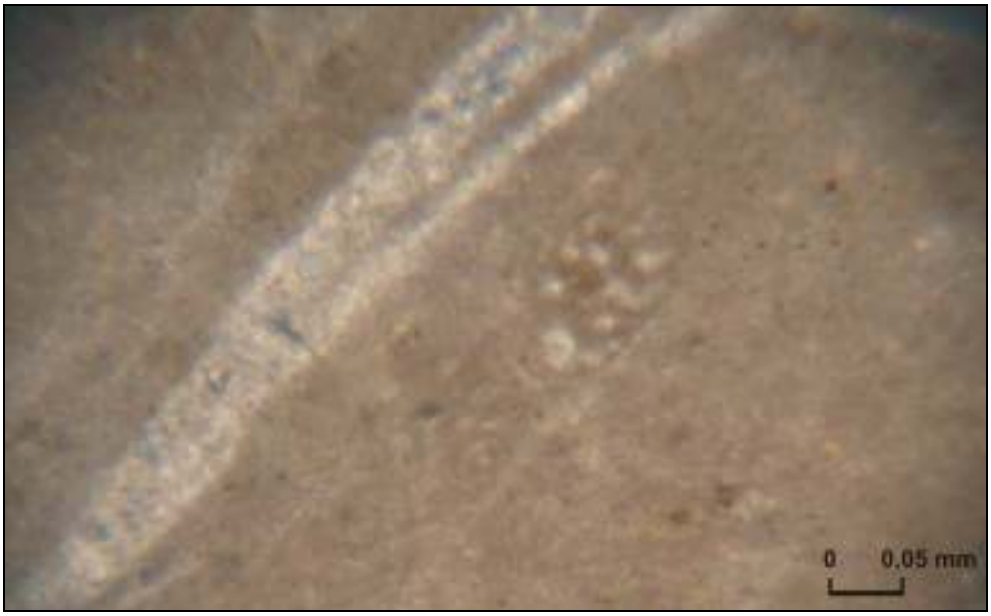
Çarıksaraylar civarındaki Kışla Tepe boksit zuhurunun tavan kireçtaşlarından (Aktaşsırtı kireçtaşları) alınan numunelerin petrografik incelemesinde kayaç

içerisindeki fosillerin localarının FeO ile dolu olduğu, % 75 mikrit, % 15 fosil, % 10 FeO içerdiği belirlenmiştir (Şekil 2.16).



Şekil 2.14. *Aktaşsırtı kireçtaşlarında görülen kıvrımlanmalar (Yer: Kale Tepe güneydoğusu).*

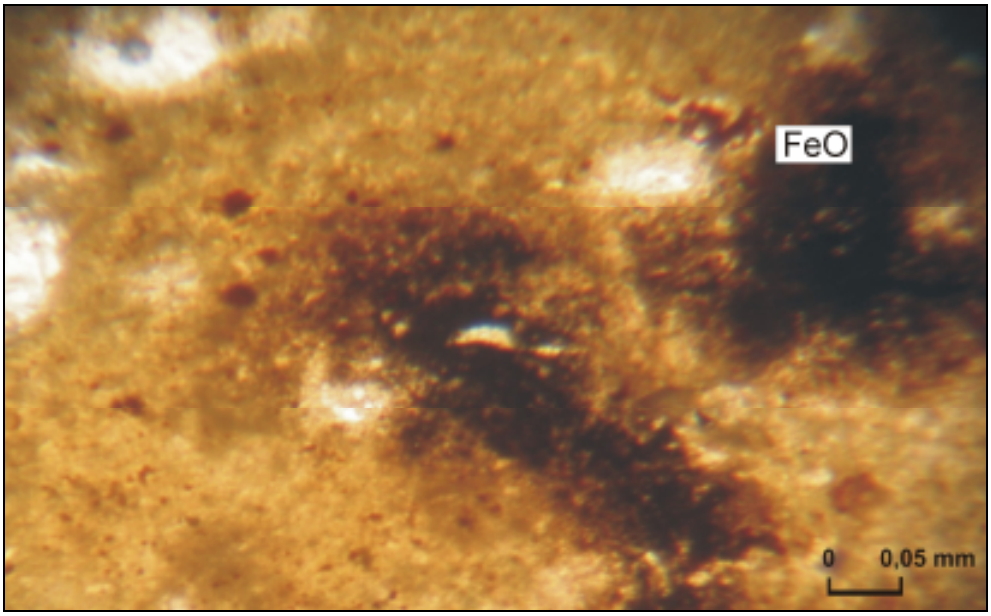
Birim, Mezardere formasyonu ve İslikayatepe volkanitleri ile birlikte kuzey-güney yönlü paralel bir uzanım göstermektedir. Birim, 300-450 m kalınlıktadır (Öncel, 1995).



Şekil 2.15. *Aktaşsırtı kireçtaşına ait biyomikritler içerisindeki fosil ve sparikalsitle dolmuş çatlaklar (Yer: Üçkardeşler Tepe kuzeybatısı; +N).*

Seydişehir Formasyonu üzerine açılı uyumsuzlukla gelen birim, Bağkonak formasyonuna ait kırıntılı çökeller tarafından açılı bir uyumsuzlukla örtülmektedir (EK-2).

Bu çalışmada birimin fosil içeriği incelenmemiştir. Çağatay ve diğ. (1979), birimi paleontolojik açıdan incelemiş ve çok sayıda makro ve mikro fosile rastlamıştır. Bu paleontolojik verilerle birimin yaşının Üst Jura (Titoniyen) - Üst Kretase (Koniasiyen-Santoniyen) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.16. *Aktaşsırtı kireçtaşı içerisindeki FeO dolgusu (siyah) (Yer: Çarıksaraylar kuzeybatısı; +N).*

Aktaşsırtı kireçtaşı, İslikayatepe volkanit seviyesinin lateritleşme sürecinin kesilmesi ve bölgenin çökmesine paralel olarak başlayan denizel ortamın giderek derinleşmesi ile oluşan karbonat platformuna bağlı olarak çökelmiştir (Öncel, 1995). Aktaşsırtı kireçtaşları, Beyşehir yöresindeki Sarakman kireçtaşları (Monod, 1977) ve çalışma alanında Demirkol (1982) tarafından tanımlanan Hacıalabaz kireçtaşları ile kısmen korele edilebilir.

2.1.6. Bağkonak formasyonu (Nb)

Formasyon adı ilk kez Demirkol (1984) tarafından Bağkonak yöresinde, birime karşılık gelen tortullar için kullanılmıştır.

Bağkonak formasyonu, başlıca kırmızımsı-sarımsı, krem ve turuncu renklerde, kötü boylanmalı çakıltaşı, çamurtaşı, kiltaşı ve yersel kumtaşı ile kumlu

kireçtaşı ara katkılardan oluşmaktadır. Birimin ana bileşenini oluşturan çakıltaşları, orta ile iyi pekişmiş, kötü boylanmalı ve tane desteklidir. Taneler, egemen olarak kireçtaşı, metakumtaşı, sleyt ve fillit bileşenlerinden oluşmaktadırlar. Bileşen taneler çoğunlukla köşeli ile yarı köşeli olup yer yer karbonat çimentoludur. Üste doğru tane kabalaşmalı düzeyler ile çamurtaşı, kumtaşı ve kumlu kireçtaşı ara katkıları çakıltaşı içinde gözlenen oluşuklardır. Kalın-orta tabakalı olup, bazen de masif bir görünüm arz etmektedir (Şekil 2.17).

Birime ait konglomeralar, açık kahve-gri renkli, kötü boylanmalı, polijenik kökenli, karbonat çimentoludurlar. Kayacı oluşturan bileşenler içerisinde, Çaltepe Formasyonuna ait kireçtaşları ve dolomitler; Seydişehir Formasyonu'na ait şistler, metakarbonatlar; Mezardere formasyonuna ait dolomit, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları; İslikayatepe volkanitleri ve temele ait baritler gözlenmektedir. Birim içerisindeki kumtaşı seviyeleri; krem renkli olup, bileşenleri orta ve kaba boyutludur. Kiltaşları ise yanal olarak çamurtaşı merceklerine geçiş gösterebilmektedirler. Formasyon genellikle yataya yakın tabakalanmalıdır. Bu özelliği ile diğer birimlerden kolayca ayırt edilebilmektedirler.



Şekil 2.17. *Bağkonak formasyonuna ait oluşukların genel görünümü (Yer: Çarıksaraylar batısı).*

Birim, çalışma alanının batı kesiminde oldukça yaygın olarak gözlenmekte olup, inceleme alanı içerisinde GD dan KB ya kadar geniş bir alan kaplamaktadır. Tüm Neojen öncesi temel kayalarını uyumsuz olarak üstleyen Bağkonak

formasyonu, en fazla 250 m kalınlıkta olup, kalınlığı havza kenarından havza ortasına doğru hızla incelmektedir (Yağmurlu, 1991).

Birime ait çakıltaşları içinde herhangi bir fosil kalıntısı bulunamamıştır. Ancak, çakıltaşlarıyla girik olan marn ve kiltaşları içinde yaygın olarak Planorbis sp. ve Limnea sp. gibi gastropodların yanı sıra, yaprak izleri bulunur (Yağmurlu, 1991).

Öncel (1995) birimin yaşını; çalışma alanı dışındaki Yarıkkaya formasyonu ile olan ilişkisini dikkate alarak Miyosen olarak düşünmüştür.

Formasyonun egemen litolojik yapısı ve yanal yöndeki stratigrafi özellikleri, bu birimi oluşturan kırıntılı tortulların, gölsel oluşuklarla girik olan alüvyonal yelpaze ortamında çökelmiş olabileceğini yansıtmaktadır. Senozoyik başlarında yükselmeye başlayan bölgenin Miyosen döneminde kara haline gelmesiyle birlikte havzaya yağışlarla malzeme taşınmaya başlamış, enerjinin bittiği ve azaldığı yerlerde değişik boyutlu malzemelerin depolanması sonucu da Bağkonak formasyonu meydana gelmiştir.

2.1.7. Alüvyon (Qal)

Çalışma alanının batısında görülen alüvyon içerisinde, alttaki formasyonlardan meydana gelen çakıl, kum, kil boyutunda kırıntılar hakimdir. 1-2 m'lik kalınlığa sahip birimin yaşının; Pliyosen'den Holosen'e kadar değiştiği düşünülmektedir.

Birime yakından bakıldığında bileşenlerinin fazla yuvarlaklanma göstermediği görülmektedir. Bu da birimi oluşturan malzemenin yakın mesafelerden taşınıp geldiğine işaret etmektedir.

2.2. Yapısal Jeoloji

Batı Toroslar'ın kuzeyindeki Sultandağları'nın güneybatısında yer alan inceleme alanı, Varistik ve Alpin orojenik hareketlerinin etkisi altında kalmıştır. Bu orojenik hareketler sonucu, Sultandağları'nın temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı formasyonlar (Çaltepe Formasyonu ve Seydişehir Formasyonu), tüm orojenik fazlardan etkilenerek; hem kırıklı bir yapı kazanmış, hem de bölgesel metamorfizmaya uğramışlardır. Özellikle Seydişehir Formasyonu'nda yapraklanma, buruşma lineasyonları ve budinaj gelişirken; Çaltepe Formasyonunda ise çatlak ve kırıklar oluşmuştur. Mesozoyik yaşlı birimler ise (Mezardere formasyonu,

İslikayatepe volkanitleri, Aktaşsırtı kireçtaşları) Alpin orojenezinden etkilenmişlerdir. Ayrıca, fay sistemleri de bu orojenezin etkisiyle oluşmuşlardır. Senozoyik'te Alpin orojenezi sonucunda yükselen kesimlerde aşınma meydana gelmiş, alçalan kesimlerde ise kaba kırıntılar birikmiştir. İnceleme alanı içerisindeki Senozoyik yaşlı formasyonlar (Bağkonak formasyonu), yatay ve yataya yakın tabakalı olup, tektonik hareketlerden en az derecede etkilenmişlerdir.

Bölge, KD-GB yönlü gelişen bir sıkışmaya maruz kalmış ve birçok yapısal oluşum bu sıkışmaya bağlı olarak meydana gelmiştir.

Çalışma alanı, Toridler kesiminde Batı Toroslar'ın kuzey ucundadır. İnceleme alanının son olarak etkisi altında kaldığı Alpin hareketler, Alpin öncesi yapısal gidişlerin yönünü değiştirmiş, kısmen bunların izlerini silerek yapının çözümünü güçlendirmiştir (Öztürk ve diğ., 1981).

2.2.1. Uyumsuzluklar

İnceleme alanı içerisinde üç önemli uyumsuzluk saptanmıştır. Bunlardan ilki; Alt-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe Formasyonu, Üst Kambriyen yaşlı Seydişehir Formasyonu'ndan oluşan Paleozoyik istif, Geç Jura'ya kadar karasal şartlarda kalırken, Geç Jura'da karbonatlardan oluşan Mezardere formasyonu denizel ortam şartlarını gösterip açısal uyumsuzlukla Paleozoyik birimler üzerine gelmiştir. İslikayatepe volkanitleri üzerine Geç Kretase'de gelen Aktaşsırtı kireçtaşları diğer önemli uyumsuzluk olup, son uyumsuzluğu Üst Kretase yaşlı Aktaşsırtı kireçtaşı üzerine açısal uyumsuzlukla karasal ortam şartlarına geçiş sonucu oluşan, kırıntılı çökellerle temsil edilen Miyosen yaşlı Bağkonak formasyonunu oluşturmuştur.

2.2.2. Kıvrımlar

Kuvvetli kıvrım ve kırık tektoniği Sultandağları Paleozoyik kayalarını etkilemiştir. İnceleme alanındaki Seydişehir Formasyonu içerisinde küçük çaplı kıvrımlar gözlenir (EK-1).

Çalışma alanındaki birimlerin kıvrım eksenleri Sultandağları'nın gidişine uygun olarak KB-GD gidişlidir. Bölgenin genç birimleri olan Bağkonak formasyonunda ise kıvrımlı birimlere rastlanmamıştır.

2.2.3. Faylar ve bindirmeler

İnceleme alanı içerisinde irili ufaklı birçok fay yer almaktadır. Bölgede gözlenen faylar, KD-GB yönlü gelişen sıkışmaya bağlı olarak ortaya çıkmışlardır. İnceleme alanındaki faylar, genellikle KB-GD gidişli olup, çoğunlukla KD-GB doğrultulu fayları kesmektedirler. KB-GD gidişli faylar, Aktaşsırtı kireçtaşları ile volkanitler arasındaki dokanağı oluştururlar (Şekil 2.18). Fayların büyük bir kısmını doğrultu atımlı faylar oluşturmaktadır. Faylar, çoğunlukla Mezardere formasyonu ile Aktaşsırtı kireçtaşları içerisinde gelişmiştir. Fayların bu birimler üzerinde daha fazla gelişmesinin başlıca sebebi, bu birimlerin bölgedeki en rijit birimler olmasına bağlanmaktadır.



Şekil 2.18. *Aktaşsırtı kireçtaşı ile İslikayatepe volkanitleri arasındaki KB- GD gidişli faylı zona ait fay aynası (Yer: Muratbağı kuzeydoğusu).*

İnceleme alanı içerisinde, Çaltepe Formasyonu ile Seydişehir Formasyonu sınırı genelde bindirmeli ya da faylı olarak görülmektedir.

2.3. Jeoloji Evrimi

İnceleme alanının en yaşlı birimini, Alt-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe Formasyonu oluşturmaktadır. Diğer çalışmalarda rastlanılan trilobit, krinoid, ekinoid gibi paleontolojik veriler (Dean ve Monod, 1970; Özgül ve Gedik, 1973; Dean ve Özgül, 1979; Öztürk ve diğ., 1981; Eren, 1990; Şenel ve diğ., 1996), bu birimin Erken-Orta Kambriyen'de organizma hayatına elverişli sıcak ve ışık şartlarının iyi olduğu, sığ ve berrak bir denizel ortamda çökeldiğini göstermektedir. Uyumlu olarak

Çaltepe Formasyonu'nun üzerinde yer alan Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı Seydişehir Formasyonu ise ince kırıntılı sedimanlardan oluşmaktadır. Havza derinleştikçe malzeme boyutu küçülmüş ve formasyon içindeki kireçtaşı mercekleri ise bu sırada oluşmuştur. Seydişehir Formasyonu'nu temsil eden litoloji genel olarak duraysız şelf ve kısmen şelf ilerisi bir ortama işaret etmektedir (Demirkol ve diğ., 1977). Bölgenin, Varistik dağ oluşumu hareketleri ile kıvrımlanıp yükselerek karasallaştığı ve bölgesel metamorfizmaya maruz kaldığı söylenebilir. Seydişehir Formasyonu'nda deformasyon yapıları gelişirken, Çaltepe Formasyonu'nda ise kırıklar ve rekristalizasyonlar meydana gelmiştir. Geç Kambriyen-Ordovisiyen denizinde çökelen Çaltepe Formasyonu'nda kristalize kireçtaşları; Seydişehir Formasyonu'nda metakumtaşı, kuvarsit, fillit ve klorit-serisit-kuvars şistler oluşmuştur.

Seydişehir Formasyonu'na ait birimler üzerine, Mezardere formasyonuna ait Üst Jura yaşlı dolomit, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları gelmektedir. Bölgede Geç Jura'ya kadar stratigrafik bir boşluk olması bu bölgenin Geç Jura'ya kadar aşınmaya devam ettiğini ve herhangi bir çökelme olmadığını göstermektedir. Geç Jura'da aşınma sonrasında ortam, denizin ilerlemesi ile su altında kalmış ve bu ortamın ürünü olan dolomit, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları çökelmiştir. Devam eden kırık sistemleri ile ilgili olarak, ortama gelen bazik karakterli levha içi akıntılar, geniş volkanit (bazalt-dolerit) örtüleri şeklinde yer almaktadır. Geç Jura'nın bol yağışlı sıcak, tropik iklim şartları lateritleşmenin gelişmesi için uygun bir süreçtir. Daha sonra tamamen tekrar denizel koşullar altında kalan bölgede, bazik volkanitler üzerine Geç Jura-Geç Kretase'de Aktaşsırtı kireçtaşları çökelmeye başlamıştır.

Bölgenin Geç Kretase sonunda Alpin orojenik hareketleri ile yükselip karasallaşmaya başladığı ve Miyosen'e kadar var olan stratigrafik boşluktan dolayı aşınma alanı olarak kaldığı sonucuna varılmıştır. Miyosen'de ortam tamamen kara halini almış ve yükselme ile düşük rölyefli alanlarda kil, silt, kum ve çakıl çökelimi olmuştur. Gölsel ortama taşınarak çökelen birimler, yer yer orta-kalın tabakalanma sunan ve Pliyosen'e kadar çökelimini sürdüren Bağkonak formasyonunu meydana getirmiştir. Neojen sonuna doğru bölgede akarsular ve dereler oluşmuş ve bu dereler içerisinde alüvyon çökelimleri meydana gelmiştir. Günümüzdeki şeklini Neojen sonunda alan bölgede, halen çeşitli erime, ayrışma, taşınma ve birikme ile alüvyon oluşumları devam etmektedir.

3. BOKSİT YATAKLARI

3.1. Boksitin Tarihçesi, Önemi ve Türkiye'deki Dağılımı

Metalik alüminyumun başlıca hammaddesi olan boksitin adı, 1821'de bu madenin ilk bulunduğu yerin adından gelmektedir (Fransa'da Provence iline bağlı Baux [Bo] köyü).

1950'li yıllarda Toros Dağları'nın kuzeyinde boksit rezervlerinin olduğu bilinmektedir. MTA, Seydişehir'de 1962 yılında başlattığı aramalar sonucu 25 milyon ton görünür boksit rezervi tespit etmiştir. SSCB ile yapılan görüşmeler sonucu 1965 yılında Seydişehir'e alüminyum fabrikasının kurulması kesinleşmiş ve 60 bin ton alüminyum, 26 bin ton yarı mamul üretecek bir tesisin kurulması için anlaşma imzalanmıştır. Böylece, Türkiye kendi sanayisi için önemli bir girdi sağlayacak Seydişehir Alüminyum Tesislerine sahip olmuştur.

Türkiye'de boksitler, jeolojik yaş bakımından aşağıdaki sırayı takip ederler (Wippern, 1964) :

1. *Üst Kretase – Eosen sınırı:* Ekonomik önem taşımayan boksitler.
2. *Üst Kretase (Türoniyen-Senomaniyen) sınırı:* Ekonomik önem taşıyan boksitler.
3. *Permiyen – Triyas sınırı:* Diasporitler ve zımpara zuhurları.

Türkiye, çok geniş boksit imkanlarına sahip bir ülke konumundadır (Şekil 3.1). Boksitler, ülkenin daha çok Toros kuşağının Orta ve batı kesimlerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Boksit yatakları; minerallerine, bulundukları stratigrafik seviyelere ve Al_2O_3 oranlarının yüksekliğine göre aşağıda belirtilen 10 bölgede gruplandırılmıştır (MTA, 1977).

1. Seydişehir – Akseki Bölgesi
2. Silifke – Taşucu Bölgesi
3. Zonguldak – Kokaksu Bölgesi
4. Yalvaç – Şarkikaraağaç Bölgesi
5. Payas – İslahiye Bölgesi
6. Muğla – Milas Bölgesi
7. Alanya (Maşatdağ) Bölgesi
8. Bolkardağı Bölgesi
9. Saimbeyli Bölgesi
10. Antalya – Elmalı bölgesi



Şekil 3.1. *Türkiye'nin Önemli Boksit Yatakları Haritası (MTA,1977).*

Bu bölgelerden ilk üçünün (Seydişehir – Akseki Bölgesi, Silifke – Taşucu Bölgesi ve Zonguldak – Kokaksu Bölgesi) boksit ana mineralleri, gibsit ve böhmit olup; Al_2O_3 tenörleri itibari ile de Alüminyum sanayinde kullanılabilir özelliktedir. 4. ve 5. bölgelerdeki (Yalvaç – Şarkîkaraağaç Bölgesi ve Payas – İslâhiye Bölgesi) boksitler, demirli boksitler olup Al_2O_3 yüzdeleri düşük ve SiO_2 yüzdeleri yüksektir. 6., 7., 8., ve 9. bölgelerdeki (Muğla – Milas Bölgesi, Alanya Bölgesi, Bolkardağı Bölgesi, Saimbeyli Bölgesi) boksitler Paleozoyik yaşlı birimler içinde bulunan diasporit ve zımpara yataklarıdır. 10. bölgede (Antalya – Elmalı bölgesi) görülen boksitler ise düşük Al_2O_3'lü ve yüksek SiO_2'li olup, plaser yatak tipindedir. Bu çalışma ise Yalvaç-Şarkîkaraağaç bölgesi demirli boksitlerini kapsamaktadır.

3.2. İnceleme Alanındaki Otokton Lateritik Boksitlerin Konumu

Sultandağları'nın güneybatısında yer alan Yalvaç İlçesi'nin kuzeyindeki Hacıalabaz Dağı'nda ilk mostrasını veren boksitler, yaklaşık 70 km kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda devam ederek, Hüyük İlçesi'nin Kıreli Kasabası'na kadar ulaşır. "Yalvaç–Şarkikaraağaç Bölgesi" içerisindeki Çarıksaraylar-Kozluçay Kasabaları arasında yer alan çalışma alanında rezerv yönünden en zengin cevher yataklanmasını oluşturan otokton boksit zuhurları; güneydoğudan kuzeybatıya doğru bir kuşak boyunca Kışla Tepe güneyinden başlayarak Ortataş Tepe batısı, Üçkardeşler Tepe ve Hatıbınağıl Tepe'de yaygın olarak görülmektedir (EK-1). Kuşağın tabanında Mezardere formasyonuna ait dolomit, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları; tavanında ise Aktaşsırtı kireçtaşları izlenmektedir. Toplam kalınlığı 15-

167 m arasında değişen bu kuşakta farklı kalınlıklı bazik volkanitler ve bunlar üzerinde gelişmiş boksitler gözlenir. Bunlardan her bir boksit düzeyi en az 2 m kalınlık sunarken, alttan üstteki boksitlere doğru dereceli bir ayrışma gösteren volkanitlerin kalınlığı ise 60 m'ye kadar ulaşmaktadır.

Volkanitler tabandan tavana gidildikçe artan bir alterasyon gösterirler. Bunun sonucu olarak en üst seviyelerinde genellikle 1-10 m. kalınlıkta bir cevher seviyesi görülmektedir. Volkanitlerin en üstünde yer alan Aktaşsırtı kireçtaşlarının hemen altında bulunan bu cevher seviyesi, esas cevher seviyesini oluşturmaktadır.

Volkanitler taze kırılma yüzeylerinde gri ve koyu gri renkli, ayrışmaya uğramış kısımlarında ise yeşil, yeşilimsi sarı ve sarımtrak kahve renkli bir görünüm arz etmektedirler. Bütün zuhurlar genel karakterleri itibariyle birbirlerine benzerler. Ancak mostra boyutları ve kimyasal bileşimleri bazı farklılıklar göstermektedir.

Çalışma alanı içerisindeki otokton kökenli demirli boksitlerinin oluşumu tamamen lateritiktir ve tümüyle Jura yaşlı volkanitlerden türemişlerdir. Bu boksitler Valeton (1972) boksit sınıflamasının "**otokton***"*, Patterson (1967) sınıflamasının "**lateritik blanket***"* boksitlerine katılmaktadır. Ayrıca, ortalama % 30 civarında demir içermesi nedeniyle de Bârdossy ve Nicolas (1973) tarafından demir, kil, alüminyum ve titan içeriğine göre yapılan sınıflamanın "**demirli boksit**" bölümüne girer (Ayhan ve Karadağ, 1985).

Çalışma alanında KB-GD doğrultusunda, 15-20 km'lik bir uzanıma ve 30-40 m kadar kalınlığa sahip olan bu volkanit seviyesi makro olarak açık yeşil, yeşilimsi, siyah renkli, bol kalsit damarlı ve çok fazla ayrışmış olarak izlenir. Volkanitlerin gözlendiği her kesimde lateritler de bu birimin ayrışmasına bağlı olarak ortaya çıkar. Lateritler, kahverengimsi-kırmızımsı ve bordo renkli, yersel katmanlı, yer yer kırık ve çatlaklı, yer yer de kırılgan ve kısmen yumuşak bir özellik gösterirler. Silis içeriğine göre, farklılık sunan lateritlerin silis oranı fazla olanlar sert ve köşeli kırıklı bir yapı gösterirken, silisçe fakir, kaolinit, demir ve alüminyumca zengin olanlar ise, çok kırılgan ve kısmen yumuşak bir özellik gösterirler.

İnceleme alanında yüzeyleyen volkanitlerdeki lateritleşme birçok jeolojik ve topoğrafik koşullarla yeraltı su düzeyine bağlı olarak gelişmiş ve kontrol edilmiştir. Bunlar arasında en önemlisi *ana kaya* faktörüdür. Volkanitlerin farklı kalınlıklarda olmaları, bu magmatik kayaçların yayılımları ve taban topografyaları ile doğrudan

ilişkilidir (Ayhan ve Karadağ, 1985). Bu durum, belirli zaman aralıklarında gerçekleşen periyodik volkanit yayılımı ve lateritik koşullardaki değişkenliği yansıtmaktadır. Her bir volkanit düzeyinin yayılımını izleyen karasal koşulların etkinliği altında bu bazik volkanitler lateritleşmeye uğramışlardır. Buna göre farklı zaman dilimlerinde yayılımlarını sürdüren volkanitlerin yöre topografyasına bağlı olarak geliştiği ve bunların her seferinde aynı mesafeler boyunca yayılmadığı varsayılmaktadır.

Yeryüzünde lateritik kökenli birçok boksit yatağında taze ana kaya ile bunun üzerindeki alüminyumlu-demirli laterit kabuğu arasında oluşan kalınlığı en fazla 50 m'ye ulaşabilen ve kil minerallerinin egemen olduğu bir düzey bulunur (Lelong ve diğ., 1976). Gözenekli, yumuşak, açık sarı veya gri renkler gösteren ve çok az demir içeren bu killi zonlar **"lithomarge"** olarak tanımlanır. İnceleme alanı boksitlerinde benzer özellikteki seviyeler belirgin bir biçimde görülmemektedir. Bu durum ise iki evrede gelişen lateritik boksit oluşumu ile ilişkilendirilebilir. İlk evrede silikatlı kayaçların feldispatlı bileşenleri kaolinite dönüşürken, ikinci evrede ise; var olan kaolinitlerden boksit mineralleri oluşmaktadır. Bunun dışında lateritleşme sırasında sıcaklığın artması halinde değinilen iki evre, tek bir evreye indirgenir ve doğrudan ana kayaçtan boksit türer (Fritz ve Tardy, 1973).

Bölgedeki boksitlerde hem kaolinit, saponit, nontronit gibi kil mineralleri; hem de böhmit ve diyaspor gibi boksit ana mineralleri bir arada bulunur. Her iki mineral gurubu boksit kuşağı boyunca yatay ve düşey yönde farklı yığışım oranlarına sahiptirler. Bunun başlıca nedeni, olasılıkla, lateritleşme ile doğrudan alüminyum hidroksit çökelimi yanı sıra, mevsimsel değişimlere bağlı olarak kil minerallerinin de aynı yerde çökelebilmesidir (Hem, 1970). Sıcak ve yağışlı iklimlerde topografik olarak nispeten daha yüksek konumlarda bulunan ve iyi drene edilmiş bölgelerde, mekanik aşınmayı azaltan veya önleyen bir bitki örtüsü sayesinde düşük mobiliteli alüminyum dışında kalan öteki tüm elementler yıkanma (leaching) yoluyla kolaylıkla çözünüp taşınarak uzaklaştırılmaktadır. Bu yolla oluşan lateritik örtü türediği kayacın kimyasal ve mineralojik bileşimiyle doğrudan ilişkili olarak belirli elementlerin yığışımını kapsayabilmektedir. Oysa çalışılan bölgede oluşan boksitlerde bu boyutlarda fazla seçici (selektif) ayrılmaya uğrayan bir element yığışımı izlenmemektedir (Ayhan ve Karadağ, 1985).

Çalışma alanındaki boksitlerde silis oranı oldukça yüksektir. Lateritleşme sırasında çözeltiye geçen ve sürekli olarak yeraltı suyu ile taşınması gereken silis, iyi gelişmemiş drenaj sistemleri nedeniyle pek fazla taşınma fırsatı bulamamıştır. Lateritik örtünün silisden ayıklanmasında çözelti veya yeraltı suyunun yanal ve düşey yönde hareketinin sağlanmasında, ana kayanın bazı özellikleri de önem taşır. Özellikle, fazla kırıklı ve gözenekli ana kayalar taşınma işlevini kolaylaştırır. Boksitin kaynaklandığı doleritlerin bu niteliklerden yoksun olması, lateritik kabuktaki silisli çözeltilerin daha çok yatay yönde taşınmış olduklarını belgelemektedir (Ayhan ve Karadağ, 1985).

Demirli boksit cevherleri az çok duraylı karasal, yer yer de hareketli kıyısal ortam koşullarında çökelmiş olup, olasılı oluşum yaşı Malm'dır. Kısmen çok kısa mesafeler boyunca taşınan bu cevherler otokton bir nitelik taşımaktadırlar. Boksit kuşağında birden fazla volkanit ve boksit düzeyinin üst üste gelmesi, paleocoğrafik konuma bağlı olarak gelişen bir volkanit yayılımını belgelemektedir. Lateritik kabukların oluşumları sırasında silisli çözeltilerden yeteri kadar arındırılamayan boksitler aşırı silis içeriklidir. Bu durum, lateritik örtünün drenaj ağları tarafından yeterince katedilememesinden, farklı mobiliteli elementlerin sadece yatay yönde göç etmesinden ve lateritleşme sürecinin gelişmekte olan boksit örtüsü üzerine yeni volkanik örtülerin gelmesi sonucu kesintilere uğramasından kaynaklanmaktadır (Ayhan ve Karadağ, 1985).

Mezardere formasyonuna ait karbonatların üzerine yerleşen bazik magmanın, Geç Jura'nın karasal şartlarında, karasal bir volkanizmaya bağlı olarak yayıldığı düşünülmektedir. Volkanitlerin (bazalt-dolerit), taban ve tavan karbonatları arasında birden fazla evrede kendini göstermesi; karasal volkanizmanın farklı zamanlarda bir çok defa geliştiğine ve farklı mesafelerde yayıldığına işaret etmektedir. Bu bazik magmanın karasal şartlarda ayrışmasına bağlı olarak da; boksitlerin oluştuğu düşünülmektedir.

Çarıksaraylar ile Kozluçay arasında üç boksit zuhuru incelenmiştir. Bunlar; Muratbağı boksit zuhuru, Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe boksit zuhuru, Kışla Tepe boksit zuhurudur.

3.2.1. Muratbağı boksit zuhuru

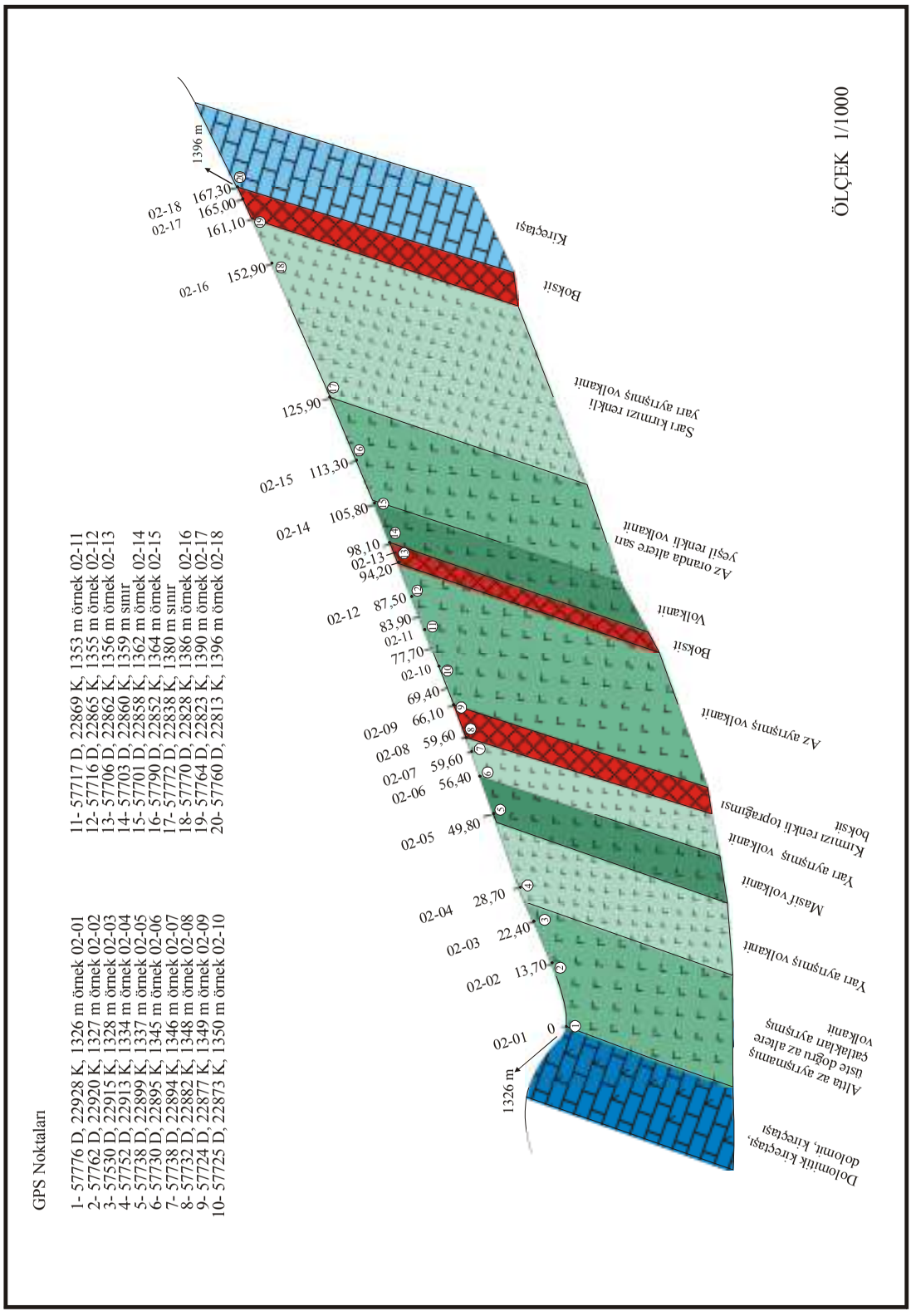
İnceleme alanının güneyinde yüzeyleyen bu boksit zuhuru, Muratbağı kasabasının kuzeybatısında yer almaktadır (EK-1). Bu zon, volkanit, laterit ve boksit ardalanmasından oluşmuş olup, kalınlığı 167 m'dir (Şekil 3.1).

Muratbağı boksitlerinde alttaki ayrışmamış, üste doğru ise çatlaklarından itibaren çok az ayrışma izi gösteren volkanit seviyesi yaklaşık 22 m kadar devam etmekte ve ilerleyen seviyelerde altere volkanitlere geçiş göstermektedir. Bu seviyeleri yine ayrışmamış ve yarı ayrışmış volkanit seviyeleri izlemektedir. Ardından ise yaklaşık 6 m kalınlığında bir boksit seviyesi gelmektedir. Boksit seviyesinin üzerinde 28 m kalınlığında altere volkanit seviyesi gözlenmekte, bunu da 4 m kalınlığında bir boksit seviyesi örtmektedir. Bahsedilen seviyenin ardından volkanit, az ayrışmış volkanit, yarı ayrışmış volkanit ve 6 m kalınlıklı bir boksit seviyesi takip etmektedir. Profil, devamında belirgin bir dokanakla kireçtaşı seviyesi ile son bulmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. *Muratbağı boksit zuhuruna ait genel bir görünüm (Yer: Muratbağı kuzeydoğusu)*

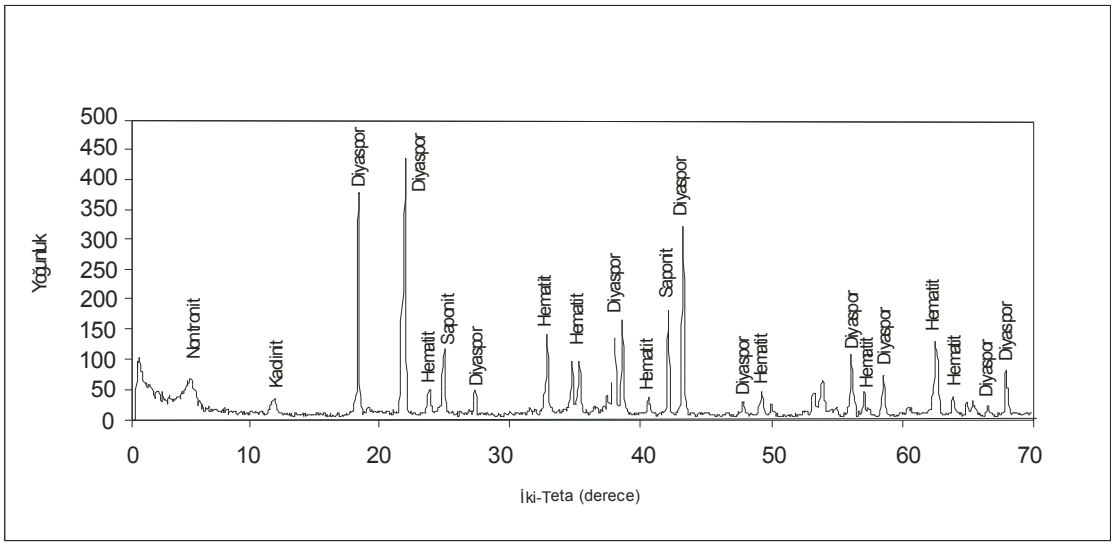
Zuhurdan alınmış ayrışmamış volkanit numunelerinden yapılan XRD analizlerinde, albit, anortit, muskovit, kuvars, ojit, kalsit; yarı ayrışmış volkanit numunelerinde, albit, kuvars, anataz, hematit, kaolinit, montmorillonit ve klinoklor (klorit), boksit örneklerinde yapılan analizlerde ise; diyaspor, hematit, kaolinit, saponit, nontronit ve nadir olarak da montmorillonit ve anataz minerallerine



Şekil 3.2. *Muratbağı boksit zuhurunun ölçülü enine jeoloji kesiti.*

rastlanmıştır (Şekil 3.3).

Muratbağı boksit zuhurundan alınan boksit örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre; Al_2O_3 miktarı ortalama % 46.73, Fe_2O_3 miktarı ortalama % 27.78, TiO_2 miktarı ortalama % 6.86, SiO_2 miktarı ise ortalama % 4.86 dır. TNTE (Toplam Nadir Toprak Elementleri) miktarı ise 210.4 ppm'dir.



Şekil 3.3. *Muratbağı boksit zuhurundan alınan boksit numunesinin ortalama X-ray difraktogramı.*

3.2.2. Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe boksit zuhuru

İnceleme alanının kuzeyinde yüzeyleyen boksit zuhuru, Dedeçam kasabasının kuzeydoğusunda yer almaktadır (EK-1). Bu zon, volkanit, laterit ve boksit ardalanmasından oluşmuş ve kalınlığı 120 m'dir (Şekil 3.4).

Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe boksitlerinde çok az ayrışma gösteren siyaha yakın renkli volkanit seviyesini alterasyon oranı giderek artan volkanit seviyesi takip etmektedir. Bu seviyeler üzerinde yaklaşık 27 m genişliğinde bir boksit seviyesi gözlenmiştir. Boksit seviyesini takiben profil içerisinde 45 m kalınlığında bir boksit seviyesine daha rastlanmıştır. Bunlar, 120. m'de kireçtaşlarına geçiş göstermektedir (Şekil 3.5).

Zuhurdan alınmış ayrışmamış volkanit numunelerinden yapılan XRD analizlerinde, albit, anortit, kuvars ve ojit; yarı ayrışmış volkanitlerde, albit, kuvars, klinklor (klorit) ve kaolinit; boksit örneklerinden yapılan analiz sonuçlarında ise; diyaspor, hematit, böhmit, kaolinit, saponit, nontronit ve anataz minerallerine rastlanmıştır.



Şekil 3.4. *Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe boksit zuhuruna ait genel bir görünüm (Üçkardeşler Tepe kuzeyi).*

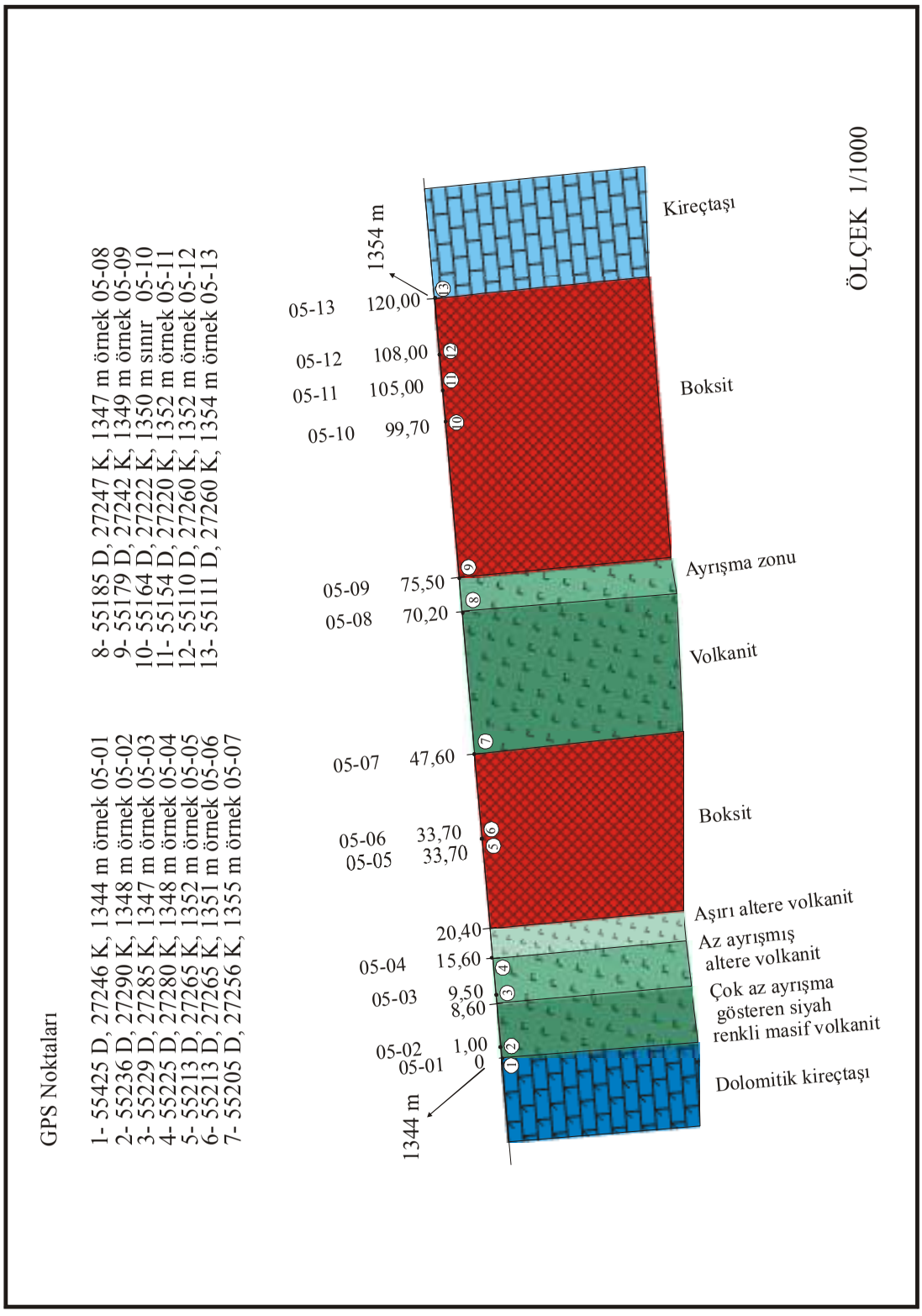
Üçkardeşler-Hatıbınağıl Tepe boksit zuhurundan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre, ortalama Al_2O_3 miktarı % 43.55, Fe_2O_3 miktarı % 27.00, TiO_2 miktarı % 4.76, SiO_2 miktarı ise % 11.36'dır. Bu zuhura ait Toplam Nadir Toprak Elementleri (TNTE) miktarı ise 71.80 ppm'dir.

3.2.3. Kışla Tepe boksit zuhuru

İnceleme alanının güneyinde yüzeyleyen bu boksit zuhuru, Çarıksaraylar kasabasının kuzeybatısında yer almaktadır (EK-1). Zuhur; volkanit, laterit ve boksit ardalanmasından oluşmuş olup, genişliği 109 m'dir (Şekil 3.6).

Kışla Tepe zuhurunda tavandan tabana yapılan ölçülü kesitte; Aktaşsırtı kireçtaşı ve yarı ayrışmış volkanitler arasında ileri derecede altere bir sınır mevcuttur. Bu alterasyon yaklaşık 6 m boyunca gözlemlenebilmektedir. Bu seviyeyi takiben gelişen boksit oluşumları da 6 m kalınlığa ulaşmaktadır. Boksit seviyesi devamında 55 m kalınlıkta yarı ayrışmış volkanit seviyesi görülmektedir. Altere volkanitin tekrar boksite geçiş gösterdiği kesimden itibaren 21 m devam eden cevher kayacı 10 m lik bir volkanit seviyesinin ardından Mezardere formasyonuna ait kireçtaşına geçiş göstermektedir (Şekil 3.7).

Zuhurdan alınmış ayrışmamış volkanit numunelerinden yapılan XRD analiz sonuçlarına göre; anortit, albit, ojit, muskovit, kuvars, kalsit, manyetit, montmorillonit; yarı ayrışmış volkanitlerde; albit, kuvars, nontronit, kaolinit, anataz;



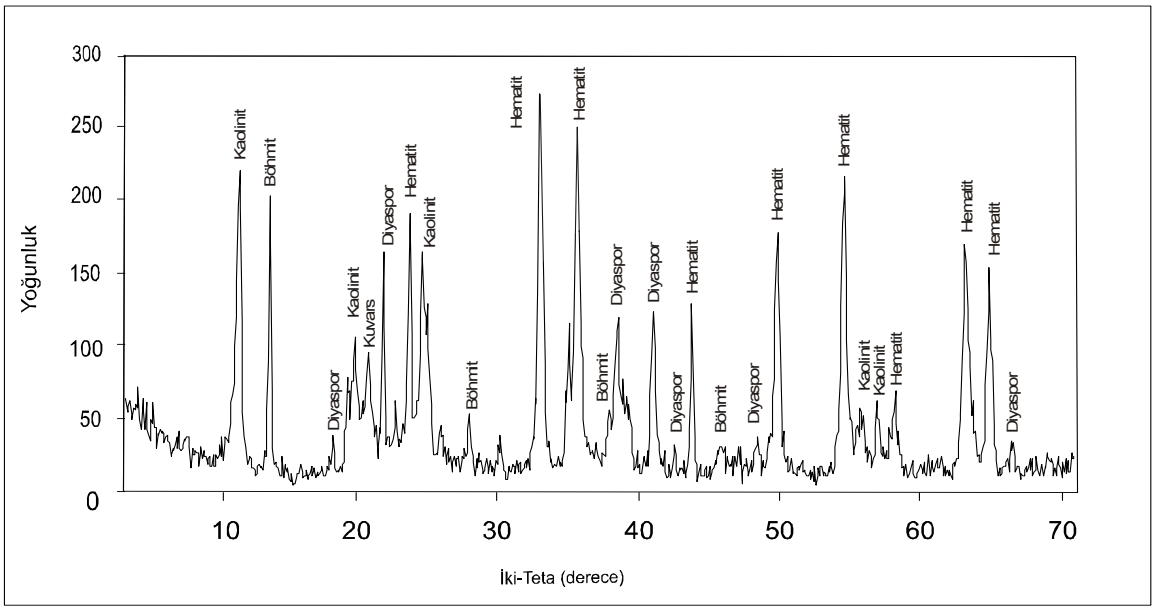
Şekil 3.5. *Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe boksit zuhurunun ölçülü enine jeoloji kesiti.*



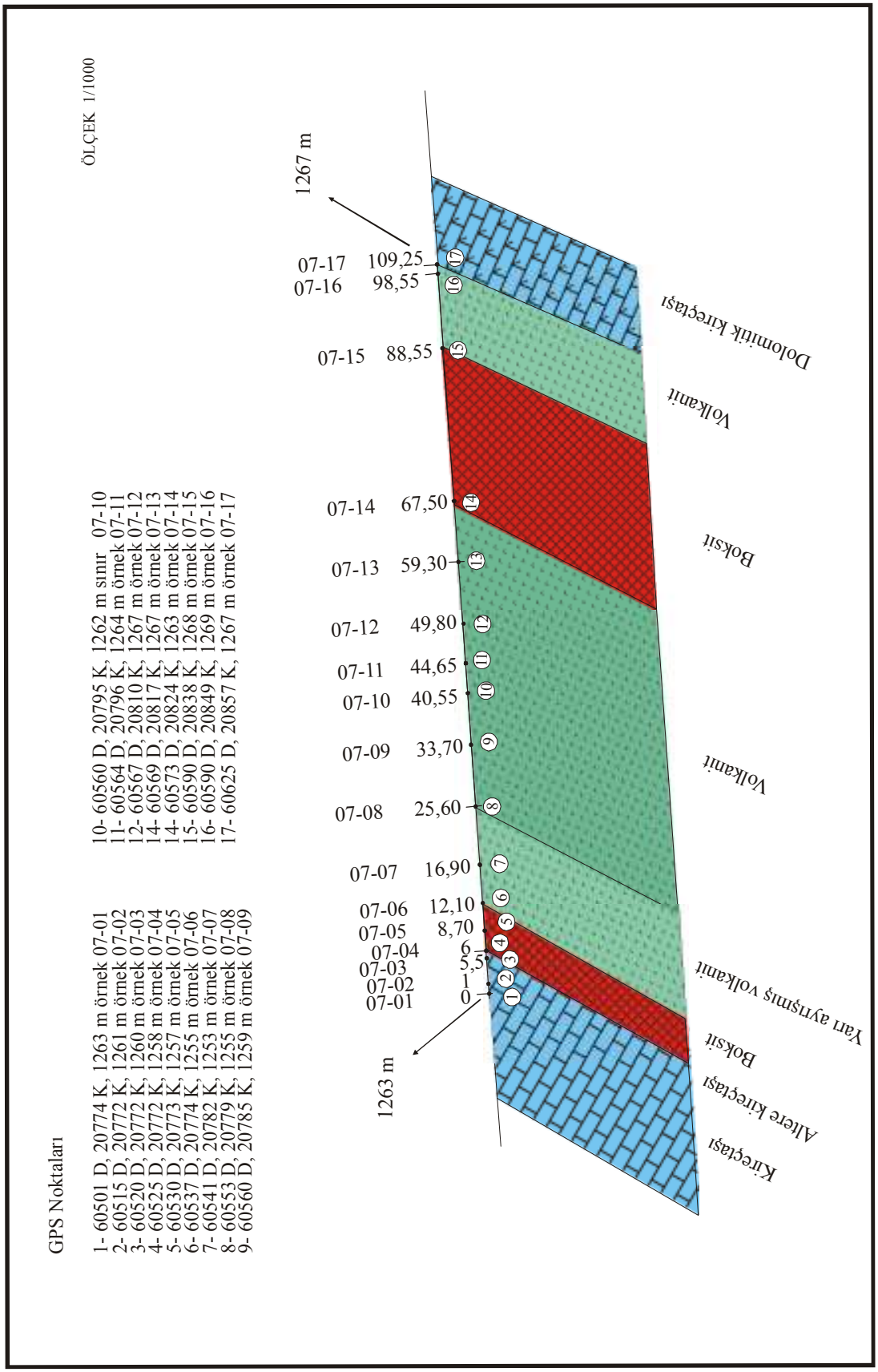
Şekil 3.6. *Kışla Tepe boksit zuhuruna ait genel bir görünüm.*

boksit örneklerinde yapılan analizlerde ise; diyaspor, hematit, böhmit, kaolinit ve anataz minerallerine rastlanmıştır (Şekil 3.8).

Kışla Tepe boksit zuhurundaki boksitlerin kimyasal analiz sonuçlarına göre, ortalama Al_2O_3 miktarı % 55.35, Fe_2O_3 miktarı % 21.97, TiO_2 miktarı % 5.24, SiO_2 miktarı ise % 3.12'dir. Bu zuhura ait TNTE miktarı ise 104.48 ppm'dir.



Şekil 3.8. *Kışla Tepe boksit zuhurundan alınan boksit numunesinin X-ray difraktogramı.*



Şekil 3.7. *Kışla Tepe boksit zuhurunun ölçülü enine jeoloji kesiti*

4. JEOKİMYA

4.1. Numune Alım, Analiz ve Jeoistatistiksel Değerlendirme Yöntemleri

Çarıksaraylar ile Kozluçay Kasabaları arasındaki zuhurların volkanit, yarı ayrışmış volkanit ve boksit örneklerinden sistematik olarak derlenen numunelerde; mineralojik tayin için X – ışınları difraktometrisi (XRD) ve incekesit incelemesi, majör element (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3), bazı iz element (Ni, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y, Sc) ve NTE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) analizleri için ise 4A-4B grup analizi yapılmıştır.

Laboratuvarda öğütücü ve havan kullanılarak toz haline getirilen ve yaklaşık 20 gr ağırlığında ve 200 mikron boyutlarında hazırlanmış numunelerin XRD analizlerinin bir kısmı; Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Fakültesi, Fizik laboratuvarlarında (SIEMENS DX-5000), bir kısmı da Seydişehir Alüminyum İşletmeleri Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca laboratuvarda küçük parçalar halinde 30 gr'lık poşetler halinde hazırlanan 50 adet numunenin ana oksit, iz element ve NTE tayini, ICP-MS (Çift iletimli plazma kütle spektrometrisi) ile ACME (Vancouver-Kanada) laboratuvarlarında yapılmıştır. Derlenen numunelerden hazırlanan 25 adet incekesit, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında, polarizan mikroskobu ile incelenmiştir.

Çalışma alanında yüzeyleyen boksit yatakları; 3 ayrı profil şeklinde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yankayaçlar ve cevherlere ait ana oksit (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3), bazı iz element (Ni, Ga, Nb, Th, V, Zr, Y, Sc) ve NTE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) istatistikî olarak 0,95 anlamlılık düzeyinde analiz edilmiştir. Örneklere uygulanan student t testine göre bu veriler üzerinde yapılan çalışmalar % 95 düzeyinde anlamlı çıkmaktadır. Söz konusu analiz sonuçları kullanılarak kireçtaşları, ana kayaçlar ve boksitlere ilişkin korelasyon analizleri ile boksit bileşenlerinin ve diğer kayaçların bileşenlerinin ilişkileri, her bir kayaç türünün ortak korelasyon katsayılarına göre yapılan daha önceki bazı çalışmalarda da yapıldığı gibi (Karadağ ve diğ., 2006) küme (cluster) analizi yakınlık sıralaması (dendogramlar) yardımıyla bileşenlerin kümelenmeleri ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, yarı ayrışmış ana kayaç ve boksitlere uygulanan faktör analizleri ile bu oluşukların içerdikleri bileşenlerin bulunuşları ile ilgili teorik etkenler ortaya çıkarılarak dendogramdaki kümelere ait jeolojik ve

jeokimyasal etkenler yorumlanmıştır. Boksitlerdeki NTE'nin ve dolayısıyla boksitlerin kaynağı ile bu kaynaktan itibaren meydana gelen oluşum süreçleri açıklanmaya çalışılmıştır.

4.2. Yankayaç Jeokimyası

4.2.1. Kireçtaşları

Öncel (1995)'in çalışmasında "Mezardere dolomit üyesi" olarak adlandırılan Mezardere formasyonundaki karbonatlarda dolomit oluşumunda bulunması gerekli olan yeterli Mg'a rastlanmamıştır. Taban kireçtaşları (Mezardere formasyonu) ve tavan kireçtaşları (Aktaşsırtı kireçtaşları) arasında yapılan varyans analizine göre, (0.86 > 0.5) her iki kireçtaşı arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Bu çalışmada lateritik profillerde yapılan örneklemelerde her zuhurun altında ve üstünde bulunan karbonatlardan da örnekler alınmıştır. Taban kireçtaşlarından (Mezardere formasyonu) alınan 02-01, 05-01, 07-17, 09-01 örneklerinin ortalama CaO, MgO, SiO_2, TiO_2, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içerikleri sırasıyla, % 53.51, % 0.62, % 1.49, % 0.07, % 0.62, % 0.67'dir (Tablo 4.2). Toplam NTE ise 6.62 ppm'dir. Ce, 2.35 ppm ortalama ile en çok bulunan NTE elementi olup, bunu 1.68 ppm ile La ve iz elementlerden 1.33 ppm ile Y ve 1.25 ppm ile Sc takip etmektedir. HNTE (La-Sm) ise 5.85 ppm ile 0.70 ppm olan ANTE (Gd-Lu)'nin yaklaşık 8 katı oranında bulunmaktadır.

Tablo 4.1. *Taban kireçtaşları (Mezardere formasyonu) ve tavan kireçtaşlarına (Aktaşsırtı kireçtaşları) ait varyans analizi.*

	Kareler Toplamı	**Serbestlik Derecesi**	**Ortalamanın Karesi**	**F**	**Sig.**
Gruplar arası	10,80	1	10,80	0,03	**0,86**
Gruplar içi	26916,34	77	349,56		
Toplam	26927,14	78			

Mezardere formasyonu kireçtaşı örneklerinde yapılan korelasyon analizinde *CaO*; LOI ile çok kuvvetli pozitif; NTE'den Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Er ve Lu ile çok kuvvetli negatif; Cu, Pb, Zn, Ni ve Th ile kuvvetli pozitif; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, P_2O_5, Ga, Nb, V, Zr, Sc ve NTE'den Ho ve Tm ile kuvvetli negatif korelasyona; *TiO_2*; Al_2O_3, Fe_2O_3, P_2O_5, Ga, Nb, Zr, Pr, Nd ve Sc ile çok kuvvetli pozitif; Ce ile kuvvetli pozitif korelasyona; CaO ve LOI ile kuvvetli negatif korelasyona; *Al_2O_3*; Fe_2O_3, TiO_2, P_2O_5, Ga, Nb, Zr, Sc, NTE'den Pr ve Nd ile çok kuvvetli pozitif; Ce ile

Tablo 4.2. *Mezardere formasyonunun (taban kireçtaşlarının) ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) miktarları ve istatistiksel analiz özetleri (**AO**: aritmetik ortalama, **SS**: Standart sapma, **SH**: Standart hata, t_h: Hesaplanan t değeri, **AS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, **ÜS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınır, Eleman sayısı: 4, Tablo t değeri: 2.35).*

	02-01	05-01	07-17	09-01	AO	SS	SH	t_h	AS	ÜS
SiO_2	2,69	0,83	1,52	0,91	1,49	0,86	0,43	3,46	0,12	2,85
Al_2O_3	0,38	0,36	1,30	0,44	0,62	0,45	0,23	2,73	-0,10	1,34
Fe_2O_3	0,39	0,70	1,25	0,35	0,67	0,42	0,21	3,24	0,01	1,33
MgO	0,43	0,59	0,74	0,73	0,62	0,15	0,07	8,56	0,39	0,85
CaO	53,09	54,13	52,45	54,35	53,51	0,89	0,45	119,89	52,08	54,93
Na_2O	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	4,24	0,01	0,05
K_2O	0,12	0,05	0,04	0,05	0,07	0,04	0,02	3,52	0,01	0,12
TiO_2	0,03	0,03	0,16	0,04	0,07	0,06	0,03	2,05	-0,04	0,17
P_2O_5	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	3,00	0,00	0,03
MnO	0,14	0,08	0,04	0,01	0,07	0,06	0,03	2,40	-0,02	0,16
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90	0,00	0,00
LOI	42,60	43,20	42,40	43,00	42,80	0,37	0,18	234,43	42,22	43,38
Cu	1,80	13,80	4,10	5,90	6,40	5,21	2,61	2,46	-1,89	14,69
Pb	1,20	1,10	0,20	3,00	1,38	1,17	0,59	2,34	-0,49	3,24
Zn	15,00	11,00	7,00	98,00	32,75	43,62	21,81	1,50	-6,66	102,16
Ni	3,65	9,05	5,80	8,45	6,74	2,50	1,25	5,40	2,77	10,71
Ga	0,50	0,60	2,20	0,50	0,95	0,83	0,42	2,28	-0,38	2,28
Nb	0,50	0,60	2,20	0,60	0,98	0,82	0,41	2,38	-0,33	2,28
Th	0,10	0,20	0,10	0,50	0,23	0,19	0,09	2,38	-0,08	0,53
V	15,00	6,00	15,00	11,00	11,75	4,27	2,14	5,50	4,95	18,55
Zr	2,90	3,40	12,50	3,80	5,65	4,58	2,29	2,47	-1,64	12,94
La	1,40	1,30	1,80	2,20	1,68	0,41	0,21	8,14	1,02	2,33
Ce	2,70	1,30	3,70	1,70	2,35	1,08	0,54	4,37	0,64	4,06
Pr	0,33	0,23	0,45	0,23	0,31	0,10	0,05	5,93	0,14	0,48
Nd	1,30	0,90	1,80	1,00	1,25	0,40	0,20	6,19	0,61	1,89
Sm	0,30	0,20	0,30	0,24	0,26	0,05	0,02	10,61	0,18	0,34
Eu	0,10	0,06	0,09	0,05	0,08	0,02	0,01	6,30	0,04	0,11
Gd	0,36	0,19	0,23	0,17	0,24	0,09	0,04	5,56	0,10	0,37
Tb	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,01	0,01	7,00	0,02	0,05
Dy	0,24	0,17	0,14	0,11	0,17	0,06	0,03	5,93	0,08	0,25
Ho	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05	0,01	0,01	9,00	0,03	0,06
Er	0,11	0,08	0,11	0,05	0,09	0,03	0,01	6,09	0,04	0,13
Tm	0,05	0,05	0,05	0,01	0,04	0,02	0,01	4,00	0,01	0,07
Yb	0,11	0,08	0,06	0,05	0,08	0,03	0,01	5,67	0,03	0,12
Lu	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	5,20	0,01	0,02
Sc	1,00	1,00	2,00	1,00	1,25	0,50	0,25	5,00	0,45	2,05
Y	1,90	1,30	1,20	0,90	1,33	0,42	0,21	6,32	0,66	1,99

kuvvetli pozitif; CaO, LOI ve Pb ile kuvvetli negatif korelasyona; *Fe_2O_3;* Al_2O_3, TiO_2, P_2O_5, Ga, Nb, Zr ve Sc ile çok kuvvetli pozitif; NTE'den Ce, Pr ve Nd ile kuvvetli pozitif; CaO ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir. NTE ise kendi aralarında ve Th ve Y ile pozitif korelasyon göstermektedirler (Şekil 4.1).

İnceleme alanından alınan Mezardere formasyonu kireçtaşlarına ait elementlerin ortak korelasyon katsayıları kullanılarak yapılan küme (cluster) analizi dendogramında belirgin 3 grup ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.2). Birinci grup; (P_2O_5-Sc-Ga-Al_2O_3-TiO_2-Nb-Zr)-(Fe_2O_3) grubu ile birleşen (Pr-Nd-Ce) ve (V-Sm) çifti ile temsil edilmektedir. Korelasyon katsayılarına göre yapılan yakınlık sıralamasında ikinci grup; (SiO_2-Gd)-(K_2O-Tb) ve (MnO-Yb-Dy-Y-Na_2O) ile bunlara uzaktan eklenen (Ho-Tm)-(Eu-Er-Lu) çiftinin oluşturduğu gruptur.

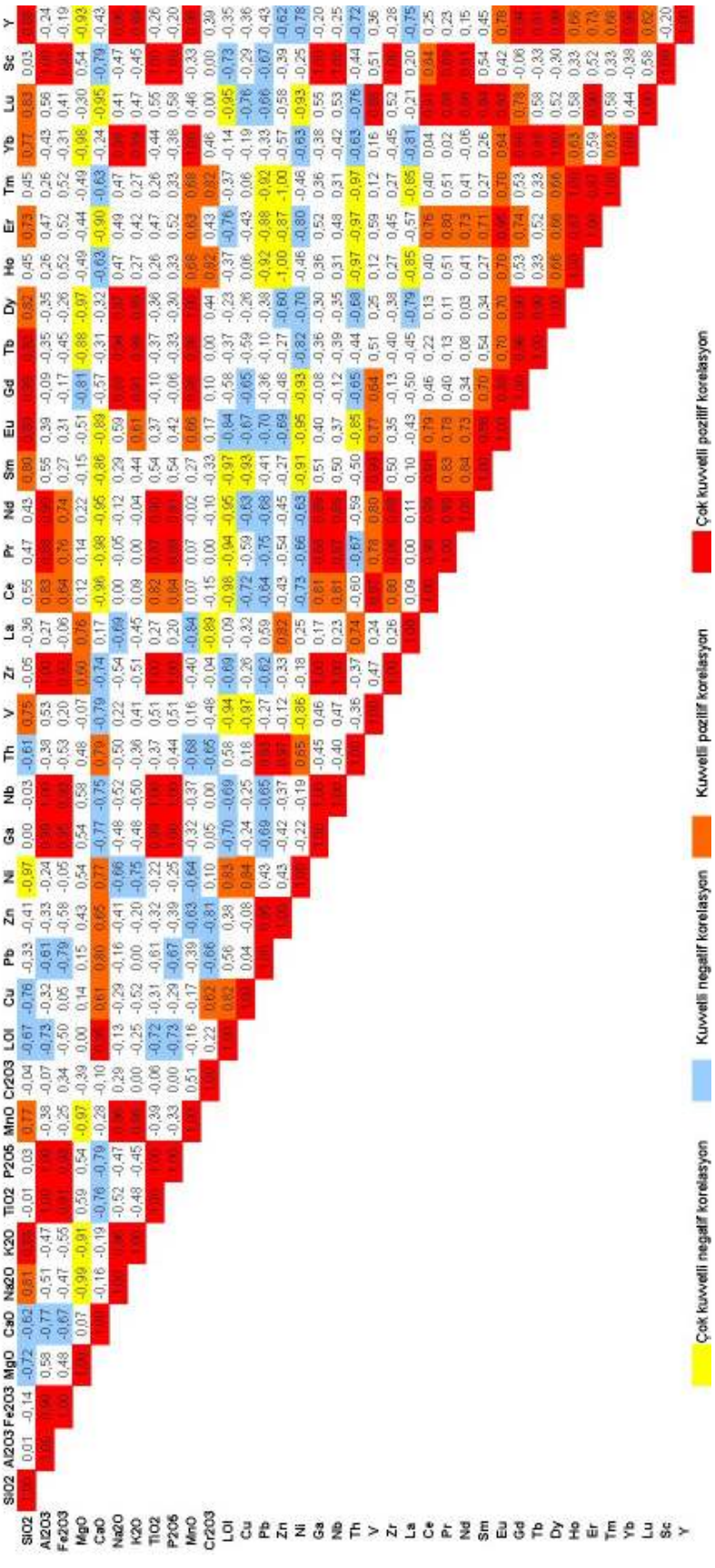
Yakınlık sıralamasında son grup ise, (MgO-La) çiftine uzaktan eklenen (Zn-Th)-Pb ve (CaO-LOI)-(Cu-Ni) ile temsil edilmektedir. Buna göre, Mezardere formasyonu karbonatlarında, aralarında yüksek pozitif korelasyon bulunan Ga, Zr, TiO_2, Nb, Al_2O_3, Fe_2O_3, P_2O_5 ve Sc ile bunlarla yüksek negatif ilişki gösteren CaO'in farklı kaynaklardan gelmiş oldukları söylenebilir. Kireçtaşlarının ana bileşeni olan CaO, NTE ile çok zayıf negatif korelasyona sahiptir. Bununla birlikte, kireçtaşlarında NTE, esas olarak ana oksitlerden SiO_2, K_2O ve MnO ile yakından, TiO_2, Al_2O_3 Fe_2O_3, ve P_2O_5 ile de biraz daha uzaktan ilişkilidir.

Karbonatlı kayaç örneklerinde bileşenlerin inceleme alanındaki varlığını belirleyebilmek için faktör analizi uygulanmıştır. Faktör analizinde eigen değerleri 1'in üstünde olan ilk 3 faktör toplam değişimin %100'ünü temsil etmektedir (Tablo 4.3). Bu faktörlerin bileşenlerine göre yaygınlıkları ve faktör yükleri de hesaplanarak yaygınlık diyagramlarında bileşenlerin yükleri ve değişime etkisi birlikte değerlendirilmiştir (Şekil 4.3).

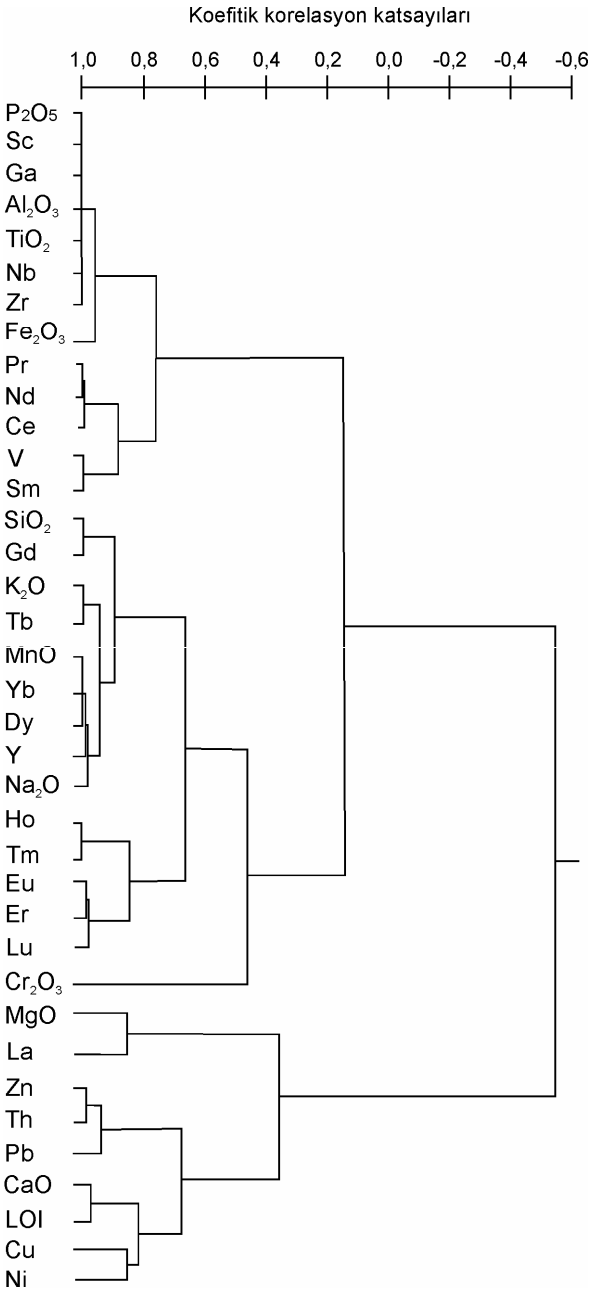
Tablo 4.3. *Mezardere formasyonu karbonatlı kayaçlarından alınan 4 örneğin verileri ile yapılan faktör analizine göre ilk 3 faktörün eigen değerleri ve değişim içindeki payları.*

	Başlangıç Eigen Değerleri		
Bileşen	Toplam	% Varyans	% Kümülatif
1	18.23	49.26	49.26
2	13.11	35.43	84.69
3	5.66	15.31	100.00

Değişimin % 49.26'sını temsil eden birinci faktör; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Na2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, Ga, Nb, V, Zr, Sc, Y ile La dışındaki tüm NTE'nin önemli pozitif; MgO, CaO, LOI, Cu, Pb, Zn, Ni, Th ve La'nın önemli negatif yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 4.3). Pozitif yük veren bileşenler, dendogramda birinci



Şekil 4.1. *Mezardere formasyonuna ait bazı ana oksit, iz element ve NTE'nin korelasyon katsayıları.*

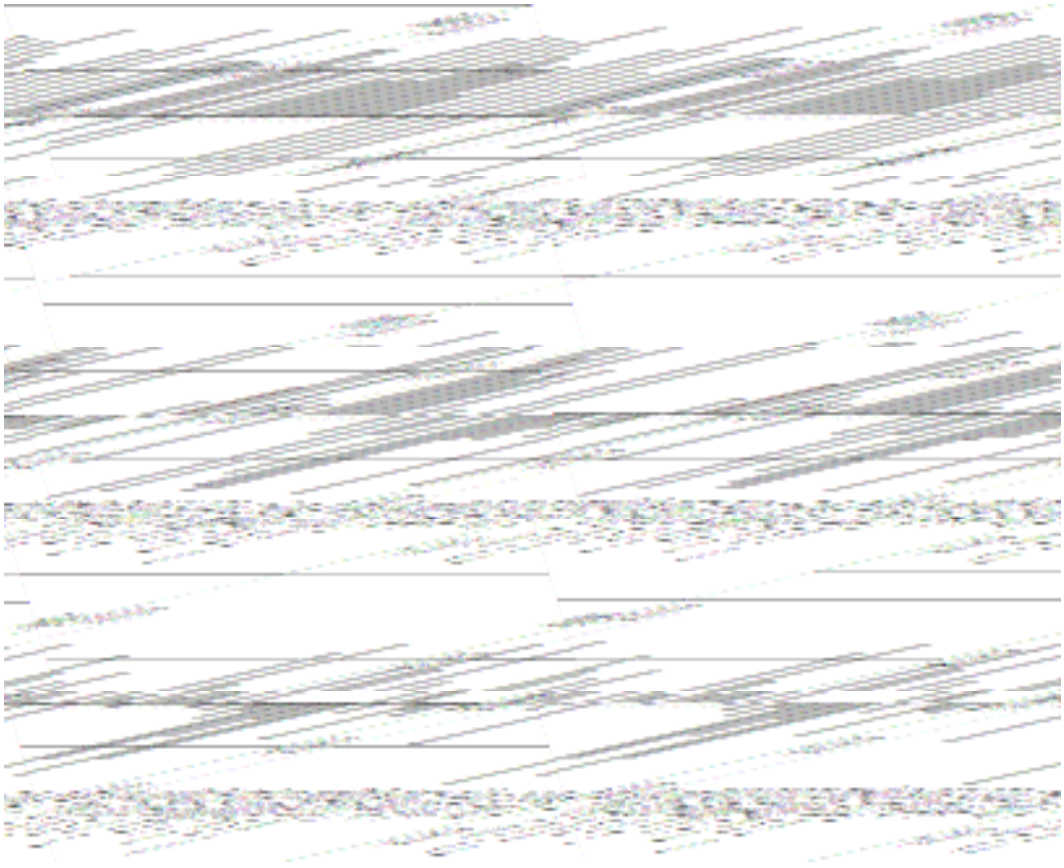


Şekil 4.2. *Mezardere formasyonu karbonatlarından (taban kireçtaşları) derlenen örneklerin koefitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.*

ve ikinci grup ile eşleşmektedir. Dolayısıyla karbonatlı kayaçlarda birinci faktör; ilk oluşum evresini göstermekte olup, çökelimin başladığını ve NTE'nin; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, Ga, Nb, V, Zr, Sc, Y'un davranışlarına paralel olarak yerleştiğini göstermektedir.

Değişimin % 35.43'ünü karşılayan ikinci faktör; Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, TiO_2, P_2O_5, Ga, Nb, Zr, Sc ve HNTE'nin önemli pozitif, SiO_2, CaO, Na_2O, K_2O, MnO, Cr_2O_3, LOI, Y ve ANTE'nin önemli negatif yükleri ile temsil edilmektedirler. Buna göre bu faktör, dendogramdaki birinci grubu diğer gruplardan ayırmaktadır. Grup içerisindeki bileşenlerin genellikle ağır elementlerden oluşması, magmatik köken ile yörede ve/veya yakınlarında magmatik bir faaliyeti işaret etmektedir.

Üçüncü faktör, SiO_2, K_2O, Pb, Zn, Th, V ve HNTE'nin önemli pozitif, Fe_2O_3, Cr_2O_3 ve Cu'ın önemli negatif yükleri ile temsil edilmekte ve değişimin % 13.61'ini karşılamaktadır. Faktör, bu evrede karbonatlı kayaçların yüzeylediğini, Fe_2O_3, Cr_2O_3 ve Cu'ın da yüzeysel ayrışma sonucunda ortamdan uzaklaşmaya başladığını ve bölgede kıta içi bir magmatizmanın gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 4.3. *Mezardere formasyonu karbonatlarına ait bileşenlerin faktör analizi.*

Tavan kireçtaşlarından (Aktaşsırtı kireçtaşları) derlenen 02-18, 05-13, 07-01 ve 09-07 örneklerinde ise CaO, MgO, SiO_2, TiO_2, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içerikleri sırasıyla, % 52.73, % 0.62, % 1.15, % 0.17, % 1.41, % 1.20'dir (Tablo 4.4). TNTE ise 8.42

ppm'dir. Ce, 2.83 ppm ortalama ile en çok bulunan NTE elementi olup, bunu 2.35 ppm ile La takip etmektedir. Toplam HNTE (La-Sm) miktarı 7.38 ppm olup, toplam miktarı 0.97 ppm olan ANTE (Gd-Lu)'nin yaklaşık 8 katı oranında bulunmaktadır.

***Tablo 4.4**. Aktaşsırtı kireçtaşlarının (tavan kireçtaşlarının) ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) miktarları ve istatistiksel analiz özetleri (**AO**: aritmetik ortalama, **SS**: Standart sapma, **SH**: Standart hata, t_h: Hesaplanan t değeri, **AS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, **ÜS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınır, Eleman sayısı: 4, Tablo t değeri: 2.35).*

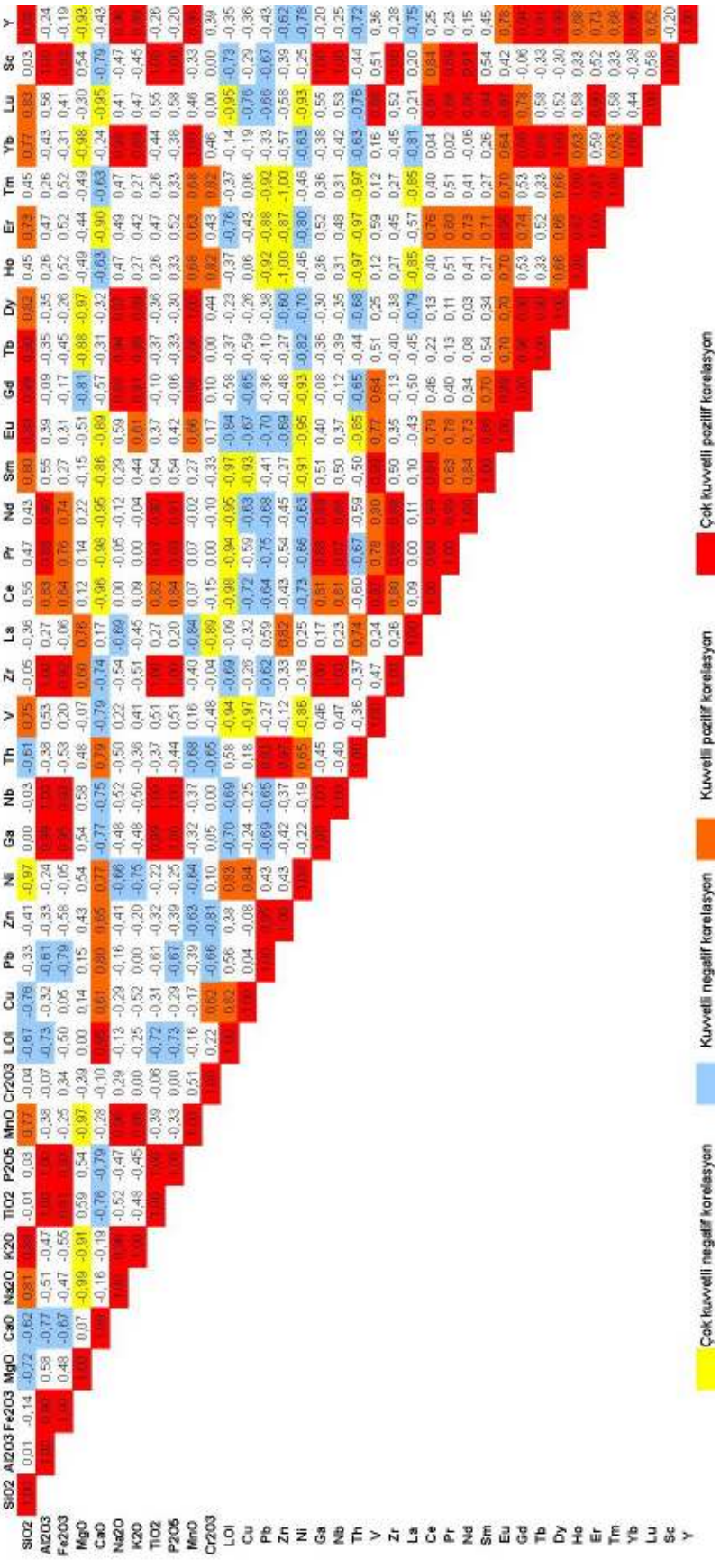
	02-18	05-13	07-01	09-07	AO	SS	SH	t	AS	ÜS
SiO_2	0,42	1,77	1,25	0,64	1,02	0,61	0,31	3,34	0,05	1,99
Al_2O_3	0,33	2,23	2,64	0,43	1,41	1,20	0,60	2,34	-0,50	3,32
Fe_2O_3	0,55	1,18	2,69	0,36	1,20	1,06	0,53	2,26	-0,49	2,88
MgO	0,53	0,67	0,61	0,68	0,62	0,07	0,03	18,37	0,51	0,73
CaO	54,60	51,22	50,69	54,39	52,73	2,06	1,03	51,26	49,45	56,00
Na_2O	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	4,90	0,01	0,03
K_2O	0,04	0,16	0,13	0,06	0,10	0,06	0,03	3,43	0,01	0,19
TiO_2	0,03	0,23	0,36	0,05	0,17	0,16	0,08	2,14	-0,08	0,42
P_2O_5	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	2,83	0,00	0,04
MnO	0,01	0,01	0,08	0,01	0,03	0,04	0,02	1,57	-0,03	0,08
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,89	0,00	0,01
LOI	43,40	42,40	41,40	43,35	42,64	0,94	0,47	90,28	41,13	44,14
Cu	3,70	4,70	5,90	11,40	6,43	3,44	1,72	3,74	0,96	11,89
Pb	0,60	1,50	1,00	5,20	2,08	2,12	1,06	1,96	-1,29	5,44
Zn	5,00	12,00	9,00	124,50	37,63	57,99	28,99	1,30	-54,65	129,90
Ni	5,50	7,20	3,40	4,58	5,17	1,60	0,80	6,45	2,62	7,72
Ga	0,70	2,90	3,90	0,60	2,03	1,64	0,82	2,47	-0,58	4,63
Nb	0,50	2,60	3,40	0,85	1,84	1,39	0,69	2,65	-0,37	4,05
Th	0,10	1,00	0,30	0,30	0,43	0,39	0,20	2,15	-0,20	1,05
V	7,00	26,00	38,00	15,00	21,50	13,48	6,74	3,19	0,05	42,95
Zr	3,50	19,10	25,80	4,55	13,24	10,99	5,50	2,41	-4,25	30,73
La	0,90	3,30	1,60	3,60	2,35	1,31	0,65	3,59	0,27	4,43
Ce	1,10	5,40	2,80	2,10	2,85	1,84	0,92	3,10	-0,07	5,77
Pr	0,20	0,71	0,33	0,29	0,38	0,23	0,11	3,38	0,02	0,74
Nd	0,90	2,80	1,30	1,10	1,53	0,87	0,43	3,52	0,15	2,90
Sm	0,20	0,50	0,20	0,19	0,27	0,15	0,08	3,59	0,03	0,51
Eu	0,07	0,11	0,07	0,05	0,07	0,03	0,01	5,49	0,03	0,12
Gd	0,33	0,44	0,28	0,22	0,32	0,09	0,05	6,81	0,17	0,47
Tb	0,04	0,06	0,04	0,03	0,04	0,01	0,01	6,76	0,02	0,06
Dy	0,32	0,34	0,17	0,15	0,24	0,10	0,05	4,85	0,08	0,40
Ho	0,05	0,07	0,05	0,04	0,05	0,01	0,01	7,14	0,03	0,07
Er	0,14	0,20	0,13	0,06	0,13	0,06	0,03	4,62	0,04	0,22
Tm	0,05	0,05	0,05	0,02	0,04	0,02	0,01	4,71	0,01	0,07
Yb	0,09	0,20	0,14	0,05	0,12	0,06	0,03	3,70	0,02	0,22
Lu	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	4,90	0,01	0,03
Sc	1,00	3,00	5,00	1,00	2,50	1,91	0,96	2,61	-0,55	5,55
Y	2,30	2,60	1,60	0,90	1,85	0,76	0,38	4,87	0,64	3,06

Aktaşsırtı kireçtaşları örneklerinden yapılan korelasyon analizinde *CaO*; LOI ile çok kuvvetli pozitif; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O, TiO_2, P_2O_5, Cr_2O_3, Ga, Nb, V, Zr, ve Sc ile çok kuvvetli negatif; Na_2O, MnO ve NTE ile kuvvetli negatif korelasyona; *TiO_2*; Al_2O_3, Fe_2O_3, P_2O_5, Cr_2O_3, Ga, Nb, V, Zr ve Sc ile çok kuvvetli pozitif; SiO_2, Na_2O, K_2O, MnO ile kuvvetli pozitif korelasyona; CaO ve LOI ile çok kuvvetli negatif korelasyona; *Al_2O_3*; SiO_2, Fe_2O_3, K_2O, TiO_2, P_2O_5, Cr_2O_3, Ga, Nb, V, Zr ve Sc ile çok kuvvetli pozitif; Na_2O, MnO ile NTE'den Ce, Pr, Ho, Yb ve Lu ile kuvvetli pozitif; CaO ve LOI ile kuvvetli negatif korelasyona; *Fe_2O_3;* Al_2O_3, Na_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Ga, Nb, V, Zr ve Sc ile çok kuvvetli pozitif; K_2O ve Cr_2O_3 ile kuvvetli pozitif; CaO ve LOI ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir. NTE ise hem kendi aralarında, hem de Th ve Y ile pozitif korelasyon göstermektedirler (Şekil 4.4).

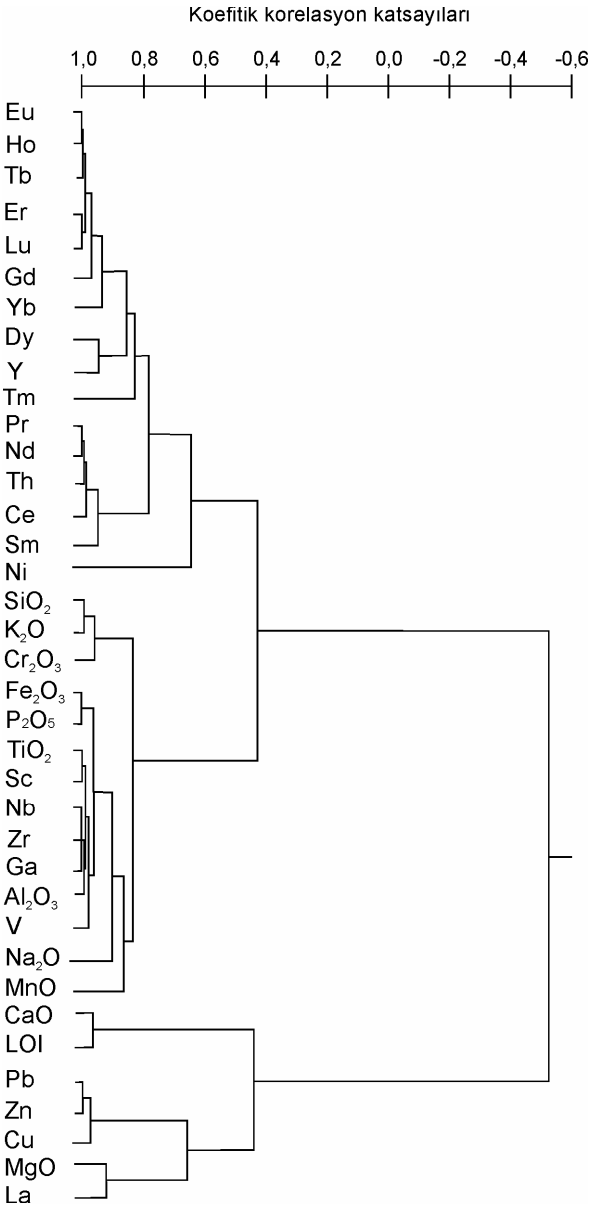
İnceleme alanından derlenen Aktaşsırtı kireçtaşlarına ait elementlerin ortak korelasyon katsayıları kullanılarak yapılan küme (cluster) analizi dendogramında belirgin 3 grup ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.5). Birinci grup; (Eu-Ho-Tb)-(Er-Lu)-Gd-Yb-(Dy-Y)-Tm ile bunlara uzaktan birleşen (Pr-Nd)-Th-Ce-Sm-Ni ile temsil edilmektedir. Korelasyon katsayılarına göre yapılan yakınlık sıralamasında ikinci grup; (SiO_2-K_2O)-Cr_2O_3 ile bunlara eklenen (Fe_2O_3-P_2O_5)-(TiO_2-Sc)-(Nb-Zr-Ga)-Al_2O_3-V-Na_2O-MnO'ın oluşturduğu gruptur.

Dendogramda son grup ise, (CaO-LOI) çiftine düşük katsayılarla eklenen (Pb-Zn)-Cu-(MgO-La) ile temsil edilmektedir. Buradan yola çıkarak; Aktaşsırtı kireçtaşlarında aralarında yüksek pozitif korelasyon bulunan Fe_2O_3, P_2O_5, TiO_2, Sc, Nb, Zr, Ga, Al_2O_3 ve V ile bunlarla yüksek negatif ilişki gösteren CaO, Pb, Zn, Cu, MgO'un farklı kaynaklardan gelmiş oldukları söylenebilir. Kireçtaşlarının ana bileşeni olan CaO, NTE ile çok zayıf negatif korelasyona sahiptir. Buna göre kireçtaşlarında, NTE, ana oksitlerden Al_2O_3, SiO_2, K_2O, Cr_2O_3, Fe_2O_3, P_2O_5 ve TiO_2 ile biraz daha uzaktan ilişkilidir.

Aktaşsırtı kireçtaşlarından derlenen kayaç örneklerindeki bileşenlerin inceleme alanındaki varlığını belirleyebilmek için faktör analizi uygulanmıştır. Faktör analizinde eigen değerleri 1'in üstünde olan ilk 3 faktör toplam değişimin %100'ünü temsil etmektedir (Tablo 4.5). Bu faktörlerin bileşenlerine göre yaygınlıkları ve faktör yükleri de hesaplanarak yaygınlık diyagramlarında bileşenlerin yükleri ve değişime etkisi birlikte değerlendirilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.4. *Aktaşsırtı kireçtaşlarına ait bazı ana oksit, iz element ve NTE'nin korelasyon katsayıları.*



Şekil 4.5. *Aktaşsırtı kireçtaşlarından (tavan kireçtaşları) derlenen örneklerin koefitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.*

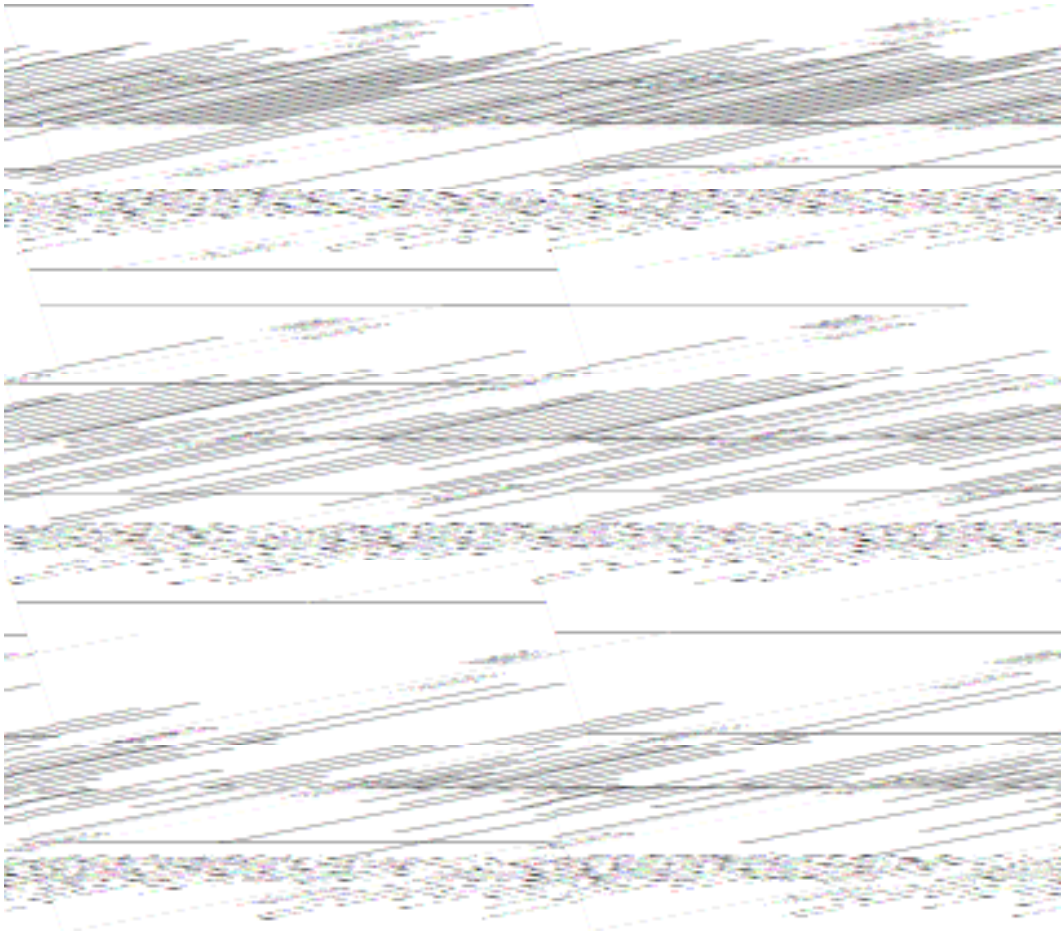
Tablo 4.5. *Aktaşsırtı kireçtaşlarından (tavan kireçtaşları) derlenen 4 örneğin verileri ile yapılan faktör analizine göre ilk 3 faktörün eigen değerleri ve değişim içindeki payları.*

	Başlangıç Eigen Değerleri		
Bileşen	Toplam	% Varyans	% Kümülatif
1	21.20	57.29	57.29
2	9.36	25.29	82.57
3	6.45	17.42	100.00

Değişimin % 57.29'unu temsil eden birinci faktör; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, Ni, Ga, Nb, Th, V, Zr, Sc, Y ile La dışındaki tüm NTE'nin önemli pozitif; CaO, LOI, Cu, Pb ve Zn'nin önemli negatif yükleri ile

temsil edilmektedir (Şekil 4.6). Pozitif yük veren bileşenler dendogramda birinci ve ikinci grup ile eşleşmektedir. Dolayısıyla Aktaşsırtı kireçtaşlarında birinci faktör; karbonatların ilk oluşum evresini göstermekte olup, çökelimin başladığını ve NTE'nin; SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, Ga, Nb, V, Zr, Sc, Y'un davranışlarına paralel olarak yerleştiğini göstermektedir.

İkinci faktör, değişimin % 25.29'unu karşılamakta olup, CaO, LOI, Ni, Th, Y ve NTE'nin önemli pozitif; Al_2O_3, Fe_2O_3, Na_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, Cu, Ga, Nb, V, Zr ve Sc'un önemli negatif yüklerini karşılamaktadır. Bu faktör; kireçtaşlarında yükselme ve yüzeyleme sonucunda yüzeysel ayrışmanın başladığını ve bu esnada karbonat yapısının çözülerek ağır metallerin nisbi olarak zenginleşmeye başladığını ifade etmektedir.



Şekil 4.6. *Aktaşsırtı kireçtaşlarına ait bileşenlerin faktör analizi.*

Değişimin % 17.42'sini karşılayan üçüncü faktör, SiO_2, MgO, K_2O, Cu, Pb, Zn, Th, V, Zr ve HNTE'nin önemli pozitif, Na_2O, Y ve ANTE'nin önemli negatif yükleri ile temsil edilmektedir. Bu faktör, karbonatlı kayaçların kısmen su altında

kaldıklarını ve bu esnada gelişen bazik ortamlarda SiO_2, MgO ve K_2O'in uzaklaştırıldıklarını Y, Na_2O ve ANTE'nin ise nisbi olarak zenginleştiklerine işaret etmektedir.

4.2.2. Volkanitler

İslikayatepe volkanitlerinden alınan örneklerde, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO ve CaO ortalamaları sırasıyla; % 45.65, % 15.00, % 13.34, % 8.63 ve % 7.52'dir (Tablo 4.6). Toplam NTE ise ortalama 89 ppm'dir. Ce, 32.01 ppm ortalama ile en çok bulunan NTE elementi olup, bunu 18.77 ppm ile Nd izlemektedir. 73.99 ppm toplam

Tablo 4.6. *Volkanitlerin ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) miktarları ve istatistiksel analiz özetleri (**AO**: aritmetik ortalama, **SS**: Standart sapma, **SH**: Standart hata, t_h:Hesaplanan t değeri, **AS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, **ÜS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınır, Eleman sayısı: 6, Tablo t değeri: 1.94).*

	02-05	02-14	02-15	05-02	05-03	05-07	05-08	AO	SS	SH	t	AS	US
SiO_2	45,89	44,96	45,18	46,15	46,555	44,96	45,87	45,65	0,63	0,24	193,08	45,07	46,23
Al_2O_3	14,81	15,19	15,01	14,99	14,50	15,76	14,74	15,00	0,40	0,15	98,57	14,63	15,37
Fe_2O_3	12,64	13,46	13,20	13,12	13,36	14,19	13,38	13,34	0,46	0,18	75,89	12,91	13,77
MgO	8,84	8,13	8,89	8,47	9,09	8,52	8,46	8,63	0,33	0,12	69,91	8,33	8,93
CaO	7,70	7,87	7,49	7,57	7,80	7,22	6,98	7,52	0,32	0,12	62,10	7,22	7,81
Na_2O	2,69	2,81	2,69	3,54	3,28	3,21	2,69	2,99	0,35	0,13	22,58	2,66	3,31
K_2O	0,62	0,30	0,27	0,86	0,89	0,92	0,97	0,69	0,30	0,11	6,13	0,41	0,96
TiO_2	1,89	2,00	1,95	2,17	2,15	2,29	2,18	2,09	0,14	0,05	38,26	1,96	2,22
P_2O_5	0,30	0,29	0,33	0,35	0,33	0,34	0,33	0,32	0,02	0,01	39,92	0,30	0,34
MnO	0,16	0,19	0,28	0,16	0,16	0,16	0,16	0,18	0,04	0,02	10,70	0,14	0,22
Cr_2O_3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	46,34	0,04	0,04
LOI	4,20	4,70	4,60	2,50	1,80	2,30	4,00	3,44	1,20	0,46	7,57	2,33	4,56
Cu	54,40	76,20	144,40	65,20	69,00	68,30	55,30	76,11	31,09	11,75	6,48	47,36	104,87
Ga	22,80	24,00	24,90	25,70	24,70	26,70	23,40	24,60	1,34	0,51	48,60	23,36	25,84
Nb	14,70	12,90	14,90	19,60	18,30	20,20	17,90	16,93	2,77	1,05	16,18	14,37	19,49
Ni	187,00	207,00	198,00	216,00	216,00	203,00	223,00	207,14	12,35	4,67	44,38	195,72	218,56
Pb	2,00	1,60	0,70	2,00	1,90	2,60	2,10	1,84	0,59	0,22	8,33	1,30	2,38
Sr	327,80	363,80	357,70	427,90	419,20	580,30	366,10	406,11	84,51	31,94	12,71	327,95	484,28
Ta	0,90	0,80	0,90	1,20	1,20	1,30	1,10	1,06	0,19	0,07	14,70	0,88	1,23
Th	1,60	1,90	2,60	2,40	2,60	2,10	2,70	2,27	0,42	0,16	14,47	1,89	2,66
U	0,70	0,50	0,60	0,80	0,80	0,70	0,70	0,69	0,11	0,04	16,97	0,59	0,78
V	214,00	223,00	215,00	210,00	213,00	220,00	200,00	213,57	7,41	2,80	76,23	206,72	220,43
W	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,30	0,20	0,06	0,02	9,17	0,15	0,25
Zn	80,00	87,00	92,00	92,00	97,00	94,00	95,00	91,00	5,77	2,18	41,70	85,66	96,34
Zr	120,20	128,90	140,20	155,30	146,60	156,90	142,50	141,51	13,35	5,04	28,05	129,17	153,86
La	13,40	12,50	14,40	16,40	14,30	15,60	15,70	14,61	1,38	0,52	28,02	13,34	15,89
Ce	28,90	27,50	33,30	34,90	32,60	32,80	34,10	32,01	2,75	1,04	30,80	29,47	34,56
Pr	3,72	3,84	4,44	4,66	4,36	4,39	4,43	4,26	0,35	0,13	32,65	3,94	4,58
Nd	16,30	18,40	19,70	19,50	19,10	19,00	19,40	18,77	1,17	0,44	42,50	17,69	19,85
Sm	3,80	4,10	4,50	4,70	4,40	4,40	4,40	4,33	0,29	0,11	39,12	4,06	4,60
Eu	1,37	1,41	1,52	1,58	1,56	1,49	1,51	1,49	0,08	0,03	51,60	1,42	1,56
Gd	4,18	4,44	4,60	4,85	4,65	4,58	4,39	4,53	0,21	0,08	56,01	4,33	4,72
Tb	0,72	0,78	0,81	0,80	0,80	0,74	0,73	0,77	0,04	0,01	54,07	0,73	0,80
Dy	3,74	3,73	3,85	3,97	4,00	3,81	3,73	3,83	0,11	0,04	89,32	3,73	3,94
Ho	0,67	0,68	0,70	0,69	0,65	0,67	0,64	0,67	0,02	0,01	83,96	0,65	0,69
Er	1,84	1,88	1,87	1,88	1,86	1,77	1,80	1,84	0,04	0,02	114,17	1,80	1,88
Tm	0,23	0,24	0,23	0,22	0,23	0,23	0,22	0,23	0,01	0,00	87,64	0,22	0,23
Yb	1,44	1,48	1,47	1,46	1,44	1,39	1,32	1,43	0,06	0,02	67,37	1,38	1,48
Lu	0,24	0,21	0,22	0,2	0,22	0,21	0,2	0,21	0,01	0,01	40,58	0,20	0,23
Sc	24	23	22	20	20,5	22	21	21,79	1,41	0,53	40,88	20,48	23,09
Y	18,5	19,4	19	20,1	19,3	18,9	18,6	19,11	0,55	0,21	92,63	18,61	19,62

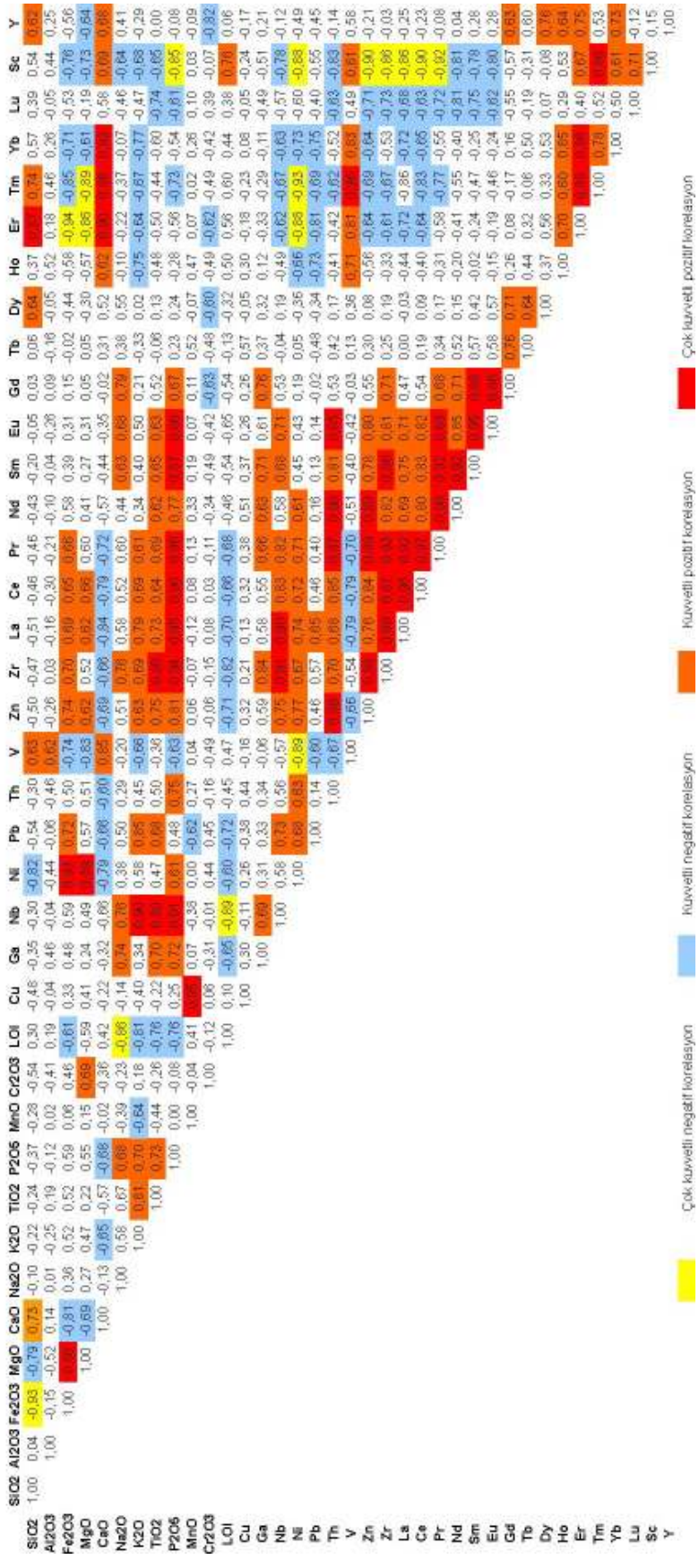
miktara sahip olan HNTE (La-Sm); toplamı, 13.51 ppm olan ANTE (Gd-Lu)'nin yaklaşık 5.5 kat oranında bulunmaktadır.

Volkanit örneklerinde gerçekleştirilen korelasyon analizinde SiO_2; Er ile çok kuvvetli pozitif; CaO, Tm ve Y ile kuvvetli pozitif; MgO ve Ni ile kuvvetli negatif; Fe_2O_3 ile çok kuvvetli negatif korelasyona; Al_2O_3; V ile kuvvetli pozitif korelasyona; Fe_2O_3; MgO ve Ni ile çok kuvvetli pozitif, Er ile çok kuvvetli negatif korelasyona; Na_2O; P_2O_5, Ga, Nb, Zr ve NTE'den Sm, Eu, Gd ile kuvvetli pozitif; LOI ile çok kuvvetli negatif; K_2O; Nb ile çok kuvvetli pozitif; TiO_2, P_2O_5, Pb, Zn, Zr, La, Ce, Pr ile kuvvetli pozitif; CaO, MnO, LOI, V, Sc ve ANTE; TiO_2; Nb ve Zr ile çok kuvvetli pozitif; K_2O, P_2O_5, Ga, Pb, Zn ve HNTE ile kuvvetli pozitif; LOI, Sc ve Lu ile kuvvetli negatif korelasyona; HNTE ve ANTE de kendi aralarında kuvvetli pozitif korelasyona sahiptirler (Şekil 4.7).

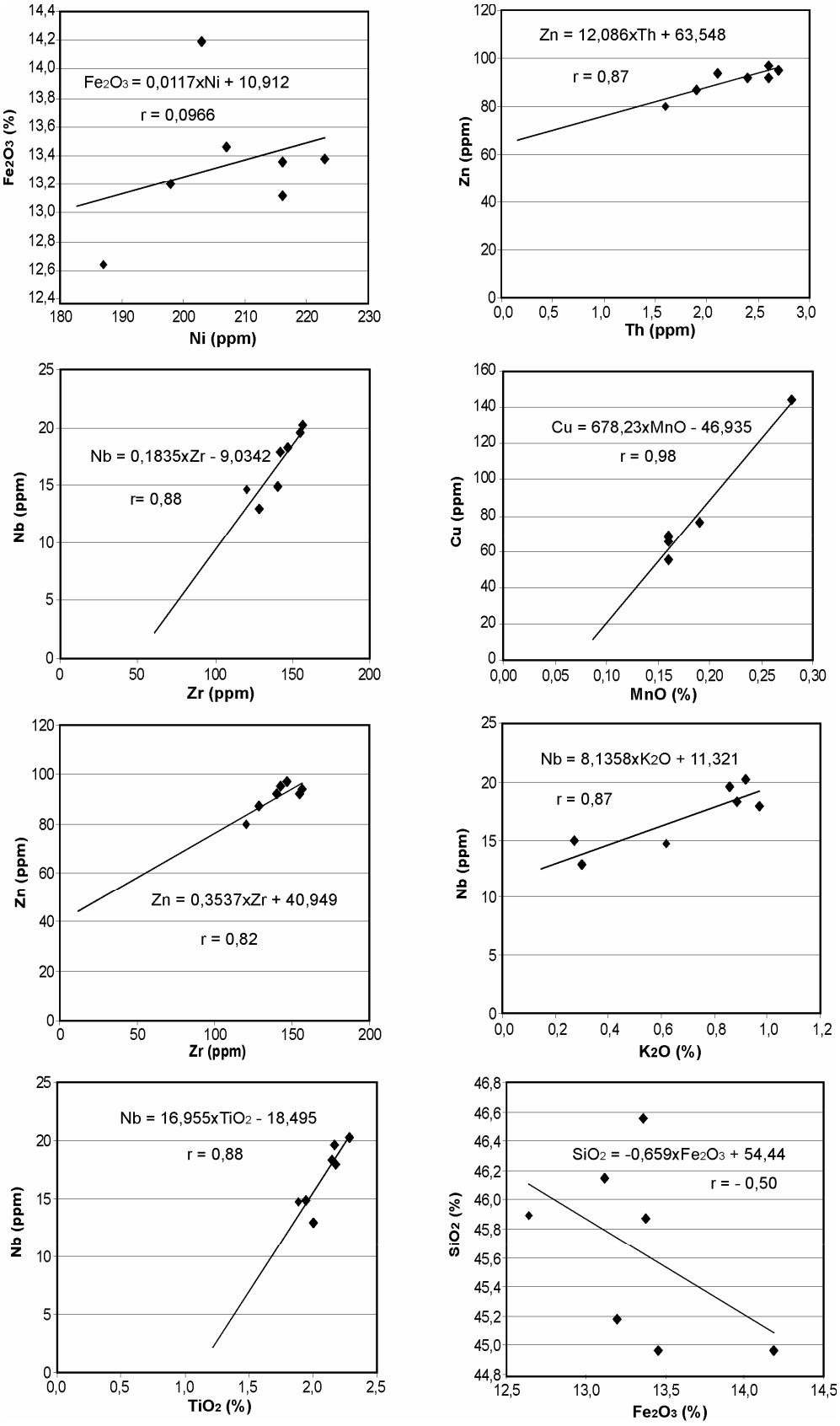
Volkanitlerdeki yüksek ilişkili element ve bileşiklerde yapılan regresyon analizlerinde; Fe_2O_3-Ni, Nb-Zr, Zn-Zr, Nb-TiO_2, Zn-Th, Cu-MnO, Nb-K_2O, arasında çok yüksek pozitif ilişki; SiO_2-Fe_2O_3 arasında ise negatif bir ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 4.8).

Volkanitlere ait elementlerin ortak korelasyon katsayılarına göre hazırlanan yakınlık sıralamasında (dendogramda) iki belirgin grup ortaya çıkmaktadır. İlk grubu; (V-Tm), (CaO-Er), Yb, Ho, SiO_2, (Sc-LOI), Lu ve bunlara uzaktan eklenen Al_2O_3, (Y-Dy) oluşturmaktadır (Şekil 4.9). İkinci grubu ise; (Fe_2O_3-Ni), MgO, (TiO_2-Nb), (K_2O-Pb), (Sm-Eu), (P_2O_5-Zr), (Ce-Pr), Zn-La, (Th-Nd), (Na_2O-Ga) birlikteliğine daha küçük katsayılarla eklenen (Gd-Tb), Cr_2O_3 ve bunlara da dışarıdan eklenen (MnO-Cu) çifti oluşturmaktadır.

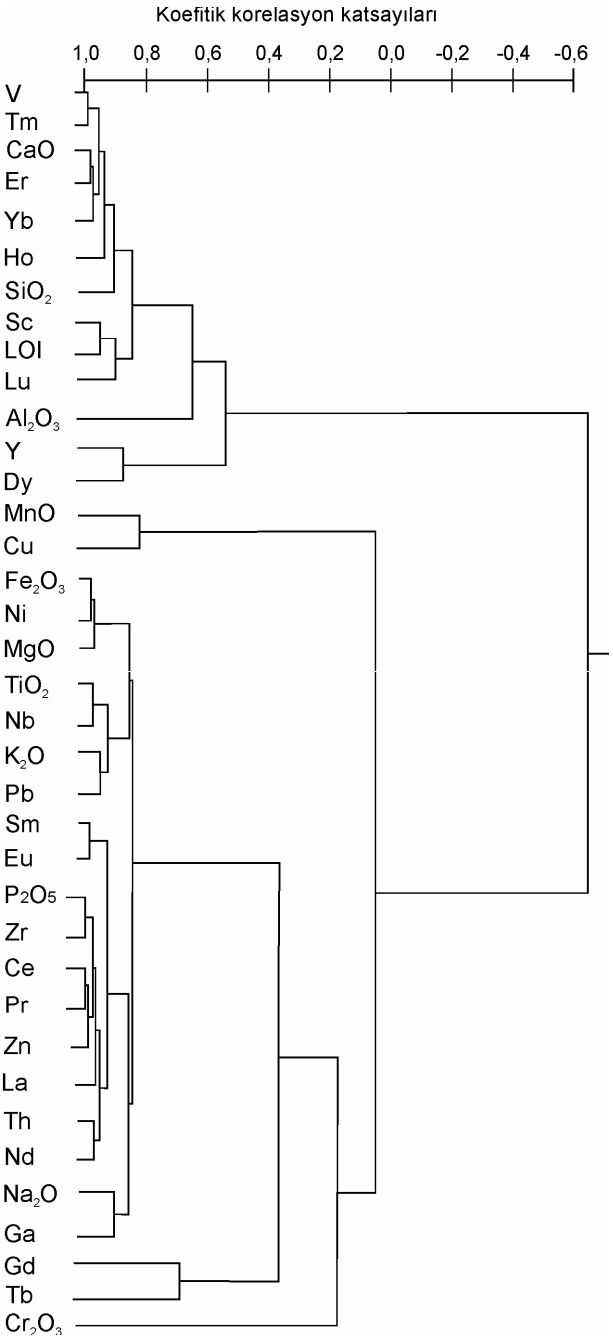
Volkanit örneklerine faktör analizi uygulanıp, eigen değerleri ve değişim içindeki payları hesaplandığında eigen değerleri 1'in üstünde olan ilk 6 faktör toplam değişimin % 98.15'ini temsil etmektedir (Tablo 4.7). Bu faktörlerin bileşenlerine göre yaygınlıkları ve faktör yükleri de hesaplanarak yaygınlık diyagramlarında bileşenlerin yükleri ve değişime etkisi birlikte değerlendirilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.7. *Volkanitlere ait bazı ana oksit, iz element ve NTE'nin korelasyon katsayıları.*



Şekil 4.8. *Volkanitlerdeki yüksek ilişkili element ve bileşiklerden yapılan regresyon analizleri.*



Şekil 4.9. *Volkanitlerden derlenen örneklerin koefitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.*

Değişimin % 52.30'unu karşılayan birinci faktör, ana bileşenlerden Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5 ve Cr_2O_3'ün pozitif; SiO_2, Al_2O_3, CaO ve LOI'nin negatif yükleri ile, iz elementlerden ise V'un dışında Ga, Nb, Ni, Pb, Th, Zn ve Zr'un pozitif yükler ile temsil edilmektedir. NTE'de ise La-Tb, pozitif; Dy-Lu negatif yüklere karşılık gelmektedir.

Tablo 4.7. *İslikayatepe volkanitlerinden alınan 7 örneğin verileri ile yapılan faktör analizine göre ilk 6 faktörün eigen değerleri ve değişim içindeki payları.*

	Başlangıç Eigen Değerleri		
Bileşen	Toplam	% Varyans	% Kümülatif
1	19.87	52.30	52.30
2	7.86	20.69	72.99
3	4.32	11.36	84.35
4	2.38	6.28	90.63
5	1.84	4.84	95.47
6	1.02	2.68	98.14

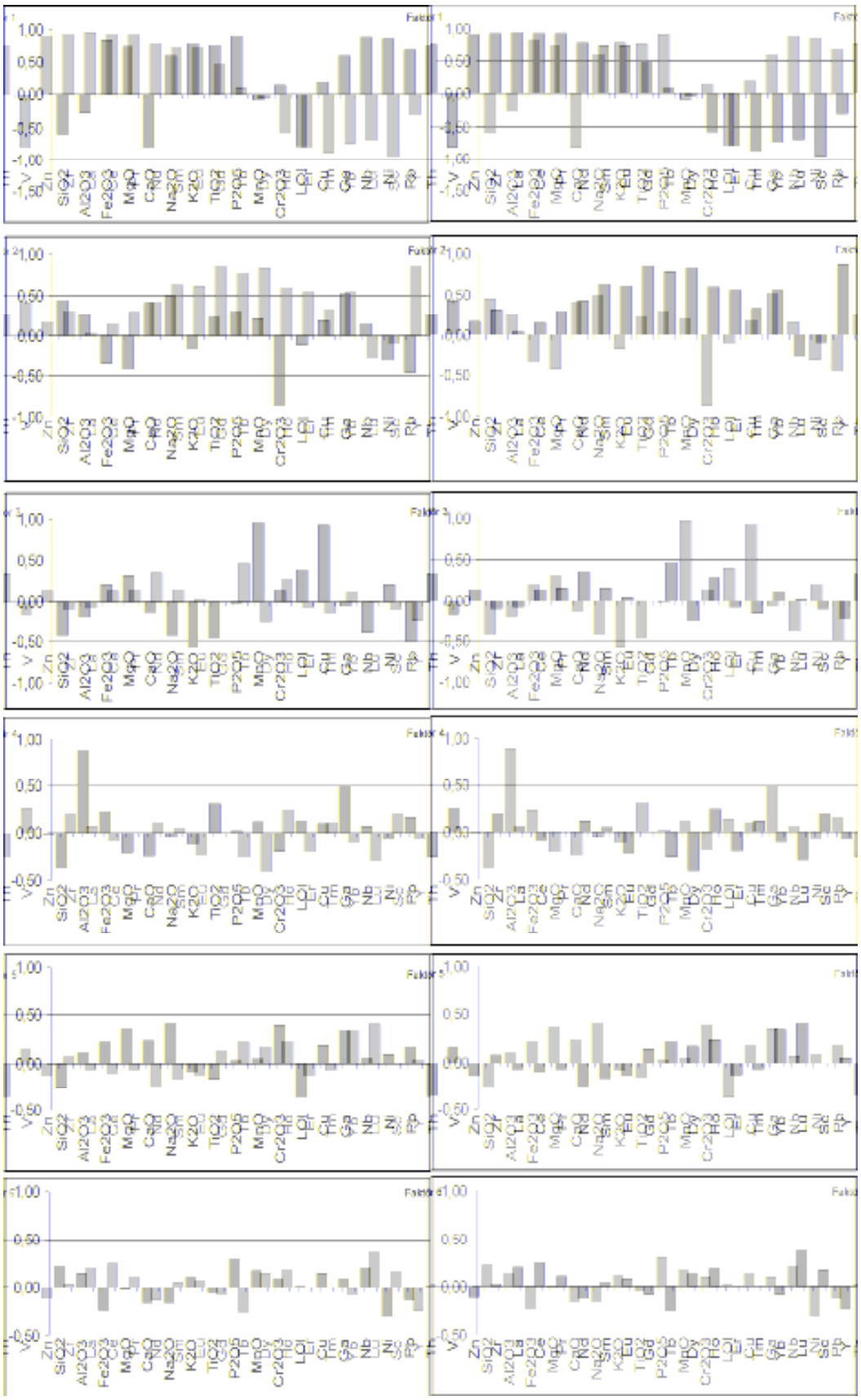
SiO_2, Al_2O_3, CaO ve LOI'nin negatif yüke sahip olması, bu kayaçlarda önemli oranda yer alan plajioklaslara (örn. anortit) bağlı olarak bulunduklarını düşündürmektedir. Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5'un pozitif yüke sahip olması ise bu bileşenlerin daha çok bu kayaçlarda yer alan olivin ve piroksenlere bağlı olduğunu ve bu minerallerde hidrotermal olarak alterasyonun başladığını göstermektedir. Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Sc ve Y gibi ağır NTE ve bazı iz elementlerin, anortitin içerisindeki Si ve Al'a bağlı olarak yerleştiklerini belirtmektedir. Ga, Nb, Ni, TiO_2 ve Pb'nun da pozitif yüklere sahip olmaları, bu bileşenlerin kayaç içinde birlikte bulundukları tali minerallerin (anataz, manyetit) ayrışmaya başlamadıklarına işaret etmektedir.

Değişimin % 20.69'unu karşılayan ikinci faktör; SiO_2, Al_2O_3, CaO, Na_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO'ın pozitif, Fe_2O_3, MgO, K_2O ve Cr_2O_3'un negatif yükleri ile temsil edilmektedir. NTE ise düzenli bir dağılım göstermemekte olup, orta NTE (ONTE) pozitif faktör yüküne sahiptir.

Mafik minerallere bağlı olarak bulunan Ni, Pb, Lu ve Sc; ayrışmanın ilerlemesiyle serbest kalmışlar ve buna bağlı olarak olivin ve piroksenler de ayrışmaya başlamışlardır. Pozitif yükler, cluster analizi yakınlık sıralamasında 2. grup ile kısmen uyuşmaktadır.

Üçüncü faktör ise değişimin % 11.36'sını karşılamakta olup, SiO_2, Al_2O_3, CaO, Na_2O, K_2O ve TiO_2'un negatif; Fe_2O_3, Mg, MnO, Cr_2O_3 ve LOI'nin pozitif yükleri ile temsil edilmektedir. Bu faktör, albit ve alkali feldispatların ayrışmaya başladığını göstermektedir.

Değişim içerisinde % 6.28'lik bir paya sahip olan dördüncü faktör, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, Ga, V, Zr, Ho ve Sc'un önemli pozitif, SiO_2, MgO, CaO, Cr_2O_3'un ise



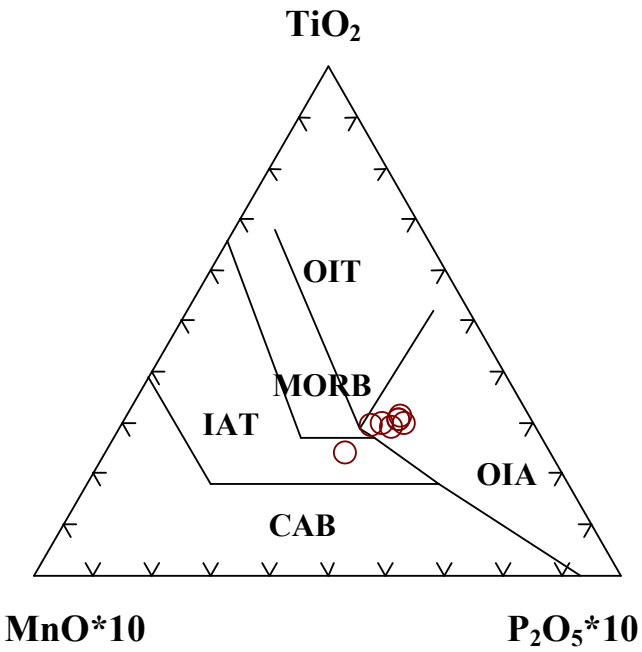
Şekil 4.10. *İslikayatepe volkanitlerine ait bileşenlerin faktör analizi.*

önemli negatif yükleri ile temsil edilmekte olup, ayrışmanın zaman zaman bazik şartlara ulaştığını göstermektedir. Bu ortam şartlarında kayaç içerisinde nispi olarak Al, Fe ve Ti zenginleşmesi gerçekleşmiştir.

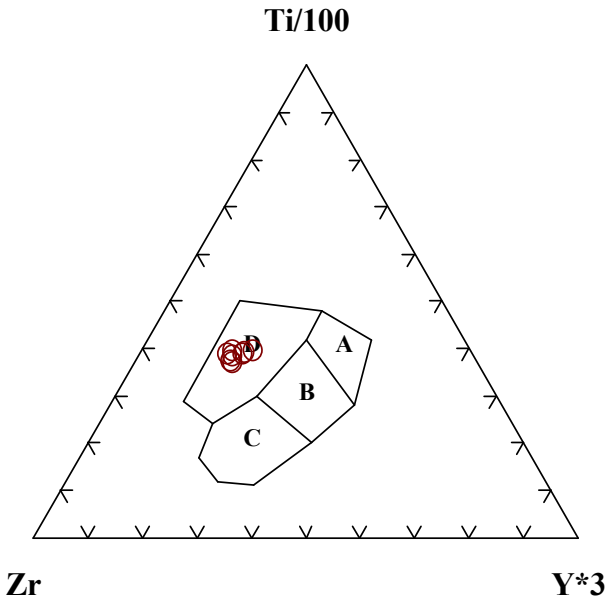
Beşinci faktör, değişimin % 4.84'ünü karşılamakta olup, SiO_2, K_2O, TiO_2 ve LOI'nin negatif, MgO ve Na_2O'un ise pozitif yükleri ile temsil edilmektedir. Bu faktör, bazik volkanitlerde ana bileşen olan SiO_2'nin, iz elementlerin ve NTE'nin halen korunmakta olduğunu ifade etmektedir.

Değişimin % 2.68'lik kısmını karşılayan faktör altıda ise, ana bileşenlerden SiO_2, Al_2O_3, P_2O_5 ve MnO pozitif; Fe_2O_3, CaO ve Na_2O'un negatif yükleri ile temsil edilmekte olup, bunların ayrışmamış kayaya ait oldukları düşünülmektedir. NTE ise düzenli bir dağılım sunmamakta olup, La, Ce, Lu ve Sc'un pozitif; Y ve Tb'un negatif yüke sahip olması; negatif yük veren Fe_2O_3, CaO ve Na_2O ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

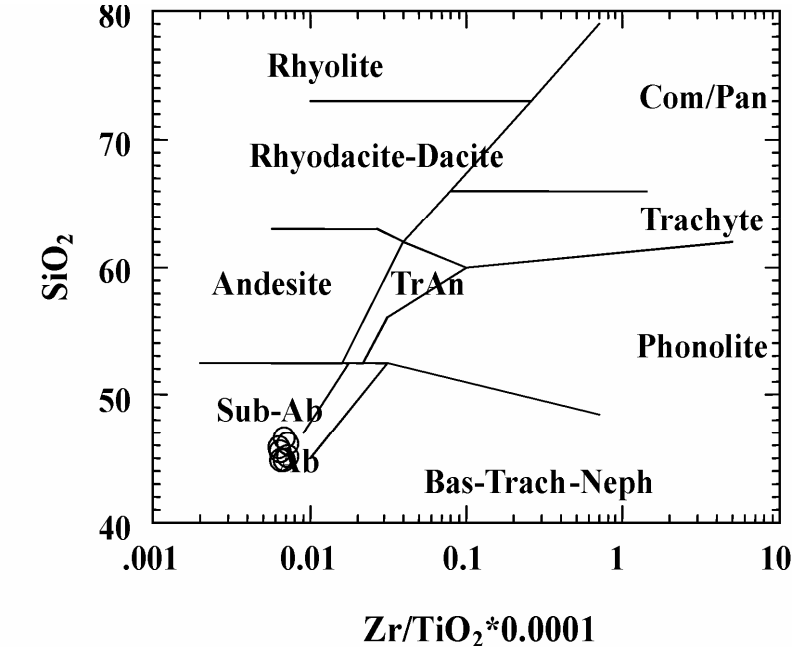
İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre, Ti/100 - Zr - Y*3 diyagramında (Pearce ve Cann, 1973) volkanitlerin levha içi bazalt olduğu (Şekil 4.11), TiO_2 - MnOx10 - P_2O_5x10 diyagramı (Mullen, 1983) üzerinde de okyanus adayayı bazaltı olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). Volkanitlerin tektono-mağmatik ayırtlama diyagramı üzerindeki yerleri (Pearce ve Cann, 1973) ise levha içi bazalta karşılık gelmektedir (Şekil 4.13). Volkanitler, SiO_2 - Zr/TiO_2*0.0001 diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977) alkali bazalt alanına düşerken (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15); SiO_2 - Na_2O+K_2O diyagramında (Irvine ve Baragar, 1971) da volkanitlerin alkali olduğu görülmektedir (Şekil 4.16). Kondrit Cl değerlerine göre yapılan NTE diyagramında ise her örnekteki NTE içeriklerinin birbirlerine paralellik gösterdiği açıkça görülmekte ve bu durum da volkanitlerin aynı bileşimli ve tek bir mağmatik kökenden geldiğini göstermektedir.



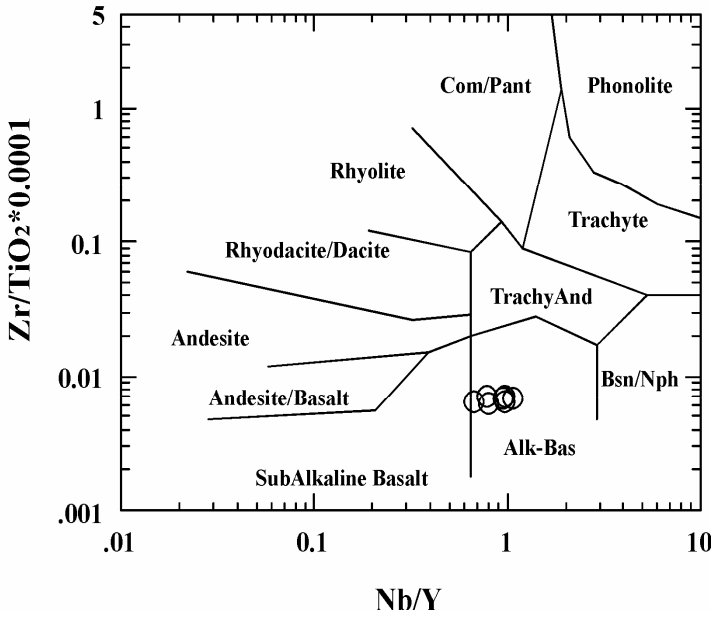
Şekil 4.11 *TiO_2 - MnOx10 – P_2O_5x10 diyagramı Mullen (1983) üzerinde İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin dağılımı (MORB: Okyanus ortası sırtı bazaltı, OIT: Okyanus ada bazaltı, IAT: Adayayı toleyitleri, CAB: Kalkalkalen bazalt, OIA: Okyanus adayayı bazaltı).*



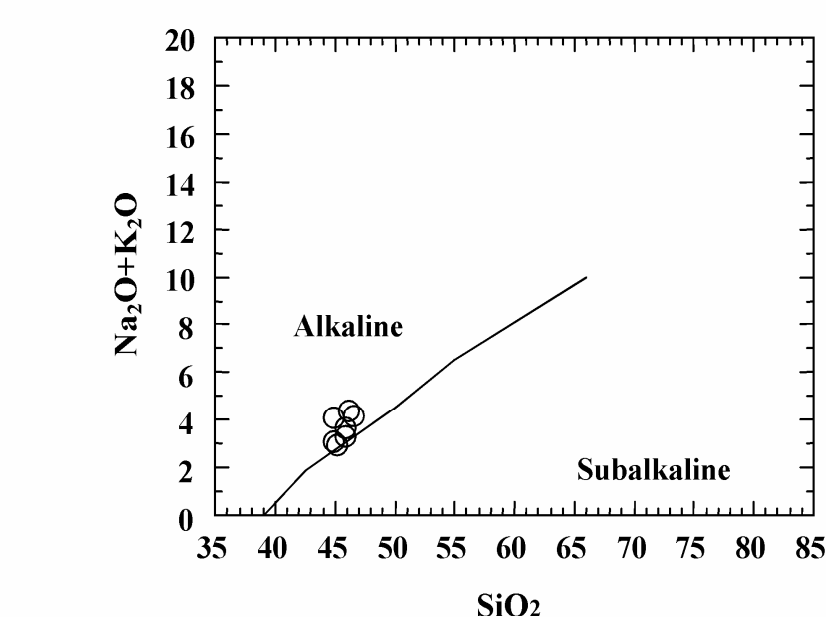
Şekil 4.12. *İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin tektono-mağmatik ayırtlama diyagramı üzerindeki yerleri (Pearce ve Cann, 1973); (A: Adayayı toleyitleri B: Okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB);adayayı toleyitleri ve kalkalkalin bazaltlar, C: Kalkaalkalin bazaltlar, D: Levha içi bazalt)*



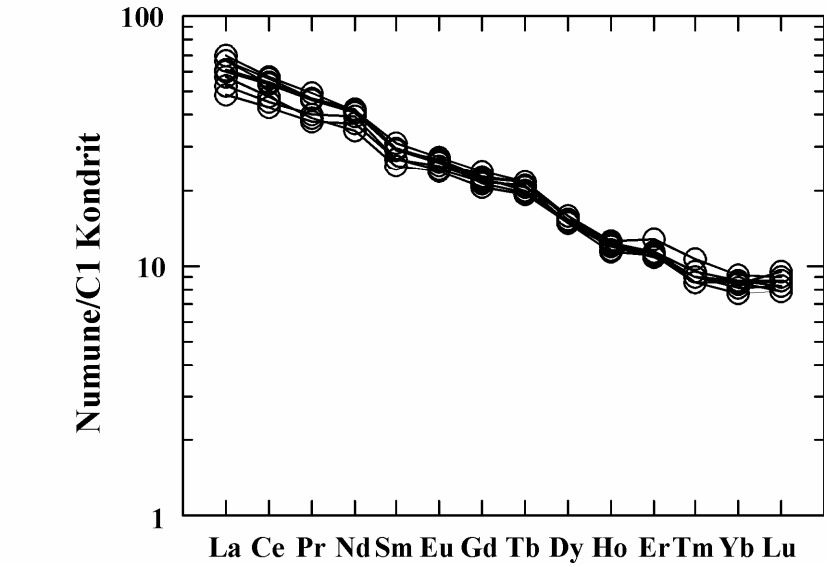
Şekil 4.13. *İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin Winchester ve Floyd (1977) diyagramındaki yerleri.*



Şekil 4.14. *İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin Winchester ve Floyd (1977) diyagramındaki yerleri.*



Şekil 4.15. *İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin Irvine ve Baragar (1971) diyagramındaki yerleri.*



Şekil 4.16. *İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin NTE analiz sonuçları.*

4.2.3. Yarı ayrışmış volkanitler

Yarı ayrışmış volkanitlere ait SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO ve TiO_2 ortalamaları sırasıyla; % 28.23, 27.77, 22.04, 1.52 ve 3.54'tür (Tablo 4.8). Toplam NTE ise 177.69 ppm dir. Ce, 72.33 ppm ortalama ile en çok bulunan NTE elementi olup, bunu 37.21 ppm ile Nd ve 32.48 ppm ile La izlemektedir. HNTE (La-Sm) toplamı 158.06 olup, 17.21 ppm olan ANTE (Gd-Lu)'nin yaklaşık 9 katı oranında bulunmaktadır.

Tablo 4.8. *Yarı ayrışmış volkanitlere ait ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) miktarları ve istatistiksel analiz özetleri (**AO**: aritmetik ortalama, **SS**: Standart sapma, **SH**: Standart hata, t_h: Hesaplanan t değeri, **AS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, **ÜS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınır, Eleman sayısı: 6, Tablo t değeri:1.83).*

	02-07	02-08	02-09	07-03	07-06	07-07	07-13	07-14	07-15	07-16	AO	SS	SH	t	AS	ÜS
SiO_2	41,31	32,85	46,90	10,40	30,07	19,61	41,82	11,40	26,44	21,51	28,23	12,71	4,02	7,03	19,14	37,32
Al_2O_3	17,07	26,48	16,32	39,49	30,15	32,11	15,73	37,76	26,74	35,82	27,77	8,94	2,83	9,82	21,37	34,16
Fe_2O_3	16,50	20,11	13,23	27,90	21,31	31,59	12,14	31,05	25,83	20,75	22,04	6,94	2,19	10,04	17,08	27,00
MgO	8,12	1,10	7,91	0,18	0,20	0,23	6,19	1,13	3,89	2,72	3,17	3,19	1,01	3,14	0,88	5,45
CaO	3,03	1,18	1,25	3,27	0,64	0,40	3,48	0,77	0,74	0,44	1,52	1,24	0,39	3,89	0,64	2,40
Na_2O	2,89	0,26	4,84	0,02	0,06	0,04	0,73	0,14	0,11	0,04	0,91	1,64	0,52	1,77	-0,26	2,08
K_2O	0,36	0,57	0,39	0,12	0,24	0,10	0,33	0,06	0,12	0,21	0,25	0,16	0,05	4,88	0,13	0,37
TiO_2	1,99	3,10	2,04	4,78	3,80	4,87	2,20	4,03	3,28	5,31	3,54	1,22	0,39	9,16	2,67	4,41
P_2O_5	0,30	0,45	0,40	0,11	0,38	0,43	0,35	1,23	0,33	0,29	0,43	0,30	0,09	4,53	0,21	0,64
MnO	0,31	0,15	0,38	0,02	0,09	0,08	0,31	0,05	0,13	0,05	0,16	0,13	0,04	3,85	0,06	0,25
Cr_2O_3	0,05	0,07	0,04	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,01	0,00	9,04	0,03	0,05
LOI	8,00	13,60	6,20	13,50	12,80	10,20	16,60	11,10	12,20	12,60	11,68	2,98	0,94	12,41	9,55	13,81
Cu	32,10	77,50	535,70	10,50	39,50	44,50	99,95	98,75	99,84	99,77	113,81	151,95	48,05	2,37	5,11	222,51
Pb	2,20	6,40	1,10	3,60	2,80	3,10	55,10	39,80	51,30	53,15	21,86	24,44	7,73	2,83	4,37	39,34
Zn	92,00	83,00	115,00	21,00	44,00	56,00	2,20	3,70	1,50	2,00	42,04	42,74	13,52	3,11	11,46	72,62
Ni	178,45	186,10	108,20	29,20	109,60	38,10	113,50	35,00	72,50	60,25	93,09	56,61	17,90	5,20	52,60	133,58
Ga	23,70	37,40	22,30	44,40	36,10	52,10	124,90	19,20	50,10	34,80	44,50	30,43	9,62	4,62	22,73	66,27
Nb	16,80	29,40	27,10	48,20	37,40	53,80	21,50	45,60	44,40	47,45	37,17	12,69	4,01	9,26	28,09	46,24
Th	1,80	4,40	2,30	7,20	3,80	5,10	20,90	45,50	37,60	61,10	18,97	21,54	6,81	2,79	3,56	34,38
V	257,00	301,00	233,00	431,00	182,00	272,00	2,50	3,60	2,90	6,05	169,11	155,60	49,21	3,44	57,79	280,42
Zr	124,50	204,40	146,30	295,40	228,60	316,60	205,00	423,00	285,00	362,50	259,13	94,60	29,91	8,66	191,46	326,80
La	15,20	18,40	20,10	30,70	59,50	75,70	15,70	18,50	28,90	42,05	32,48	20,64	6,53	4,98	17,71	47,24
Ce	33,60	72,90	42,00	57,00	160,20	153,30	35,90	28,20	62,90	77,25	72,33	47,52	15,03	4,81	38,33	106,32
Pr	4,27	5,71	5,28	7,33	18,17	20,10	4,37	3,22	7,60	10,79	8,68	5,93	1,87	4,63	4,44	12,92
Nd	17,80	27,70	22,30	29,10	86,30	85,40	19,00	11,80	31,00	41,70	37,21	26,92	8,51	4,37	17,95	56,47
Sm	4,20	7,40	4,80	5,50	17,30	15,80	3,90	2,90	5,20	6,70	7,37	5,02	1,59	4,64	3,78	10,96
Eu	1,56	2,84	1,61	1,66	5,66	4,95	1,28	1,04	1,58	1,91	2,41	1,61	0,51	4,74	1,26	3,56
Gd	4,24	8,40	4,75	4,91	13,26	11,35	4,21	3,07	3,48	4,12	6,18	3,56	1,13	5,48	3,63	8,73
Tb	0,76	1,52	0,80	0,81	2,13	1,65	0,71	0,52	0,54	0,66	1,01	0,55	0,17	5,78	0,61	1,40
Dy	3,78	7,68	4,12	4,13	9,71	6,97	3,85	2,65	2,44	2,94	4,83	2,44	0,77	6,25	3,08	6,57
Ho	0,66	1,35	0,76	0,66	1,61	1,05	0,71	0,44	0,39	0,49	0,81	0,40	0,13	6,37	0,52	1,10
Er	1,85	3,68	2,02	1,82	3,91	2,35	1,78	1,09	0,96	1,33	2,08	1,00	0,32	6,57	1,36	2,79
Tm	0,26	0,49	0,28	0,24	0,59	0,34	0,28	0,17	0,16	0,21	0,30	0,14	0,04	6,87	0,20	0,40
Yb	1,60	2,87	1,69	1,53	3,37	1,68	1,53	1,01	0,94	1,25	1,75	0,78	0,25	7,09	1,19	2,30
Lu	0,23	0,44	0,25	0,23	0,48	0,26	0,22	0,15	0,14	0,20	0,26	0,11	0,04	7,26	0,18	0,34
Sc	27,00	45,00	25,00	33,00	46,00	56,00	24,00	47,00	41,00	49,50	39,35	11,31	3,58	11,00	31,26	47,44
Y	17,80	37,20	20,30	17,70	34,00	28,80	18,70	10,40	9,40	11,65	20,60	9,73	3,08	6,69	13,64	27,55

Yarı ayrışmış volkanit örneklerinde, ana oksitler, iz elementler ve nadir toprak elementlerinde yapılan korelasyon analizinde *Al_2O_3*; TiO_2, Nb ve Zr ile çok kuvvetli, Fe_2O_3 ve Sc ile kuvvetli pozitif; Na_2O, K_2O ve Ni ile kuvvetli negatif; MgO ve MnO ile çok kuvvetli negatif korelasyona sahiptir. *NTE* ise kendi aralarında ve Sc, Y ile birlikte kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedirler (Şekil 4.17).

Yarı ayrışmış volkanitlerdeki yüksek ilişkili element ve bileşiklerde yapılan regresyon analizlerinde; Al_2O_3-Fe_2O_3, SiO_2-MgO, Al_2O_3-TiO_2, SiO_2-MnO, TiO_2-Nb,

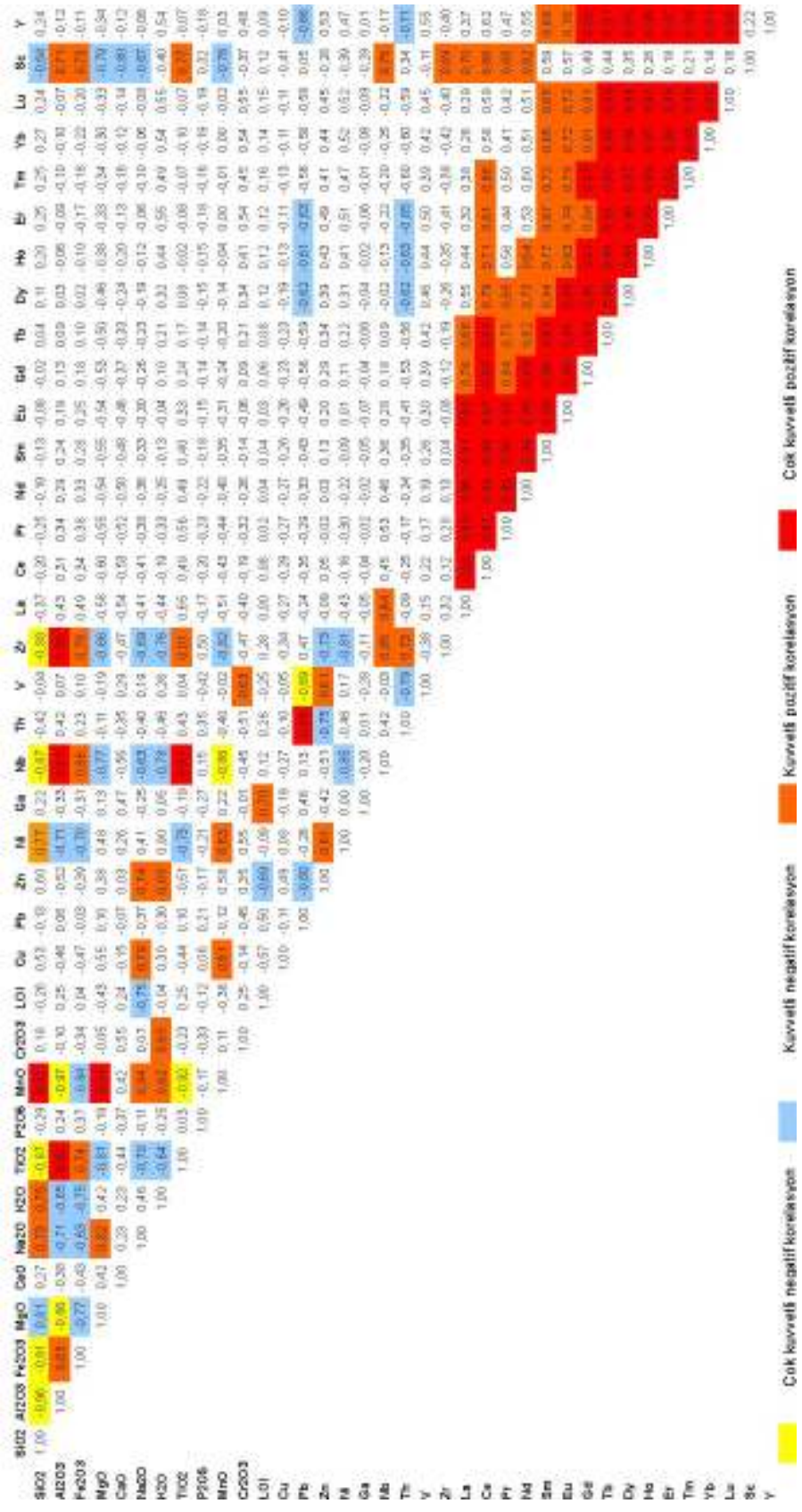
Fe_2O_3-Nb, Zr-Nb, Pb-Th, La-Pr arasında çok yüksek pozitif, SiO_2-Al_2O_3, SiO_2-Fe_2O_3, Al_2O_3-MgO, SiO_2-TiO_2, Al_2O_3-MnO, TiO_2-MnO, SiO_2-Nb arasında ise çok yüksek negatif ilişkii olduğu görülmektedir (Şekil 4.18).

Yarı ayrışmış volkanitlere ait elementlerin ortak korelasyon katsayılarına göre hazırlanan cluster analizi dendogramında, ilk grubu; NTE'den (Yb-Lu-Er), Y, (Ho-Tm), (Pr-Nd), (Gd-Tb), Dy, uzaktan eklenen V ile (Sm-Eu), (Ce-Nd), Pr ve La oluşturmakta ve aralarında yakın ilişki görülmektedir (Şekil 4.19). İkinci grubu oluşturanlar ise (LOI-Ga), (TiO_2-Nb-Al_2O_3-Fe_2O_3), buna biraz daha düşük katsayılar ile eklenen Zr ve Sc ve bunlara daha uzaktan birleşen (Pb-Th), P_2O_5 dir. K_2O, Ni, Zn ve Cr_2O_3 sırasıyla ardı ardına eklenmekte ve (Na_2O-Cu), (SiO_2-MnO) ve bunlara daha düşük katsayılarla uzaktan eklenen MgO ve CaO ise son grubu oluşturmaktadır. Buna göre; NTE'nin kendi aralarında yüksek ilişkiye sahip oldukları ortaya çıkmaktadır. TiO_2, Nb, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 kuvvetli pozitif ilişkiye; NaO, K_2O, MgO, CaO ve SiO_2 da kendi aralarında pozitif ilişkiye sahip olup, TiO_2, Nb, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 zenginleşirken, NaO, K_2O, MgO, CaO ve SiO_2'te ortamdan uzaklaşmaktadırlar.

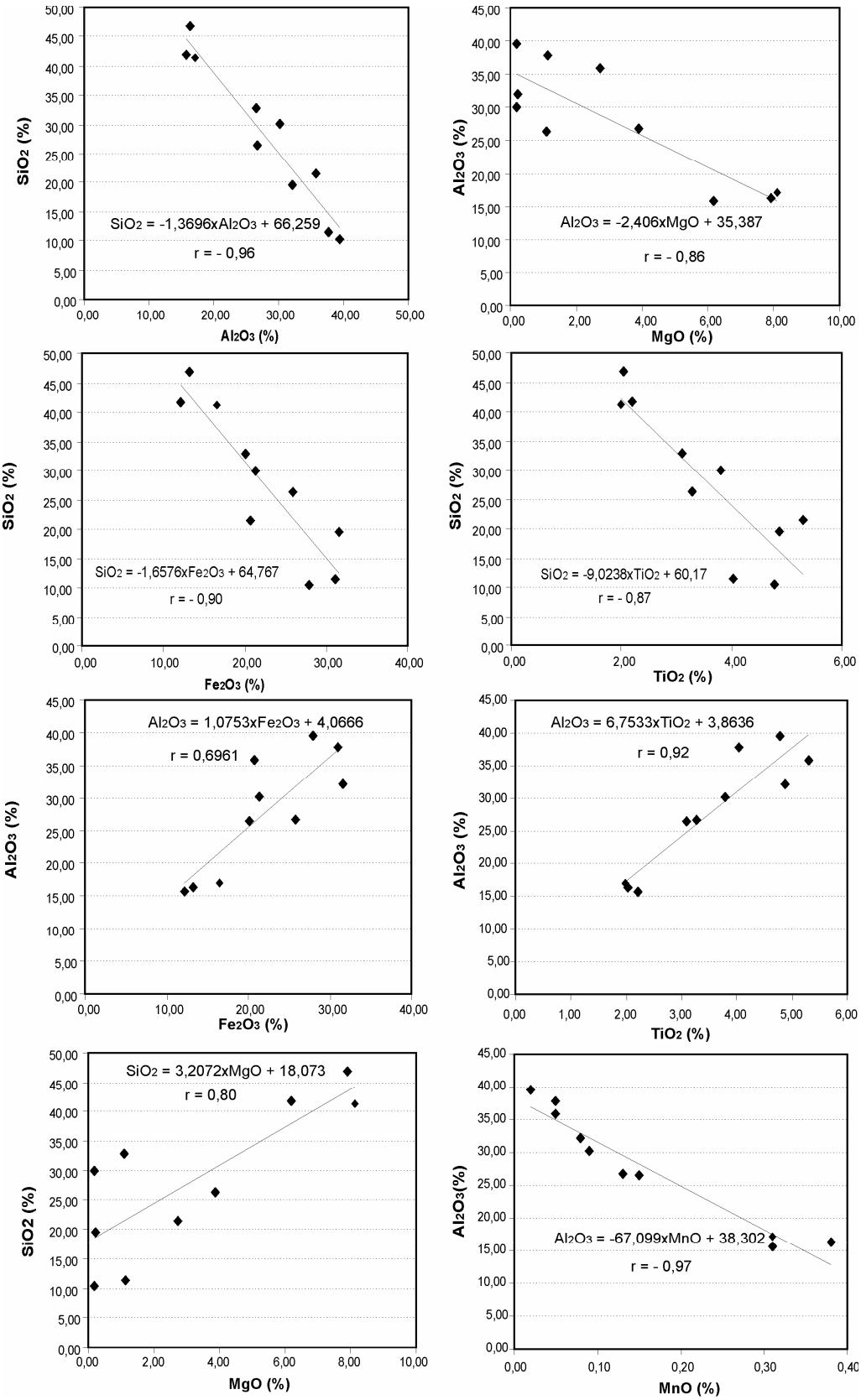
Yarı ayrışmış volkanit örneklerine faktör analizi uygulanıp, eigen değerleri ve değişim içindeki payları hesaplandığında eigen değerleri 1'in üstünde olan ilk 5 faktör toplam değişimin % 94,19 unu temsil etmektedir. Bu faktörlerin bileşenlerine göre hazırlanan yaygınlık diyagramlarında bileşenlerin yükleri ve değişime etkisi değerlendirilmiştir (Şekil 4.20).

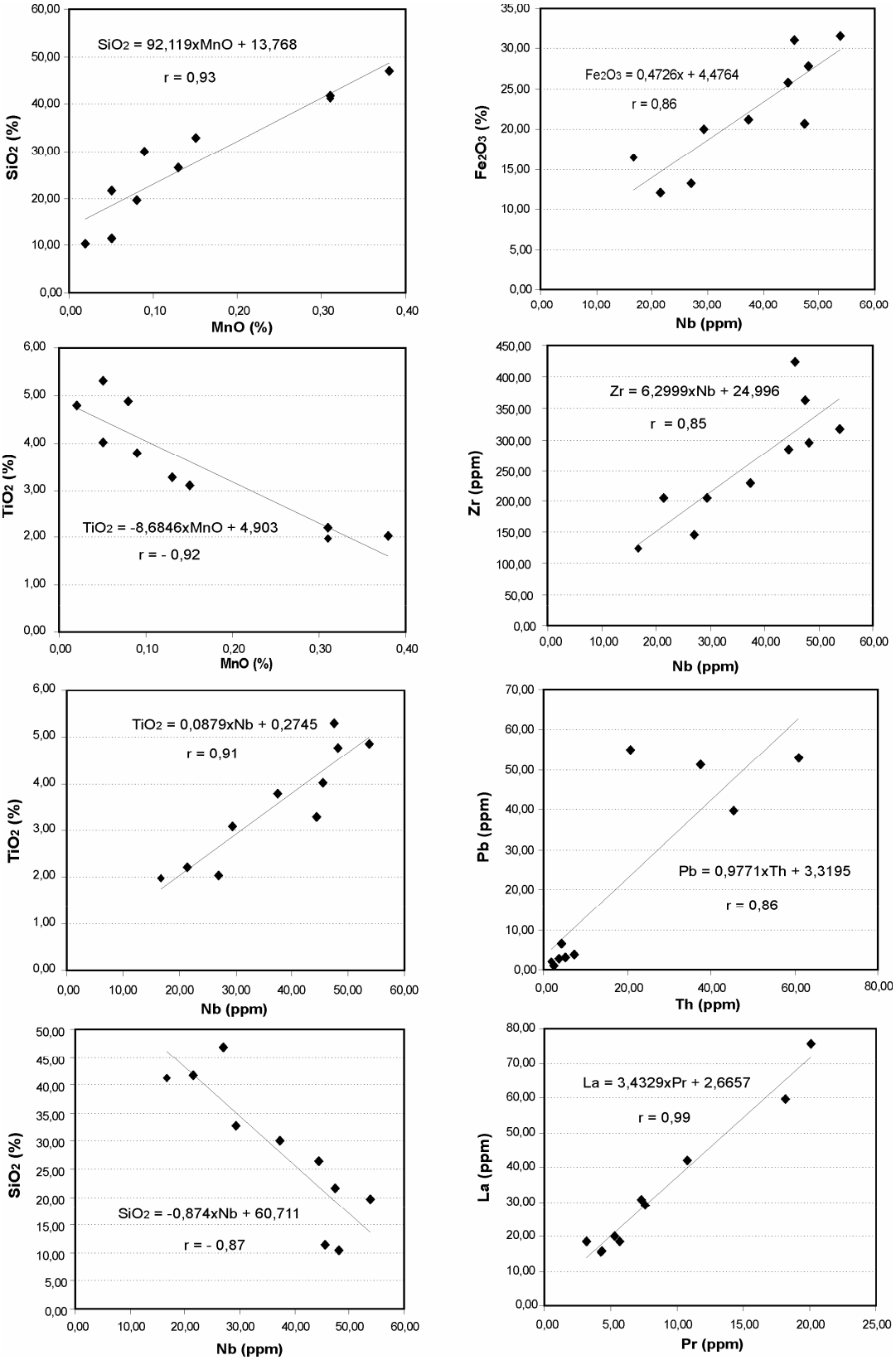
Değişimin % 38,70'ini temsil eden birinci faktör (Tablo 4.9); SiO_2, MgO, CaO, Na_2O, P_2O_5, MnO, Cu, Pb, Th ve Ga'un negatif, Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O, TiO_2, Cr_2O_3, Zn, Ni, Nb, V, Sc, Y ve NTE'nin pozitif yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 4.20). Pozitif yük veren bileşenler, dendogramda birinci ve ikinci grup ile negatif yük veren bileşenler ise son grup ile eşleşmektedir.

Volkanitlerin ana bileşeni olan SiO_2, MgO, CaO ve Na_2O gibi bileşenler, piroksen ve olivinlere bağlı olup, kayaç yapıcı bileşenlerden plajioklaslar ve kuvars, bu bileşenleri bulundurmaktadır. Pozitif yüklerle temsil edilen Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, K_2O, Cr_2O_3, Zn, Ni, Nb, V ve NTE ise kayaç yapıcı minerallerden muskovit, serisit ve tali minerallerden anatas ve manyetite bağlıdırlar. NTE ise atom yarıçaplarının benzerliği nedeniyle özellikle Al bulunduran minerallerin kafes yapısında yer aldıkları düşünülmektedir.

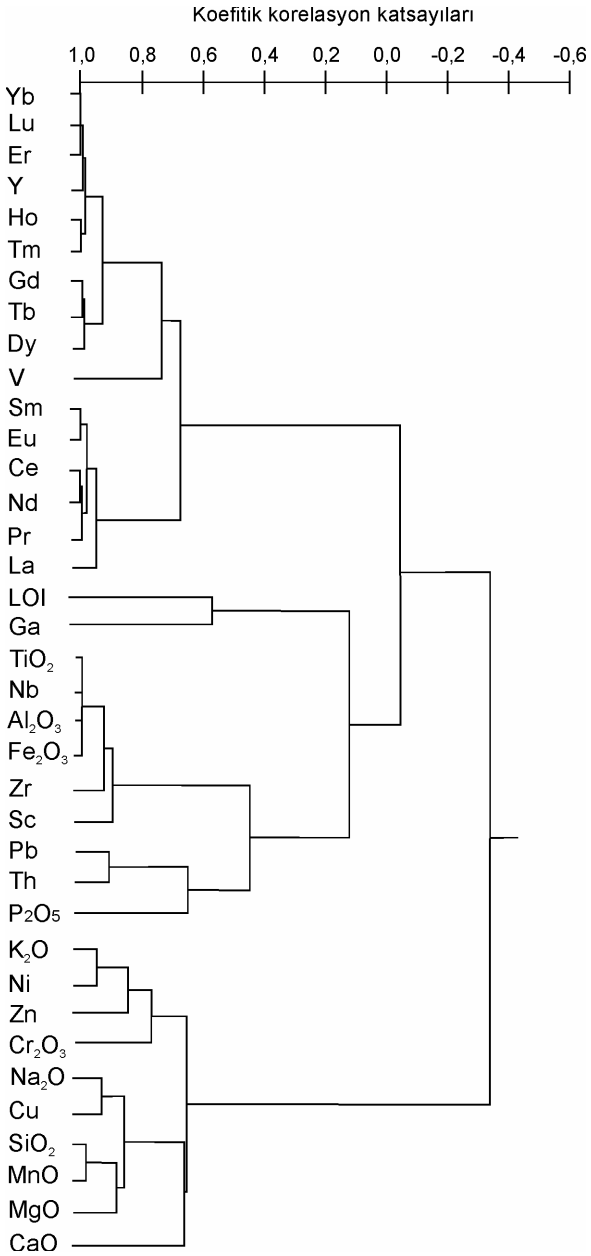


Şekil 4.17. *Yarı ayrışmış volkanitlere ait bazı ana oksit, iz element ve NTE'nin korelasyon katsayıları.*


SiO2 = -1,3696xAl2O3 + 66,259
r = - 0,96
SiO2 (%)
Al2O3 (%)
Al2O3 = -2,406xMgO + 35,387
r = - 0,86
Al2O3 (%)
MgO (%)
SiO2 = -1,6576xFe2O3 + 64,767
r = - 0,90
SiO2 (%)
Fe2O3 (%)
SiO2 = -9,0238xTiO2 + 60,17
r = - 0,87
SiO2 (%)
TiO2 (%)
Al2O3 = 1,0753xFe2O3 + 4,0666
r = 0,6961
Al2O3 (%)
Fe2O3 (%)
Al2O3 = 6,7533xTiO2 + 3,8636
r = 0,92
Al2O3 (%)
TiO2 (%)
SiO2 = 3,2072xMgO + 18,073
r = 0,80
SiO2 (%)
MgO (%)
Al2O3 = -67,099xMnO + 38,302
r = - 0,97
Al2O3(%)
MnO (%)



Şekil 4.18. *Yarı ayrışmış volkanitlerdeki yüksek ilişkili element ve bileşiklerden yapılan regresyon analizleri.*



Şekil 4.19. *Yarı ayrışmış volkanitlerden derlenen örneklerin koefitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.*

Tablo 4.9. *Yarı ayrışmış volkanitlerden alınan 6 örneğin verileri ile yapılan faktör analizine göre ilk 5 faktörün eigen değerleri ve değişim içindeki payları.*

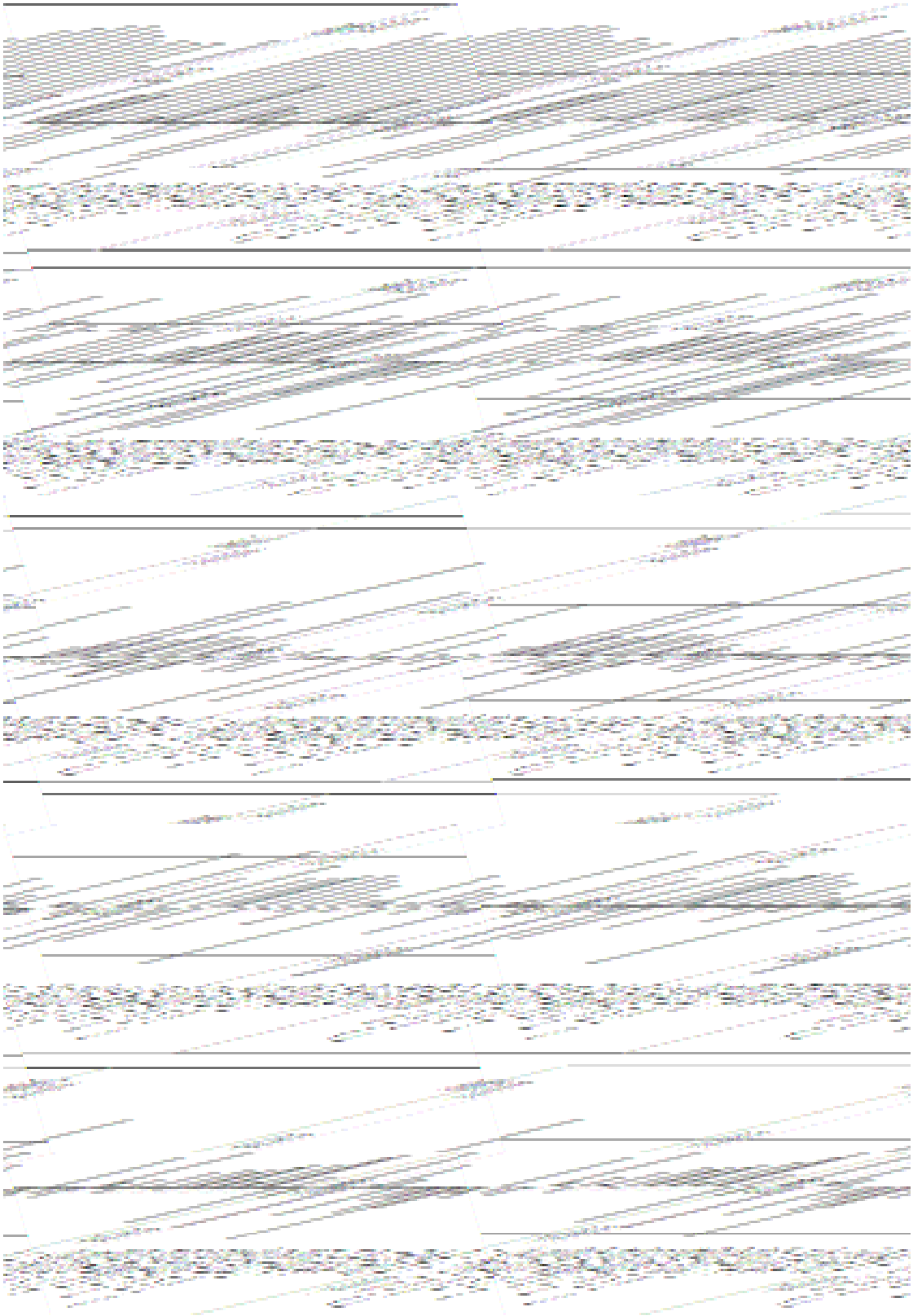
	Başlangıç Eigen Değerleri		
Bileşen	Toplam	% Varyans	% Kümülatif
1	14.32	38.70	38.70
2	12.13	32.79	71.49
3	3.51	9.50	80.99
4	2.83	7.64	88.63
5	2.06	5.56	94.19

İkinci faktör ise değişimin % 32.79 ile temsil edilmekte olup, SiO_2, MgO, Na_2O, K_2O, Cr_2O_3, MnO, Zn, Cu, Ni, V, ANTE ve Y'nin önemli pozitif; Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, P_2O_5, Pb, Nb, Th, Zr, HNTE ve Sc'un önemli negatif yüklerini karşılamaktadır. Pozitif yükler, cluster analizindeki yakınlık sıralamasında üçüncü grup ile negatif yükler ise ikinci grup ile paralellik göstermektedir. Volkanitlerde bulunan ANTE'nin; olivinler ve aynı zamanda serisit ve feldispatların bünyesinde Si atomları ile yer değiştirerek yerleştikleri düşünülmektedir. SiO_2, MgO, Na_2O, K_2O, Cr_2O_3, MnO, Zn, Cu, Ni, V ve Y'nin ANTE ile birlikte gözlenmesi bu elementlerin daha çok kayaç yapıcı minerallerle ilişkili olduklarını akla getirmektedir. Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2 ve P_2O_5 ise birlikte negatif yüke sahip oldukları Pb, Nb, Th, Zr, HNTE ve Sc ile birlikte yörede zenginleşmektedir.

Değişimin % 9.5'ini karşılayan üçüncü faktör ise, SiO_2, Fe_2O_3, MgO, Na_2O, P_2O_5, MnO, Cu, Zn, Nb, V, Sc ve HNTE negatif; Al_2O_3, CaO, K_2O, Cr_2O_3, Ni, Ga, Th, Zr, ve ANTE'nin pozitif yükleri ile temsil edilmektedir. Üçüncü faktör, olivin, piroksen va amfibollerin ayrışmaya başladığını göstermektedir. ANTE, HNTE ile ters orantılı olarak zenginleşmeye devam etmektedir.

Dördüncü faktör, değişimin % 7.64'ünü karşılamakta olup, SiO_2, MgO, MnO, LOI, Cu, Pb, Ni, Ga, Th, HNTE ve ANTE'nin bir kısmı ile Sc'un pozitif, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, Cr_2O_3, Zn, Nb, V, Zr, Er, Yb, Lu ve Y'nin önemli negatif yükleri ile temsil edilmektedir. Bu faktörde, Pb, Ni, Ga, Th gibi hareketsiz elementler ortamda korunmaya devam ederken, CaO, Na_2O, K_2O gibi hareketli ana bileşenler ayrışmaya devam etmekte olup, ikinci ve üçüncü faktörün aksine HNTE, pozitif yüklerle; ANTE ise negatif yüklerle karşılanmaktadır.

Beşinci faktör değişimin % 5.56'sı karşılamakta olup, MgO, CaO, Na_2O, TiO_2, MnO, LOI, Ga, Nb, V ve HNTE'nin negatif; SiO_2, Al_2O_3, K_2O, P_2O_5, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni, Th, Zr, Sc, Y ve ANTE'nin önemli pozitif yüke sahip olduğu görülmektedir. Cu, Pb, Th, Zn, Zr, Sc ve Y yerinde kalarak zenginleşmiş ve ANTE de bunlara bağlı olarak hareket etmiştir.



Şekil 4.20. *Yarı ayrışmış volkanitlere ait bileşenlerin faktör analizi.*

4.3. Boksit Jeokimyası

Boksitlerden derlenen örneklerde, ana oksitlerden, Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2, MgO ve CaO ortalamaları sırasıyla; % 46.88, % 26.06, % 8.08, % 0.62 ve % 0.85'dir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. *Boksitlere ait ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) miktarları ve istatistiksel analiz özetleri (**AO**: aritmetik ortalama, **SS**: Standart sapma, **SH**: Standart hata, t_h: Hesaplanan t değeri, **AS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait alt sınır, **ÜS**: Ana kitle aritmetik ortalamasına ait üst sınır, Eleman sayısı: 6, Tablo t değeri: 1.86).*

	02-13	02-17	05-05	05-09	05-10	05-11	05-12	07-04	07-05	AO	SS	SH	t	AS	ÜS
SiO_2	6,69	3,03	9,61	11,34	11,20	13,41	11,24	2,68	3,56	8,08	4,16	1,39	5,84	4,89	11,28
Al_2O_3	50,04	43,42	42,98	45,09	41,49	47,68	40,50	55,68	55,02	46,88	5,64	1,88	24,94	42,54	51,21
Fe_2O_3	22,63	32,93	29,54	25,36	30,39	18,46	31,26	20,34	23,60	26,06	5,17	1,72	15,12	22,08	30,03
MgO	0,74	0,43	0,39	0,98	1,26	0,85	0,58	0,16	0,23	0,62	0,36	0,12	5,14	0,34	0,90
CaO	1,36	1,40	0,44	0,40	0,95	0,32	0,28	1,54	0,93	0,85	0,50	0,17	5,04	0,46	1,23
Na_2O	0,05	0,05	0,13	0,13	0,17	0,05	0,09	0,01	0,01	0,08	0,06	0,02	4,07	0,03	0,12
K_2O	0,18	0,04	1,41	1,08	0,82	0,36	1,41	0,04	0,07	0,60	0,58	0,19	3,09	0,15	1,05
TiO_2	6,08	7,64	5,58	5,29	3,37	4,62	5,09	6,27	4,20	5,35	1,25	0,42	12,83	4,39	6,31
P_2O_5	0,86	1,05	0,64	0,36	0,59	0,10	0,35	0,35	0,29	0,51	0,30	0,10	5,07	0,28	0,74
MnO	0,06	0,04	0,10	0,18	0,20	0,08	0,13	0,11	0,09	0,11	0,05	0,02	6,26	0,07	0,15
Cr_2O_3	0,10	0,11	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,12	0,03	0,07	0,03	0,01	6,39	0,04	0,09
LOI	11,00	9,70	8,60	9,50	9,20	13,80	8,70	12,50	11,80	10,53	1,84	0,61	17,20	9,12	11,95
Cu	72,60	338,50	96,50	101,90	221,40	96,00	34,50	97,60	86,60	127,29	93,66	31,22	4,08	55,30	199,28
Pb	6,30	6,10	7,90	3,10	4,70	2,10	5,30	2,60	2,40	4,50	2,05	0,68	6,57	2,92	6,08
Zn	39,00	57,00	46,00	123,00	128,00	149,00	75,00	71,00	53,00	82,33	40,41	13,47	6,11	51,27	113,40
Ni	23,60	19,30	26,00	23,95	24,30	31,60	17,80	29,55	19,85	23,99	4,62	1,54	15,59	20,45	27,54
Ga	86,50	61,80	54,40	56,20	56,70	56,70	52,40	60,90	58,40	60,44	10,20	3,40	17,78	52,60	68,29
Nb	71,50	45,20	43,60	47,80	29,20	42,90	41,70	42,00	41,80	45,08	11,16	3,72	12,12	36,50	53,66
Th	8,50	6,80	6,10	5,20	3,60	5,60	5,40	7,50	5,00	5,97	1,46	0,49	12,26	4,84	7,09
V	471,00	563,00	414,00	480,00	374,00	443,00	442,00	582,00	356,00	458,33	76,59	25,53	17,95	399,46	517,21
Zr	435,70	398,70	341,00	327,90	225,20	305,70	339,90	391,60	234,20	333,32	71,21	23,74	14,04	278,59	388,06
La	59,20	20,20	34,70	21,70	12,80	26,20	9,80	18,30	31,80	26,08	14,83	4,94	5,28	14,68	37,48
Ce	67,30	23,90	30,60	29,60	19,30	36,20	17,80	22,20	59,60	34,06	17,75	5,92	5,76	20,41	47,70
Pr	14,37	4,53	4,81	4,16	2,52	4,97	1,84	3,39	7,57	5,35	3,76	1,25	4,27	2,46	8,24
Nd	54,90	33,60	15,50	14,00	8,50	16,90	6,10	11,50	30,10	21,23	15,63	5,21	4,07	9,22	33,25
Sm	8,00	13,90	2,80	2,30	1,70	2,50	1,30	2,20	4,60	4,37	4,12	1,37	3,18	1,20	7,53
Eu	1,95	7,09	0,86	0,68	0,54	0,73	0,45	0,67	1,37	1,59	2,11	0,70	2,26	-0,03	3,22
Gd	5,16	35,35	2,32	1,58	1,51	1,64	1,27	1,98	3,26	6,01	11,07	3,69	1,63	-2,50	14,52
Tb	0,71	5,75	0,35	0,28	0,30	0,26	0,22	0,39	0,50	0,97	1,80	0,60	1,62	-0,41	2,36
Dy	3,10	28,43	1,80	1,39	1,57	1,35	1,24	2,17	2,24	4,81	8,88	2,96	1,63	-2,01	11,63
Ho	0,46	5,93	0,29	0,23	0,28	0,21	0,25	0,38	0,37	0,93	1,88	0,63	1,49	-0,51	2,37
Er	1,19	14,92	0,83	0,65	0,99	0,76	0,79	1,16	0,94	2,47	4,67	1,56	1,59	-1,12	6,06
Tm	0,15	1,60	0,11	0,10	0,13	0,09	0,10	0,16	0,11	0,28	0,49	0,16	1,72	-0,10	0,66
Yb	0,90	6,95	0,80	0,61	0,86	0,62	0,78	1,00	0,74	1,47	2,06	0,69	2,15	-0,11	3,05
Lu	0,14	1,12	0,13	0,09	0,13	0,11	0,12	0,15	0,11	0,23	0,33	0,11	2,10	-0,02	0,49
Sc	74,00	76,00	59,00	63,00	59,00	56,00	66,00	87,00	44,00	64,89	12,67	4,22	15,36	55,15	74,63
Y	10,80	285,30	8,00	5,90	7,90	6,00	5,60	11,30	13,30	39,34	92,27	30,76	1,28	-31,58	110,27

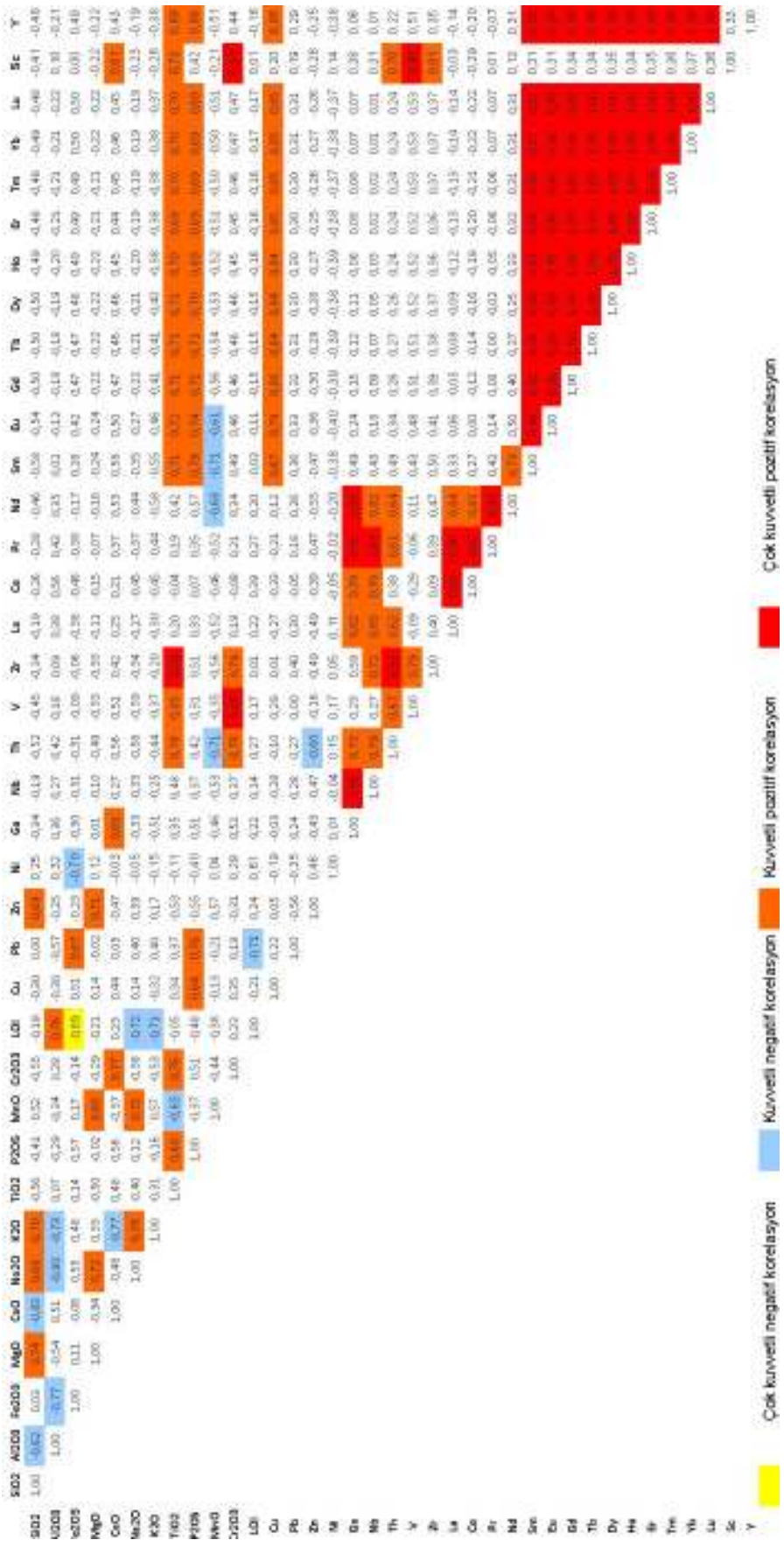
Boksitlere ait 9 örneğin Al_2O_3 içeriği ortalama % 46.88 olup, bu örneklerin ait olduğu anakitlede % 42.54 - 51.21 Al_2O_3 beklenmektedir. Boksit örneklerinin Fe_2O_3 içeriği ortalama % 26.06 ve anakitlede % 22.08 - 30.03 aralığında olması beklenmektedir. Toplam NTE (TNTE) ise 109.86 ppm olup, Sc, 64.89 ppm ile en çok bulunan iz elementidir. Sc'un anakitlede 55.15 – 74.63 ppm aralığında olması beklenmektedir. Ce, 34.06 ppm ortalama ile en çok bulunan NTE olup, bunu 26.08

ppm ile La ve 21.23 ppm ile Nd izlemektedir. Toplam miktarı 91.08 ppm olan HNTE (La-Sm), toplamı 17.18 ppm olan ANTE (Gd-Lu)'nin yaklaşık 5 katı oranında bulunmaktadır. Örnekler üzerinde % 95 anlamlılık düzeyinde yapılan student t testine göre hesaplanan t değeri, tablo t değerinden büyük olduğu zaman anlamlı bir sonuç elde edilme ihtimali artmaktadır.

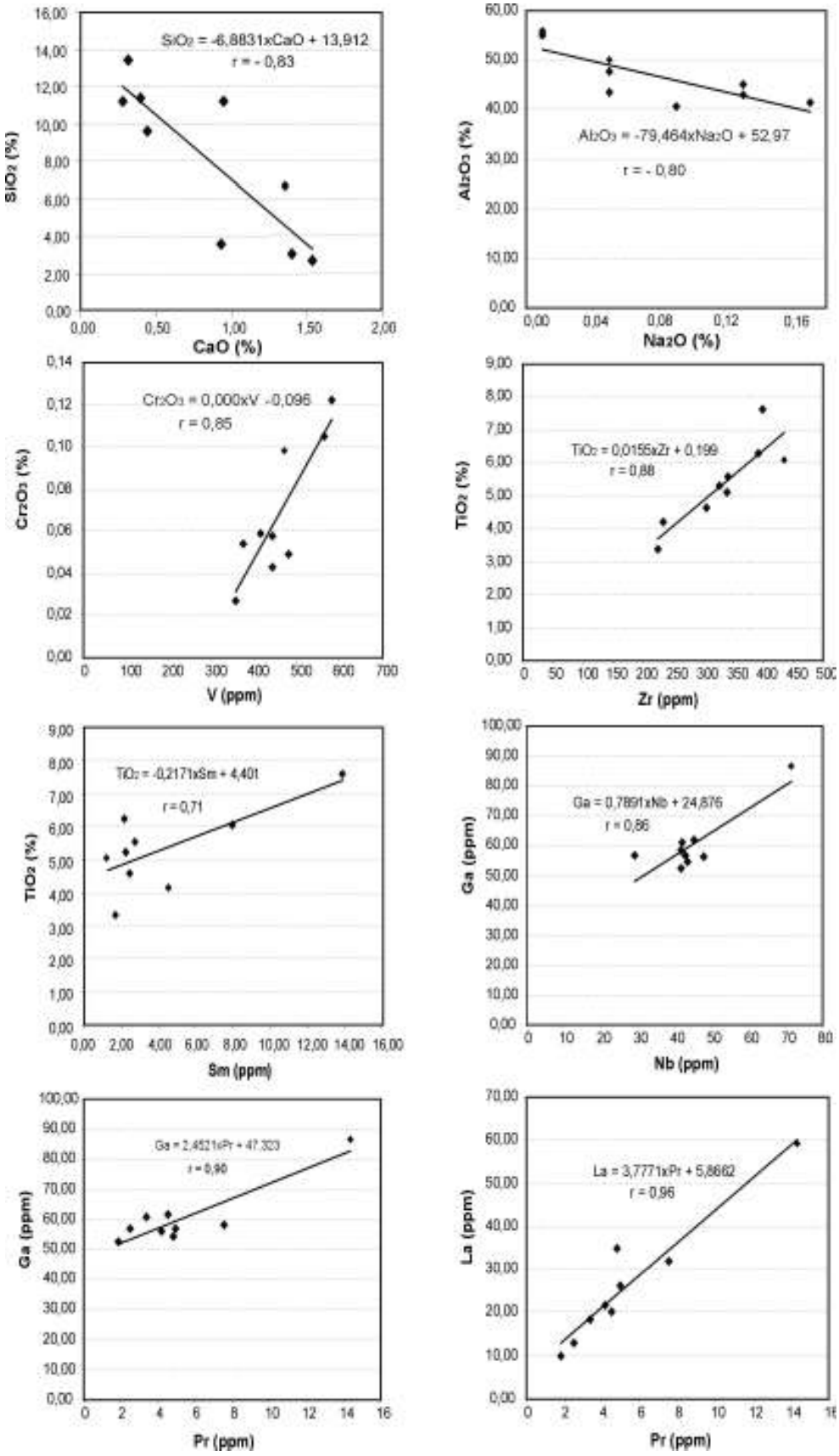
İnceleme alanındaki boksit örneklerinde yapılan ana oksitler, iz elementler ve nadir toprak elementlerinin korelasyon analizinde, Zr ile TiO_2, CrO_3 ile Sc ve V, çok kuvvetli pozitif korelasyon; Al_2O_3; Fe_2O_3, Na_2O ve K_2O ile negatif korelasyon yapmaktadır (Şekil 4.21). NTE' nin, kendi içinde ve Y ile çok kuvvetli pozitif korelasyon, Th ve P_2O_5 ile pozitif korelasyon yaptığı görülmektedir.

Boksitlerdeki yüksek ilişkili element ve bileşiklerde yapılan regresyon analizlerinde; Cr_2O_3-V, Ga-Pr, TiO_2-Zr, Ga-Nb, La-Pr ve TiO_2-Sm arasında çok yüksek pozitif ilişki; SiO_2-CaO ve Al_2O_3-Na_2O arasında yüksek negatif ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 4.22).

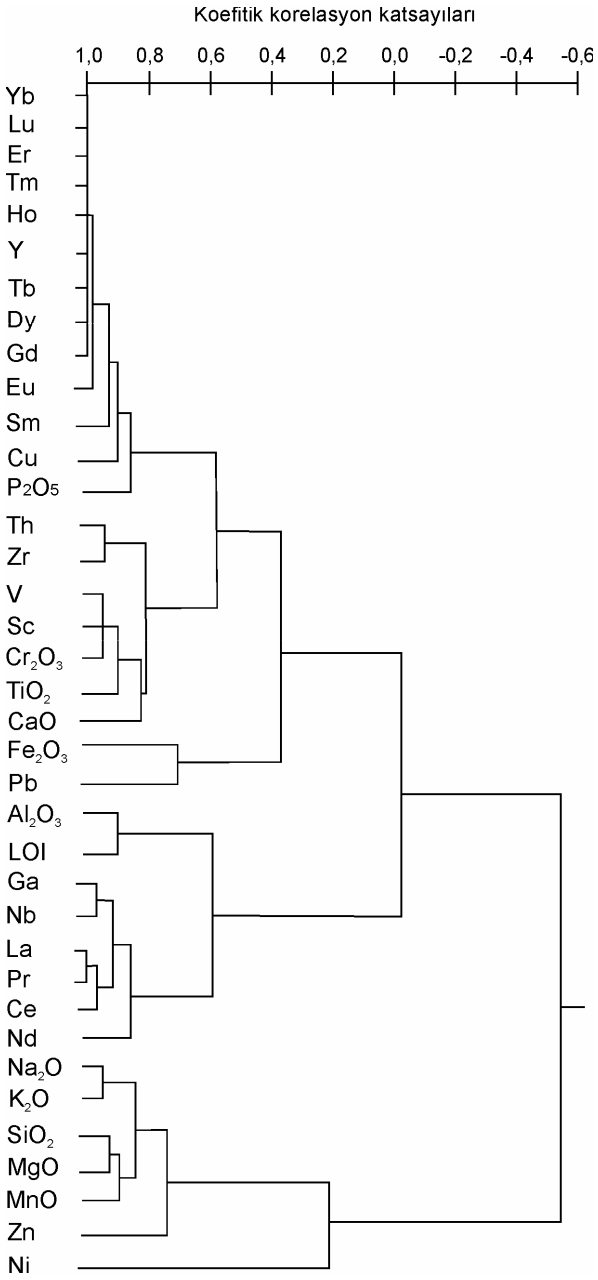
Bölgedeki boksit örneklerine ait elementlerin ortak korelasyon katsayıları kullanılarak yapılan küme (cluster) analizi dendogramında belirgin 3 grup ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.23). Birinci grup, Yb, Lu, Er, Tm, Ho, Y, Tb, Dy, Gd ve Eu'dan oluşan NTE ile bunlarla yüksek ilişkili olarak bulunan Sm, Cu ve P_2O_5, (Th-Zr), (V-Sc-Cr_2O_3), TiO_2 ve CaO, (Fe_2O_3–Pb)'dir. İkinci grup; (Al_2O_3-LOI) ile uzaktan birleşen; (Ga-Nb), (La-Pr), Ce ve Nd' dir. Son grup ise (Na_2O-K_2O) ile (SiO_2–MgO), MnO' nun birleşip, Zn' nin de eklenmesiyle oluşturduğu gruptur. Ni ise bu grup içinde çok daha düşük katsayılarla diğer bileşenlere bağlanmaktadır. Korelasyon katsayıları ve küme analizi yakınlık sıralamasına göre boksitlerde; NTE'nin birbirleri arasında kuvvetli pozitif ilişkileri görülmektedir. Al_2O_3'un aksine Fe_2O_3, LOI ile yüksek negatif ilişkiye sahiptir. Na_2O, K_2O, MgO, MnO ve SiO_2 ile negatif ilişki sergileyen Al_2O_3 bozunma ile göreceli olarak artarken, Na_2O, K_2O, MgO, MnO ve SiO_2 azalmıştır.



Şekil 4.21. *Boksitlere ait bazı ana oksit, iz element ve NTE'nin korelasyon katsayıları.*



Şekil 4.22. *Boksitlerdeki yüksek ilişkili element ve bileşiklerden yapılan regresyon analizleri.*



Şekil 4.23. *Boksitlerden derlenen örneklerin koefitik korelasyon katsayılarına göre yakınlık sıralaması.*

Boksit örneklerine faktör analizi uygulanıp, eigen değerleri ve değişim içindeki payları hesaplandığında eigen değerleri 1'in üstünde olan ilk 6 faktör toplam değişimin % 97.35'ini temsil etmektedir. Bu faktörlerin bileşenlerine göre hazırlanan yaygınlık diyagramlarında bileşenlerin yükleri ve değişime etkisi değerlendirilmiştir (Şekil 4.24).

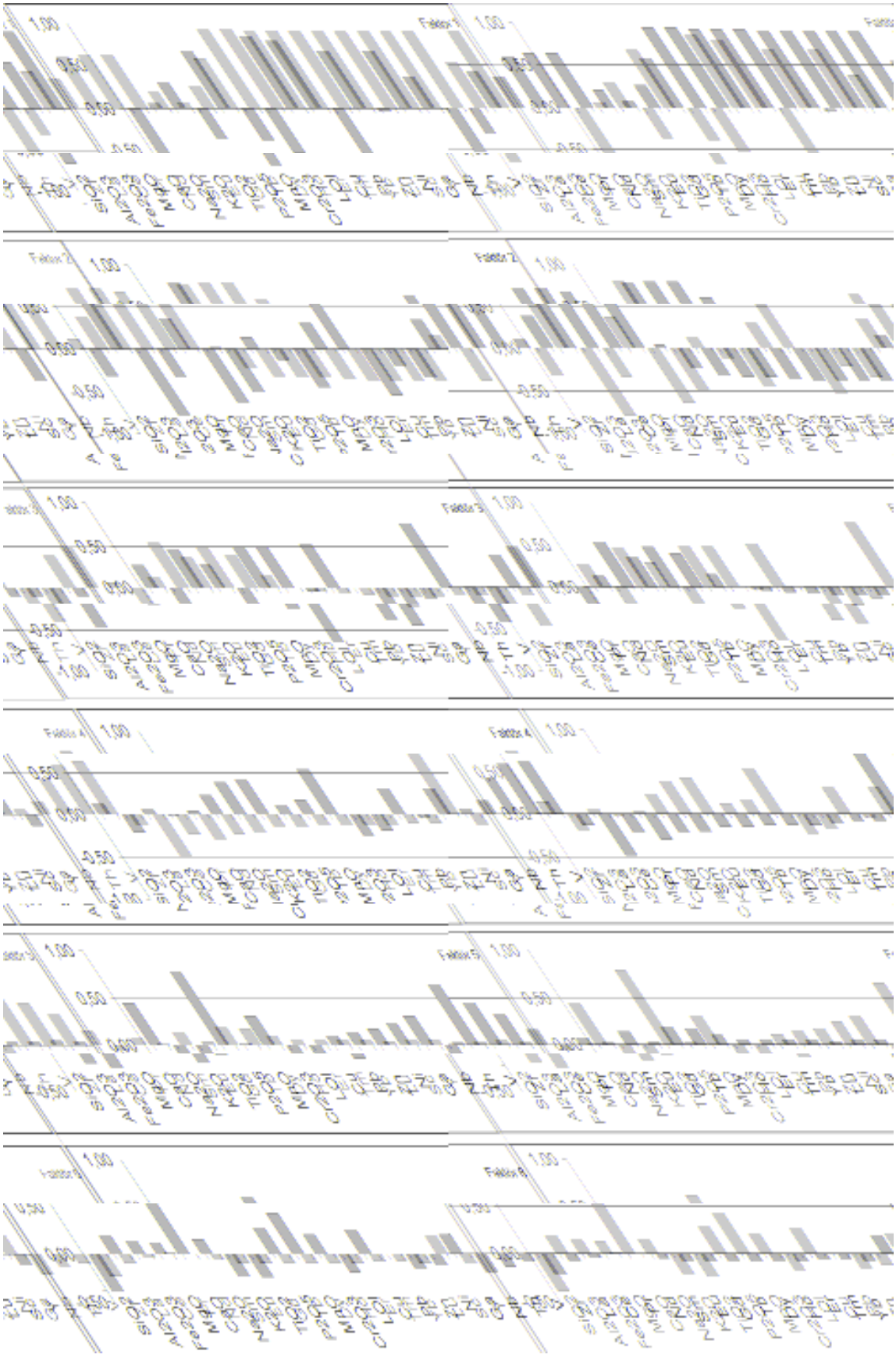
Değişimin % 44.31'ini temsil eden birinci faktör (Tablo 4.11); Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, TiO_2, P_2O_5, Cr_2O_3, iz elementler (Zr ve Ni hariç), NTE, Sc ve Y'nin önemli

pozitif; SiO_2, MgO, Na_2O, K_2O, MnO ve Zn ve Ni'nin önemli negatif yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 4.24). Pozitif yük veren bileşenler cluster analizi yakınlık sıralamasında (dendogramda) birinci ve ikinci grup ile, negatif yük veren bileşenler ise üçüncü grup ile tam olarak eşleşmektedir. Bu faktör; ana kayacın NTE ile Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, TiO_2, P_2O_5, Cr_2O_3, iz elementler (Zr ve Ni hariç), Sc ve Y'nin zenginleşmesine neden olan ilk ayrışma evresine karşılık gelmektedir. Bu esnada NTE, Sc ve Y atom yarıçapı benzeyen Al, Fe ve Ti ile birlikte yerinde kalarak nisbi bir zenginleşme göstermişlerdir. Boksitlerde beklenmeyen CaO artışı kayaç içinde bulunan plajioklasların büyük ölçüde ayrıştıklarını ve karbonik asitçe zengin yüzey sularının ortama yan kayaçlardan çözerek getirdikleri CaO olduğu düşünülmektedir. Si, Mg, Na, K ve Mn ise ayrışarak az oranda ortamdan uzaklaşmaya başlamışlardır (Şekil 4.24).

Tablo 4.11. *Boksitlerden alınan 9 örneğin verileri ile yapılan faktör analizine göre ilk 6 faktörün eigen değerleri ve değişim içindeki payları.*

	Başlangıç Eigen Değerleri		
Bileşen	Toplam	% Varyans	% Kümülatif
1	16.39	44.31	44.31
2	8.63	23.31	67.62
3	4.25	11.48	79.11
4	3.18	8.59	87.69
5	2.17	5.86	93.55
6	1.41	3.80	97.36

İkinci faktör, Al_2O_3, CaO, TiO_2, Cr_2O_3, LOI, Ni, Ga, Nb, Th, V, Zr, Sc ve NTE'den La, Ce, Pr ve Nd'nin pozitif; SiO_2, Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, MnO, Cu, Pb, Zn, Y ve ANTE'nin negatif yükleri ile temsil edilmektedir. Değişimin % 23.31 ini karşılayan ikinci faktör, bozunmanın devam eden evresinde silikat minerallerinin (feldispat, olivin, piroksen, serisit vb.) ayrışmaya devam ettiklerini Na, K, Mg, ve Mn'ın ortamdan uzaklaşırken Al'un ve buna bağlı olarak da HNTE'nin zenginleştiğini göstermektedir. Fe_2O_3'un negatif yük vermesi kayaç içinde bulunan manyetitlerin de kısmen ayrıştığını ve Fe'in yanal ve düşey yönde az miktarda hareket ederek ortamdan uzaklaştığını düşündürmektedir. Ayrıca, ANTE ile bu bileşenlerin ortak davranışı; NTE'nin Mn ve Fe ile ortamdan taşındığına işaret etmektedir.



Şekil 4.24. *Boksitlere ait bileşenlerin faktör analizi.*

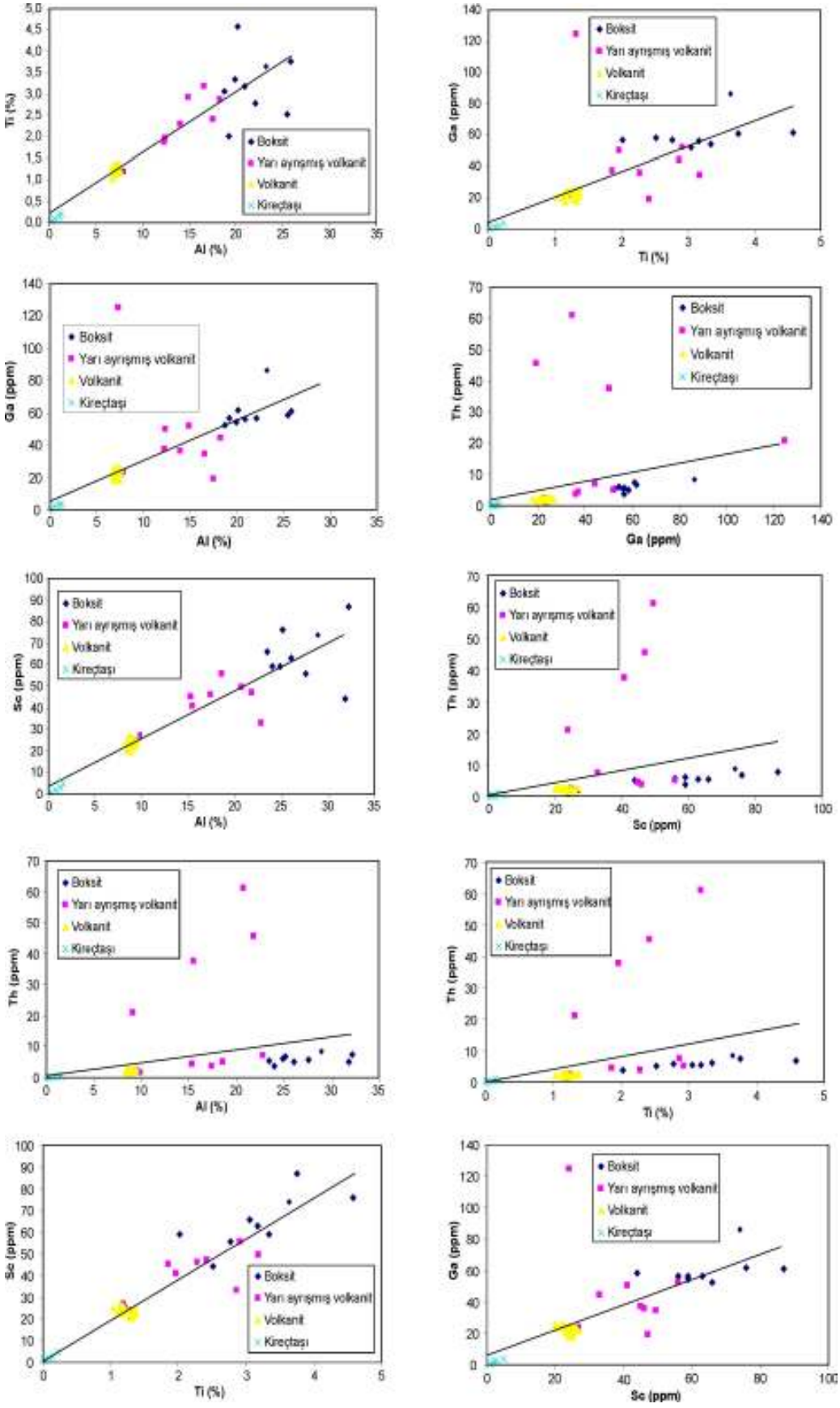
Değişimin % 11.48'ine karşılık gelen üçüncü faktör, SiO_2, Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, Pb, Ga, Nb, Th, Zr ve HNTE pozitif; Al_2O_3, CaO, TiO_2, Cr_2O_3, LOI, Cu, Zn, Ni, V, Sc, Y ve ANTE ise negatif yükleri karşılamaktadır. Bu evrede lateritik maden yataklarında değişen ortam şartlarında değişik elementlerin zenginleştiğini gösterir nitelikte Fe zenginleşmesi gözlenmektedir. Ancak, ayrışmanın ilerlemesi ve ortamın zaman zaman bazik şartlara ulaşması nedeniyle SiO_2 ve ona bağlı olarak Fe, MgO, Na_2O vb bileşenler hareketlenmişlerdir.

Dördüncü faktör değişimin % 8.59'unu karşılamakta olup, SiO_2, Fe_2O_3, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, Pb, Ni, Ga, Nb, Th, V, Zr, ve Sc'un pozitif, NTE'nin ve Y'nin ise negatif yüklerini temsil etmektedir. Bu faktör, duraylı elementlerin zenginleştiğini ve NTE ve Y'nin ise önemli miktarda azaldığını göstermektedir. Dolayısıyla yarı ayrışmış volkanitlere göre daha az NTE içeriği bu faktörle açıklanabilmektedir.

Beşinci faktör değişim % 5.86'sını karşılmakta olup, SiO_2, MgO, Na_2O, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, LOI, Cu, Zn, Ni, Ga, Nb, V, Zr ve NTE'nin pozitif; Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O, TiO_2, Pb ve Th'un negatif yüklerini göstermektedir. Bu faktörde NTE'de değişimin etkisi çok fazla gözlenememekle birlikte, iz elementlerle paralel davranış gösterdikleri görülmektedir. Bazik şartların daha da gelişmesi ile birlikte silikatların büyük bir çoğunluğu çözülmüş ve bunlardan açığa çıkan az hareketli elementlerin ayrışma ortamından uzaklaşması ile NTE'nin de önemli bir bölümü ortamı terk etmiştir.

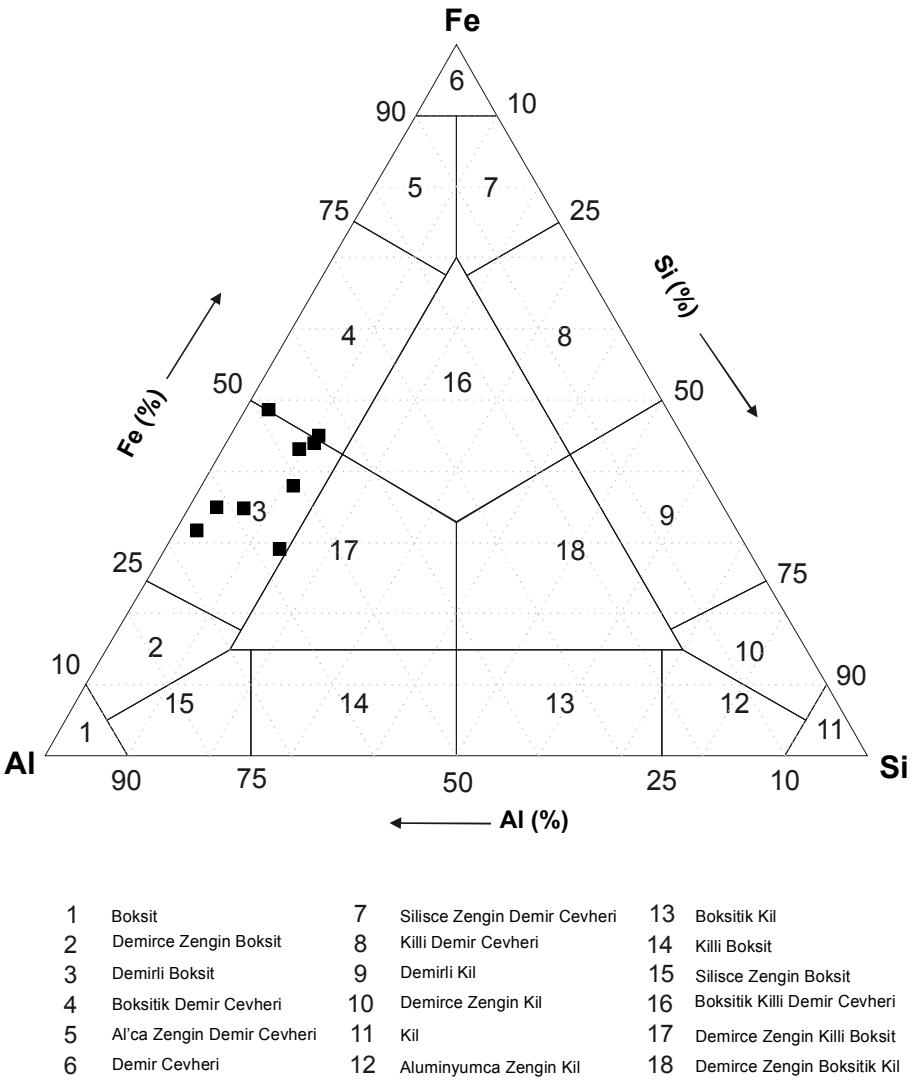
Altıncı faktör ise değişimin % 3.8'lik kısmını karşılamakta olup, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, P_2O_5, MnO, Cr_2O_3, Cu, Ga ve Sc'ın pozitif; SiO_2, K_2O, TiO_2, Zn, Ni ve Y ve NTE'nin negatif yükleri ile temsil edilmektedir. Bu evrede kil minerallerinin (saponit, nontronit, kaolinit, montmorillonit) oluşumu hızlanmaya başlamıştır. Ayrışmanın ilerleyen evrelerinde ise kil minerallerinin zenginleşmesiyle ilişkili olarak NTE'nin de azaldığı görülmektedir.

Boksitlerdeki duraylı element ve bileşiklerden yapılan dağılım diyagramlarında, Ti-Al, Ga-Al, Sc-Al, Th-Al, Sc-Ti, Ga-Ti, Th-Ga, Th-Sc, Th-Ti ve Ga-Sc değerlendirilmiştir. Buna göre, taban (Mezardere formasyonu) ve tavan (Aktaşsırtı kireçtaşları) kireçtaşlarından başlayan duraylı element ve bileşiklerin zenginleşmesi boksitlere doğru giderek artış göstermektedir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. *Al-Ti, Al- Ga, Al-Sc, Al-Th, Ti-Sc, Ti-Ga, Ga-Th, Sc-Th, Ti-Th, Sc-Ga duraylı element dağılım diyagramları.*

Boksitler, Fe, Al ve Si içeriklerinin oranlarına göre, Bardossy (1963) ve Valeton (1972)'den düzenlenerek hazırlanan boksit sınıflama üçgeninde değerlendirilmiştir. Buna göre boksitler, diyagramda "demirli boksit" sınıfında yer almaktadır (Şekil 4.26).

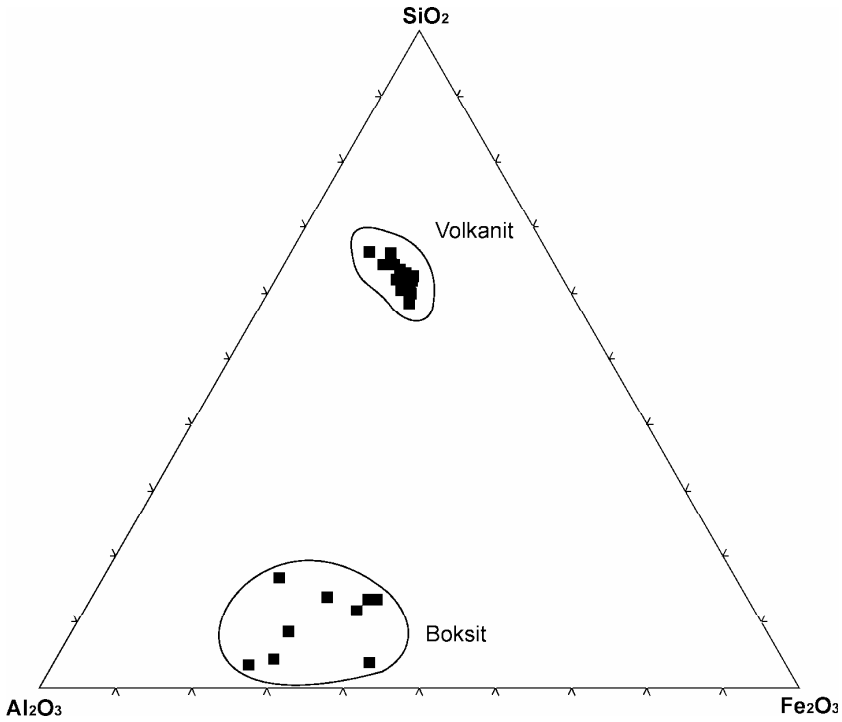


Şekil 4.26. *Boksitlerin Al, Fe, Si içeriklerine göre sınıflandırılması (Bardossy, 1963; Valeton, 1972'den düzenlenerek alınmıştır).*

İnceleme alanındaki volkanitlerden türeyen boksitlerdeki bileşenlerin zenginleşme ve fakirleşme oranları; Tablo 4.13'de gösterilmektedir. Buradan da görülebileceği gibi, en fazla zenginleşme oranı (+) 3,12 ile Al_2O_3'e aittir. Al_2O_3'ü ana oksitlerden (+) 2,56 ile TiO_2, (+) 1,95 ile Fe_2O_3 izlmektedir. İz elementlerden (+) 2,98 ile Sc, (+) 2,66 Nb, (+) 2,63 Th, (+) 2,46 Ga, (+) 2,45 ile Pb, (+) 2,35 ile Zr ve (+) 2,06 ile Y, en fazla zenginleşme oranına sahip olan elementlerdir. NTE de ise, (+) 1,78 ile La en fazla zenginleşme oranına sahiptir.

Fakirleşme oranlarına bakıldığında en fazla fakirleşen bileşenin (-) 37,37 ile Na_2O olduğu görülmektedir. Bunu, ana oksitlerden (-) 13,92 ile MgO, (-) 5,65 ile SiO_2 takip etmektedir. İz elementlerden fakirleşme oranı en fazla olan elementler sırasıyla; (-) 8,63 ile Ni, (-) 1,11 ile Zn dur. NTE de ise fakirleşen element bulunmamaktadır.

Bölgedeki volkanitlerin ve volkanitlerin ayrışması sonucu meydana gelen boksitlerin lateritleşme sürecindeki değişimi, SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3 üçgen diyagramında değerlendirilmiştir. Bu diyagrama göre volkanitlerdeki SiO_2 miktarı ayrışmaya bağlı olarak azalmış ve Al_2O_3 ile Fe_2O_3 miktarları ise zenginleşmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. *Volkanitlerin boksite dönüşümü ile meydana gelen SiO_2, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 değişimleri.*

Referans kayaçların NTE konsantrasyonuna göre hazırlanan logaritmik grafikte; inceleme alanındaki boksitlerin NTE konsantrasyonlarının, kondrit, manto ve Kuzey Amerikan Şeylleri (NASC) (Şekil 4.28) ve normalize kondrit değerleri ile olan ilişkileri açık olarak görülmektedir (Şekil 4.29).

Tablo 4.13. *Volkanitlerden türeyen boksitlerdeki bileşenlerin zenginleşme ve fakirleşme oranları.*

Bileşen	Volkanit (Ortalama)	Boksit (Ortalama)	Zenginleşme (+) Oranları
SiO_2 *(%)*	45,65	8,08	(-) 5,65
Al_2O_3	15,00	46,88	(+) 3,12
Fe_2O_3	13,34	26,06	(+)1,95
MgO	8,63	0,62	(-) 13,92
CaO	7,52	0,85	(-) 8,85
Na_2O	2,99	0,08	(-) 37,37
K_2O	0,69	0,60	(-) 1,15
TiO_2	2,09	5,35	(+) 2,56
P_2O_5	0,32	0,51	(+) 1,59
MnO	0,18	0,11	(-) 1,64
Cr_2O_3	0,04	0,07	(+) 1,75
LOI	3,44	10,53	(+) 3,06
Cu *(ppm)*	76,11	127,29	(+) 1,67
Pb	1,84	4,50	(+) 2,45
Zn	91,00	82,33	(-) 1,11
Ni	207,14	23,99	(-) 8,63
Ga	24,60	60,44	(+) 2,46
Nb	16,93	45,08	(+) 2,66
Th	2,27	5,97	(+) 2,63
V	213,57	458,33	(+) 2,15
Zr	141,51	333,32	(+) 2,35
La	14,61	26,08	(+) 1,78
Ce	32,01	34,06	(+) 1,06
Pr	4,26	5,35	(+) 1,26
Nd	18,77	21,23	(+) 1,13
Sm	4,33	4,37	(+) 1,01
Eu	1,49	1,59	(+) 1,07
Gd	4,53	6,01	(+) 1,33
Tb	0,77	0,97	(+) 1,26
Dy	3,83	4,81	(+) 1,26
Ho	0,67	0,93	(+) 1,39
Er	1,84	2,47	(+) 1,34
Tm	0,23	0,28	(+) 1,22
Yb	1,43	1,47	(+) 1,03
Lu	0,21	0,23	(+) 1,09
Sc	21,79	64,89	(+)2,98
Y	19,11	39,34	(+) 2,06

İnceleme alanındaki boksitlerin NTE konsantrasyonları, kondrit, tüm dünya, primitif manto, üst kabuk, Kuzey Amerikan şeylleri (NASC), Avustralya şeylleri (PAAS), Okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB), peridotit, bazalt ve inceleme alanına ait İslikayatepe volkanitlerindeki NTE konsantrasyonlarının ortalamaları (Tablo 4.14) ile normalize edilerek; boksitlerin NTE zenginleşme oranları belirlenmiştir. Boksitlerin, kondritlere oranla yaklaşık 25, tüm dünyaya göre 17, primitif mantoya göre 11, okyanus ortası sırtı bazaltına (MORB) göre yaklaşık 2 ve peridotite göre 8.5 kat daha fazla NTE içerdiği görülmektedir (Tablo 4.14 ; Şekil 4.28).

Tablo 4.14. *Kondrit, tüm dünya, primitif manto, üst kabuk, NASC (Kuzey Amerikan şeyleri), PAAS (Avustralya şeyleri), MORB (Okyanus ortası sırtı bazaltı), peridotit, bazalt, andezit ve inceleme alanı bazik volkanitleri içerisindeki NTE konsantrasyonları (ppm).*

NTE	Kondrit (1)	Tüm Dünya (2)	Primitif Manto (3)	Üst Kabuk (4)	NASC (5)	PAAS (6)	MORB (7)	Peridotit (8)	Bazalt (9)	İslikayatepe Volkaniti (10)	Boksit (11)
La	0,33	0,63	0,71	30,00	33,04	38,20	3,70	0,99	13,20	14,61	26,08
Ce	0,86	1,74	1,83	62,00	70,55	79,60	11,50	2,64	32,00	32,01	34,06
Pr	0,12	0,16	0,28	7,65	8,70	8,83	1,80	0,34	3,70	4,26	5,35
Nd	0,62	1,04	1,37	27,00	31,76	33,90	10,00	1,80	18,00	18,77	21,23
Sm	0,20	0,24	0,44	5,25	5,99	5,55	3,30	0,54	4,40	4,33	4,37
Eu	0,07	0,08	0,17	1,04	1,38	1,08	1,30	0,21	1,52	1,49	1,59
Gd	0,27	0,36	0,60	4,60	5,50	4,66	4,60	0,75	5,00	4,53	6,01
Tb	0,05	0,07	0,11	0,77	0,94	0,77	0,87	0,14	0,85	0,77	0,97
Dy	0,33	0,33	0,74	3,25	5,54	4,68	5,70	0,95	5,20	3,83	4,81
Ho	0,07	0,10	0,16	1,00	1,16	0,99	1,30	0,21	1,05	0,67	0,93
Er	0,22	0,61	0,48	2,55	3,52	2,85	3,70	0,60	2,70	1,84	2,47
Tm	0,03	0,04	0,07	0,41	0,53	0,41	0,34	0,09	0,37	0,23	0,28
Yb	0,22	0,29	0,48	2,60	3,15	2,82	2,24	0,60	2,20	1,43	1,47
Lu	0,03	0,03	0,07	0,41	0,49	0,43	0,37	0,10	0,31	0,21	0,23

(1) ***Kondrit:*** *Haskin et al. (1968), Wakita et al. (1971), Tanaka and Masuda (1973), Nakamura (1974), Evensen et al. (1978), Taylor and McLennan (1981), Boynton (1984).*

(2) ***Tüm Dünya:*** *:Ganapathy and Anders (1974), Smith (1977).*

(3) ***Primitif manto****: McDonough et al. (1991).*

(4) ***Üst Kabuk:*** *Taylor (1964), Taylor and McLennan (1981).*

(5) ***NASC*** *(Kuzey Amerikan Şeylleri)****:*** *Haskin and Frey (1968), Haskin and Haskin (1966), Haskin et al. (1968), Gromet et al. (1984).*

(6) ***PAAS*** *(Avustralya şeyleri)****:*** *McLennan (1989).*

(7) ***MORB*** *(Okyanus ortası sırtı bazaltı): Pearce ve Cann (1973), Saunders and Tarney (1984), Sun (1980).*

(8) ***Peridotit:*** *Haskin (1984).*

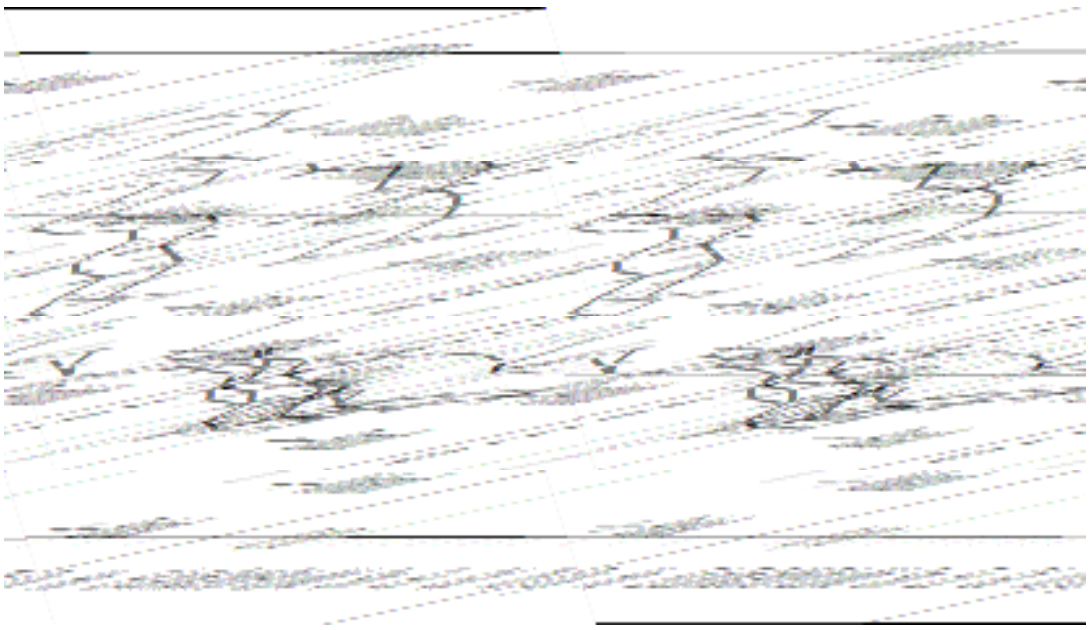
(9) ***Bazalt:*** *Haskin (1984).*

(10) ***İslikayatepe volkaniti:*** *İnceleme alanı volkanitleri.*

(11) ***Boksit:*** *İnceleme alanı boksitleri.*

Tablo 4.15. *Boksitlerin NTE açısından, kondrit, tüm dünya, primitif manto, kabuk, NASC, PAAS, MORB, Peridotit, bazalt, andezit ve inceleme alanı bazik volkanitleri ile normalize değerleri.*

NTE	Kondrit	Tüm Dünya	Primitif Manto	Üst Kabuk	NASC	PAAS	MORB	Peridotit	Bazalt	İslikayatepe Volkaniti
La	79,02	41,39	36,73	0,87	0,79	0,68	7,05	26,34	1,98	1,78
Ce	39,60	19,57	18,61	0,55	0,48	0,43	2,96	12,90	1,06	1,06
Pr	44,59	33,44	19,11	0,70	0,62	0,61	2,97	15,74	1,45	1,26
Nd	34,25	20,42	15,50	0,79	0,67	0,63	2,12	11,80	1,18	1,13
Sm	21,83	18,19	9,92	0,83	0,73	0,79	1,32	8,09	0,99	1,01
Eu	22,76	19,92	9,37	1,53	1,15	1,48	1,23	7,59	1,05	1,07
Gd	22,25	16,69	10,01	1,31	1,09	1,29	1,31	8,01	1,20	1,33
Tb	19,47	13,90	8,85	1,26	1,04	1,26	1,12	6,95	1,15	1,27
Dy	14,58	14,58	6,50	1,48	0,87	1,03	0,84	5,06	0,93	1,25
Ho	13,33	9,33	5,83	0,93	0,80	0,94	0,72	4,44	0,89	1,39
Er	11,23	4,05	5,15	0,97	0,70	0,87	0,67	4,12	0,91	1,34
Tm	9,44	7,08	4,05	0,69	0,53	0,69	0,83	3,15	0,77	1,24
Yb	6,70	5,08	3,07	0,57	0,47	0,52	0,66	2,46	0,67	1,03
Lu	7,78	7,78	3,33	0,57	0,48	0,54	0,63	2,33	0,75	1,09
Ortalama	24,77	16,53	11,15	0,93	0,74	0,84	1,75	8,50	1,07	1,23



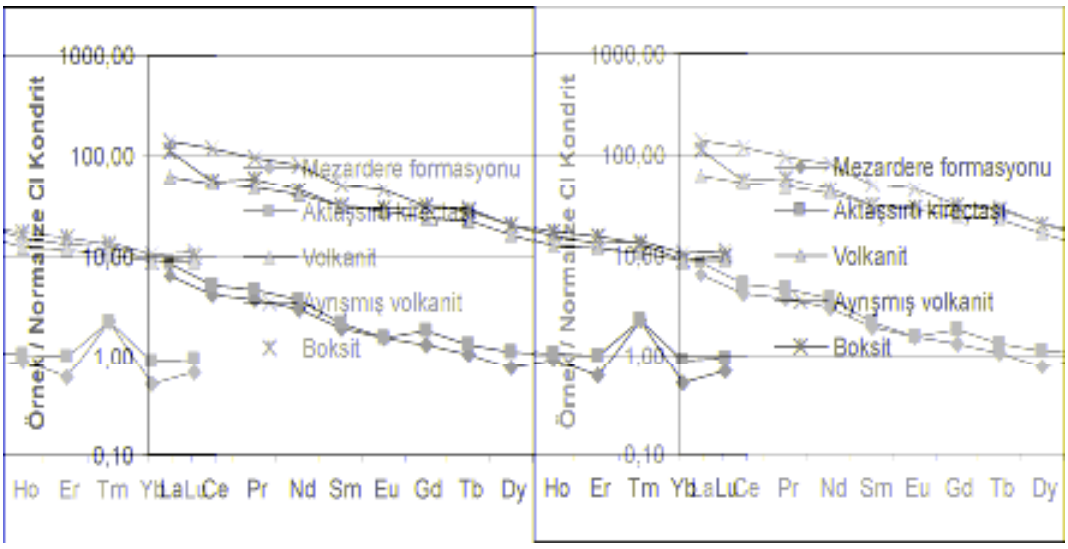
Şekil 4.28. *Boksitlerin NTE açısından, kondrit, tüm dünya, primitif manto, kabuk, NASC, PAAS, MORB, Peridotit, bazalt, andezit ve inceleme alanı bazik volkanitleri ile normalize değerlerinin logaritmik diyagramı..*

Kondritlere göre normalize değerler kullanılarak oluşturulan Tablo 4.16'da boksitlere ait NTE'nin, kondritlere göre ortalama 33.65 kat daha fazla zenginleştiği görülmektedir. Normalize değerlere göre hazırlanan logaritmik dağılım diyagramında ise; volkanit, yarı ayrışmış volkanit ve boksit NTE değerleri birbirine

yakın görülmekte ve taban (Mezardere formasyonu) ve tavan (Aktaşsırtı kireçtaşı) karbonatlarının da belirgin bir şekilde onlardan ayrıldığı gözlenmektedir (Şekil 4.29).

Tablo 4.16. *İnceleme alanındaki taban ve tavan karbonatları, volkanit, yarı ayrışmış volkanit ve boksitlerin kondritlere göre normalize değerleri.*

NTE	Kondrit normalize değerler				
	Boksit	**Mezardere formasyonu**	**Aktaşsırtı kireçtaşları**	**İslikayatepe volkanitleri**	**Yarı ayrışmış volkanitler**
La	110,50	6,36	8,19	61,92	137,61
Ce	55,02	4,15	5,01	51,72	116,84
Pr	59,46	3,74	4,59	47,37	96,48
Nd	45,86	2,88	3,60	40,54	80,37
Sm	30,32	1,85	2,08	30,06	51,18
Eu	29,13	1,52	1,52	27,27	44,04
Gd	30,19	1,31	1,76	22,75	31,05
Tb	27,57	1,04	1,32	21,77	28,60
Dy	19,55	0,75	1,12	15,58	19,62
Ho	16,91	0,91	1,03	12,16	14,71
Er	15,25	0,62	0,97	11,38	12,83
Tm	12,88	2,27	2,27	10,39	13,70
Yb	8,88	0,50	0,86	8,61	10,52
Lu	9,52	0,68	0,95	8,75	10,59
Zenginleşme	33,65	2,04	2,52	26,45	47,72

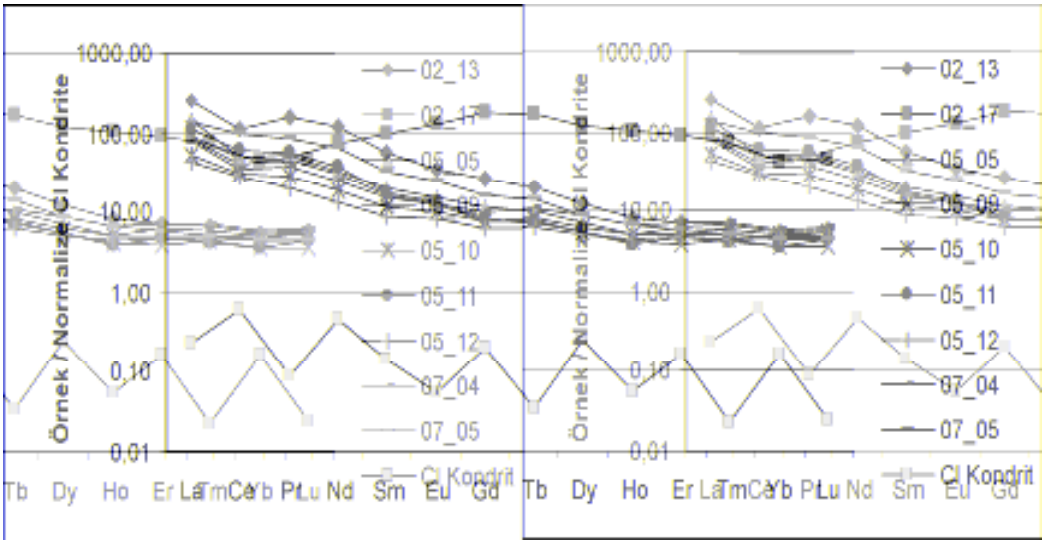


Şekil 4.29. *Boksitler, taban ve tavan karbonatları, volkanit, yarı ayrışmış volkanit ve boksitlerin kondrit normalize değerleri.*

Kondritlere göre normalize edilen her bir boksit örneğine ait normalize NTE değerleri Tablo 4.17'de gösterilmiştir. Buna bağlı olarak oluşturulan logaritmik diyagramda ise, inceleme alanına ait boksitlerin NTE değerlerinin kondrit değerlerinden belirgin bir şekilde ayrıldığı görülmektedir (Şekil 4.30).

Tablo 4.17. *Boksit örneklerine ait NTE'nin Cl kondritlerine (Evensen,1978) göre normalize değerleri.*

Örnek	**02-13**	**02-17**	**05-05**	**05-09**	**05-10**	**05-11**	**05-12**	**07-04**	**07-05**
NTE									
La	250,85	85,59	147,03	91,95	54,24	111,02	41,53	77,54	134,75
Ce	108,72	38,61	49,43	47,82	31,18	58,48	28,76	35,86	96,28
Pr	159,67	50,33	53,44	46,22	28,00	55,22	20,44	37,67	84,11
Nd	118,57	72,57	33,48	30,24	18,36	36,50	13,17	24,84	65,01
Sm	55,56	96,53	19,44	15,97	11,81	17,36	9,03	15,28	31,94
Eu	35,65	129,62	15,72	12,43	9,87	13,35	8,23	12,25	25,05
Gd	25,93	177,64	11,66	7,94	7,59	8,24	6,38	9,95	16,38
Tb	20,11	162,89	9,92	7,93	8,50	7,37	6,23	11,05	14,16
Dy	12,60	115,57	7,32	5,65	6,38	5,49	5,04	8,82	9,11
Ho	8,33	107,43	5,25	4,17	5,07	3,80	4,53	6,88	6,70
Er	7,35	92,10	5,12	4,01	6,11	4,69	4,88	7,16	5,80
Tm	6,82	72,73	5,00	4,55	5,91	4,09	4,55	7,27	5,00
Yb	5,42	41,87	4,82	3,67	5,18	3,73	4,70	6,02	4,46
Lu	5,71	45,71	5,31	3,67	5,31	4,49	4,90	6,12	4,49
∑NTE	821,29	1289,18	372,95	286,23	203,50	333,83	162,36	266,72	503,25



Şekil 4.30. *Boksitlerin normalize NTE değerlerinin logaritmik diyagramı.*

Bazik volkanitlerin yüzeysel ayrışması ile oluşan boksitlerde Ce negatif anomali vermektedir. Bazik volkanitlerin ayrışması ile meydana gelen boksitlerde Ce'un negatif anomali verdiği daha önceki çalışmalarda da belirlenmiştir (Price et al., 1991). Boksitler içerisinde belirlenen negatif Ce anomalisi (ortalama Ce/Ce*=0.66; Ce/Ce*= (3Ce/Ce)/($2La_N$+Nd_N); Ce'un diğer NTE'ye göre azaldığını göstermektedir (Şekil 4.30, Tablo 4.18). Ce'un negatif anomali vermesi; oksidasyon koşulları altında olduğunu ve bazik bir kökeni işaret etmektedir. Bu şartlarda Ce^{+3}, Ce^{+4}'e okside olarak ortamdan uzaklaşmaktadır (Salil et al., 1997). HNTE zenginliği (La_N/Sm_N= 4.84) ve hafif ANTE zenginliği (Gd_N/Yb_N= 2.66) görülmektedir (Tablo 4.18).

Eu anomalisi, Taylor ve MacLennan (1985)'a göre hesaplanmıştır (Eu/Eu*= (Eu_N) / [(Sm_N.Gd_N)]$^{0.5}$). Eu, yer yer küçük negatif (Eu/Eu*= 0,94-0.99) yer yer de küçük pozitif (Eu/Eu*= 1.04-1.10) anomali göstermektedir. Dolayısıyla ayrışma sırasında Eu konsantrasyonunda önemli bir değişiklik gerçekleşmemiştir. Boksitler içerisindeki HNTE ($(La/Sm)_N$=4.84) zenginleşmesi, daha önce de belirtildiği gibi ANTE'ye ($(Gd/Yb)_N$= 2.66) oranla daha fazladır ($(La/Lu)_N$=20.51).

Tablo 4.18. *Boksitlerin ortalama NTE oranları ve anomali değerleri.*

Samples	02-13	02-17	05-05	05-09	05-10	05-11	05-12	07-04	07-05	Ortalama	Max.	Min.
$(La/Lu)_N$	43,90	1,87	27,71	25,03	10,22	24,73	8,48	12,67	30,01	**20,51**	**43,90**	**1,87**
$(Gd/Yb)_N$	4,78	4,24	2,42	2,16	1,46	2,21	1,36	1,65	3,67	**2,66**	**4,78**	**1,36**
$(La/Sm)_N$	4,52	0,89	7,56	5,76	4,59	6,39	4,60	5,08	4,22	**4,84**	**7,56**	**0,89**
$(La/Yb)_N$	46,27	2,04	30,51	25,02	10,47	29,72	8,84	12,87	30,23	**21,77**	**46,27**	**2,04**
Eu/Eu*	0,94	0,99	1,04	1,10	1,04	1,12	1,08	0,99	1,09	**1,05**	**1,12**	**0,94**
Ce/Ce*	0,53	0,48	0,45	0,67	0,74	0,68	0,90	0,60	0,86	**0,66**	**0,90**	**0,45**
∑NTE	821,3	1289,2	372,9	286,2	203,5	333,8	162,4	266,7	503,2	**471,0**	**1289,1**	**162,4**
∑HNTE (La-Sm)	693,4	343,6	302,8	232,2	143,6	278,6	112,9	191,2	412,1	**301,2**	**693,4**	**112,9**
∑ANTE (Gd-Lu)	92,28	815,93	54,39	41,59	50,05	41,91	41,20	63,28	66,10	**140,7**	**815,3**	**41,2**
∑HNTE/ ∑ANTE	7,51	0,42	5,57	5,58	2,87	6,65	2,74	3,02	6,23	**4,5**	**7,5**	**0,4**

Muratbağı, Üçkardeşler-Hatıbınağıl Tepe ve Kışla Tepe zuhurlarından derlenen boksit örneklerinin ortalama ana oksit, iz element ve NTE miktarları

belirlenmiştir. Buna göre; Muratbağı boksit zuhurundan alınan örneklerde toplam nadir toprak elementleri (TNTE) miktarı 210.4 ppm, Üçkardeşler-Hatıbınağıl Tepe zuhurunda 71.8 ppm, Kışla Tepe zuhurunda ise 104.48 ppm olduğu görülmektedir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. *Muratbağı, Üçkardeşler-Hatıbınağıl Tepe ve Kışla Tepe boksit zuhurlarına ait ortalama bileşen içerikleri.*

Bileşenler	Muratbağı	Üçkardeşler-Hatıbınağıl Tepe	Kışla Tepe
SiO_2 (%)	4,86	11,36	3,12
Al_2O_3	46,73	43,55	55,35
Fe_2O_3	27,78	27,00	21,97
MgO	0,59	0,81	0,20
CaO	1,38	0,48	1,24
Na_2O	0,05	0,11	0,01
K_2O	0,11	1,07	0,06
TiO_2	6,86	4,79	5,24
P_2O_5	0,96	0,41	0,32
MnO	0,05	0,138	0,1
Cr_2O_3	0,10	0,05	0,07
LOI	10,35	9,96	12,15
Cu (ppm)	205,55	110,06	92,1
Pb	6,20	4,62	2,5
Zn	48,00	104,2	62
Ni	21,45	24,73	24,7
Ga	74,15	55,28	59,65
Nb	58,35	41,04	41,9
Th	7,65	5,18	6,25
V	517	430,6	469
Zr	417,2	307,94	312,9
Sc	75	60,6	65,5
Y	148,05	6,68	12,3
La	39,7	21,04	25,05
Ce	45,6	26,7	40,9
Pr	9,45	3,66	5,48
Nd	44,25	12,2	20,8
Sm	10,95	2,12	3,4
Eu	4,52	0,65	1,02
Gd	20,26	1,66	2,62
Tb	3,23	0,28	0,45
Dy	15,77	1,47	2,21
Ho	3,20	0,25	0,38
Er	8,06	0,80	1,05
Tm	0,88	0,11	0,14
Yb	3,93	0,73	0,87
Lu	0,63	0,12	0,13
TNTE (ppm)	**210,4**	**71,8**	**104,48**

Taban (Mezardere formasyonu) ve tavan karbonatları (Aktaşsırtı kireçtaşları), volkanit, yarı ayrışmış volkanit ve boksitlere ait TNTE potansiyeli hesaplanmıştır. Buna göre; taban karbonatlarında toplam NTE miktarı 6.62 ppm iken; tavan karbonatlarında, 8.42 ppm; volkanitlerde, 89 ppm; yarı ayrışmış volkanitlerde, 177.69 ppm; boksitlerde ise 109.86 ppm'dir (Tablo 4.15).

Tablo 4.20. *Taban ve tavan karbonatları, volkanit, yarı ayrışmış volkanit ve boksitlerin ortalama NTE içerikleri (ppm).*

NTE	Mezardere formasyonu	Aktaşsırtı kireçtaşları	Volkanit	Yarı ayrışmış volkanit	Boksit
La	1,68	2,35	14,61	32,48	26,08
Ce	2,35	2,85	32,01	72,33	34,06
Pr	0,31	0,38	4,26	8,68	5,35
Nd	1,25	1,53	18,77	37,21	21,23
Sm	0,26	0,27	4,33	7,37	4,37
Eu	0,08	0,07	1,49	2,41	1,59
Gd	0,24	0,32	4,53	6,18	6,01
Tb	0,04	0,04	0,77	1,01	0,97
Dy	0,17	0,24	3,83	4,83	4,81
Ho	0,05	0,05	0,67	0,81	0,93
Er	0,09	0,13	1,84	2,08	2,47
Tm	0,04	0,04	0,23	0,30	0,28
Yb	0,08	0,12	1,43	1,75	1,47
Lu	0,02	0,02	0,21	0,26	0,23
TNTE	**6,62**	**8,42**	**89,00**	**177,69**	**109,86**
Sc	1,25	2,50	21,79	39,35	64,89
Y	1,33	1,85	19,11	20,60	39,34

5. BOKSİTLERİN OLUŞUMU VE KÖKENİ

Bölgedeki boksitlerde; makro ve mikro ölçekte belirlenen kabuğumsu ve toprağımsı cevher yapı ve dokuları, yüzeysel ayrışmaya dayalı, özellikle kimyasal bir birikim için oldukça tipiktir. Diyaspor, böhmit, hematit, kaolinit, nontronit, saponit ve klorit gibi büyük bir çoğunluğu ikincil minerallerden oluşan cevher parajenezi de bu yüzeysel oluşum şartlarını doğrulamaktadır. Söz konusu ikincil mineral topluluğunun türeyebileceği ayrışma zonunun altında veya yakın çevresinde herhangi bir birincil cevher kütlesinin bulunmamasına karşın, cevher içerisinde ana kayaca ait birincil yapı ve dokuların henüz bozulmamış olan kalıntılarına sık sık rastlanması ve ayrışma profillerinin alt bölümlerine doğru da tedrici olarak bu kayaçların yarı ayrışmış ve hemen hemen hiç ayrışmamış kesimlerine geçilmesi; incelenen boksitlerin oluşumunda lateritik süreçlerin etkili olduğunu göstermektedir.

Ayrışma zonu içerisinde eksfoliasyon yapılarının oluşumunu kontrol eden ve muhtemelen soğuma çatlakları yüzeyleri boyunca etkin olan ayrışma süreçlerinin gelişiminde; ana kayaca ait kolayca altere olabilecek feldispat, olivin, piroksen ve kalsit gibi minerallerin bulunmasının yanı sıra, topografik konumun nispeten suların süzülmesine uygun olması da etkin bir rol oynamıştır. Lateritleşme süreçlerinin aralıklarla etkinleşen volkanizma faaliyetleri ile kesintiye uğraması ve drenaj sisteminin çok yeterli olmaması nedeniyle ayrışma süreçlerinin daha ileri boyutlara ulaşması ve profil kalınlığının artmasının engellendiği tahmin edilmektedir.

Jeokimyasal veriler, boksitlerde; ana oksitlerden Al_2O_3'un ana kayaca göre 3.12; Fe_2O_3'in 1.95; TiO_2'un 2.56; P_2O_5'in 1.59 ve Cr_2O_3'un, 1.75 kat zenginleştiğini; bunlara karşılık SiO_2'un 5.65, alkali ve toprak alkali bileşenlerden MgO'un 13.92, CaO'un 8.85, Na_2O'un 37.37, K_2O'un 1.15 ve MnO'ın 1.64 kat fakirleştiğini göstermektedir (Tablo 4.13). Ana oksitlerin büyük bir bölümünün 2 ile 3 kat arasında zenginleştiğine; alkali ve toprak alkali elementlerinin şiddetli bir şekilde yıkandığına işaret etmektedir. Bununla beraber, lateritler içerisinde yer alan alkali ve toprak alkalilerin bir kısmı, ayrışma ortamında oluşan kaolinit, saponit, nontronit ve montmorillonit gibi otojenik kil minerallerinin oluşumuna katılmıştır.

Ana kayaç içerisinde ortalama % 15.00 Al_2O_3, % 13.34 Fe_2O_3 ve % 2.09 TiO_2 bulunmasına rağmen, oluşan laterit içerisinde bu bileşenlerin sırasıyla yaklaşık 3, 2 ve 3 kat oranında artması, bunların ayrışma sırasında önemli ölçüde hareketsiz

davranarak yerinde kaldıklarını, dolayısıyla ortam şartlarının, özellikle Al ve daha az olarak da Fe ve Ti'ın birikmesine uygun olduğunu göstermektedir.

Norton (1973), pH'ın 5 ile 7 arasında olduğu şartlarda Al'un en fazla çözünebileceğini belirtmiştir. Fe ise sadece düşük pH, düşük Eh veya her ikisinin de geçerli olduğu ortamlarda çözünerek taşınabilir. Si, daha yüksek pH şartlarında ($pH \geq 8$) artan bir şekilde çözünebilmektedir. Bu veriler; incelenen lateritik boksitlerin oluşumu sırasında ana kayacın kapsadığı alkaliler ve toprak alkaliler de göz önünde bulundurulursa, hafif asidik, nötral ve özellikle de alkalen ortam şartlarının egemen olduğuna işaret etmektedir. Ancak, bunların aynı anda değil, mevsimsel ve dönemsel etkilerle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Dolayısıyla Al, Fe ve Ti elementlerinin belirtilen şartlar altında duraylı olabilen böhmit, diyaspor, hematit, kaolinit, saponit, nontronit ve anatas gibi otojenik minerallerin oluşumuna katıldıkları anlaşılmaktadır. Si ise, ana kayaç bünyesindeki kalsitler ile alkali ve toprak alkalilerin çözünmesi sonucunda artan pH şartlarında ortamdan taşınarak uzaklaştırılmıştır.

Bölgesel olarak nontronit, kaolinit ve halloysit gibi kil mineralleri; bazik kayaçlarda plajiyoklas ve ferromagnezyen minerallerin bozunması ile oluşmaktadır. Zayıf drenaj koşulları altında ve Mg ile Fe varlığında ojitten, iddingsitten ve camsı dokudan nontronit türemektedir. Nötr veya az asidik pH şartlarında ve drenajın iyi olduğu durumlarda, nontronit, çatlak ve kırıklara göç etmekte ve altere olmuş kayaçların boşluklarını doldurmaktadır. Nontronit, duraylı bazik şartlar devam ettiği sürece yerinde kalarak zayıf drenaj şartları altında bazaltik camlar ve ferromagnezyen minerallerden şekillenmektedir. Bazik ortam nötr veya asidik ortama dönüştüğü anda bozunan profilin en üst kısmında plajioklasın kaolinleşmesi başlamaktadır (Allen, 1948). Bu veriler ile birlikte bölgedeki yarı ayrışmış volkanitlerdeki bileşenler içerisinde nontronitin bol olarak bulunması; ayrışma esnasında, bazik şartların devam ettiğini göstermektedir.

İncelenen lateritler nispeten yüksek Cu, Pb, Ga, Nb, Th, V, Cr, Ti ve Zr ve nispeten düşük toplam NTE (109.86 ppm) içerikleri ile bazik kökenli bir ana kayacın (bazalt ve dolerit) etkinliklerini de yansıtmaktadır. Bu yorum, yüksek Al_2O_3 ve Fe_2O_3'ün yanı sıra düşük SiO_2 içerikleri ile de desteklenmektedir. Zira, ultrabazik kayaçlardan türeyen lateritlerde SiO_2 içeriği ortalama % 3.03, bazik kayaçlardan türeyen lateritlerde % 26.00, bazaltlardan türeyenlerde ise % 23.70'dir (Küpeli ve diğ., 1999). Bu verilere göre; incelenen lateritler; asidik kayaçlara göre düşük SiO_2

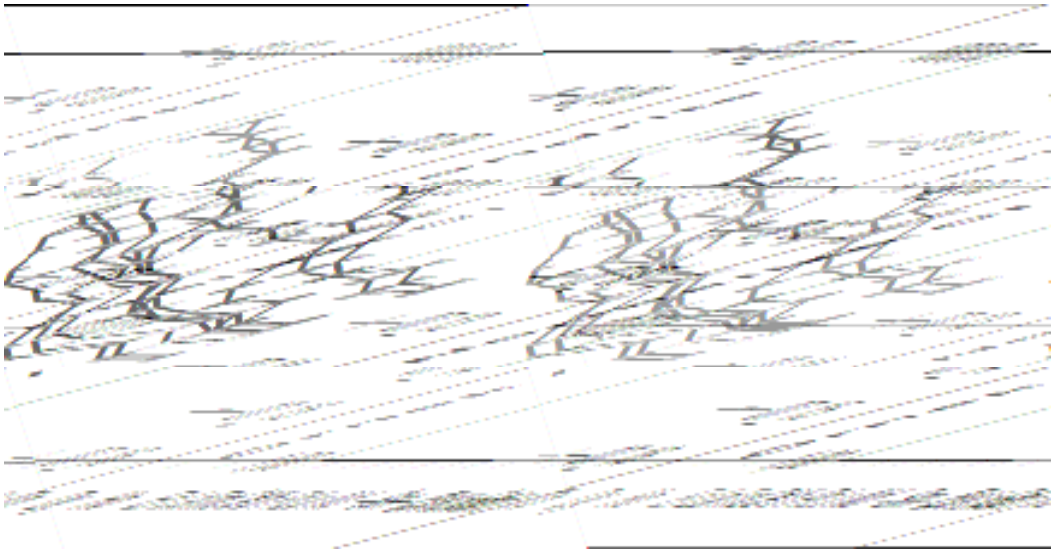
ve yüksek Al_2O_3 içerikleri ile jeokimyasal yönden **bazik kayaç lateritlerine** benzemektedir. Ancak, incelenen lateritlerin literatürde verilen SiO_2 içeriğine göre çok daha düşük oranlarda SiO_2 içermesi; ayrışma süreci sırasında sıkça alkalen ortam şartlarının daha etkin olduğuna ve böylece SiO_2'nin daha fazla çözünerek ortamdan taşındığına işaret etmektedir. Bu yönüyle söz konusu lateritik boksitlerin kendilerine özgü jeokimyasal özellikler sunduğu anlaşılmaktadır.

Belirtilen süreç içerisinde NTE'nin önemli ölçüde hareketsiz davranarak ana kayaca göre zenginleştiği belirlenmiştir. Kondrite göre normalize edilmiş boksit ve ana kayaç NTE grafikleri birbiri ile karşılaştırıldıklarında, ana kayaç ve boksitlerin NTE içeriklerinin birbirlerine çok benzer olmaları ve sadece toplam NTE içeriği yönünden aralarında bir fark bulunması da (Şekil 4.29); söz konusu kökensel ilişkiyi açıkça ifade etmektedir.

Bazik volkanitlerin belirli fiziko-kimyasal şartlar altında yüzeysel ayrışmaları ile oluşan boksitlerde Ce negatif anomali vermektedir. Bazik volkanitlerdeki negatif Ce anomalisi, daha önceki bazı çalışmalarla da desteklenmiştir (Price et al., 1991). Boksitler içerisinde belirlenen negatif Ce anomalisi, Ce'un diğer NTE'ye göre azaldığını göstermekte olup, ayrışma ortamından çözeltilerle daha alt zonlara doğru taşınmış olduğuna işaret etmektedir. Buna karşın, bazı yarı ayrışmış saprolit gibi örneklerde de pozitif Ce anomalisinin gözlenmesi (Şekil 4.31), bu görüşü doğrular niteliktedir.

Eu, yer yer düşük negatif (Eu/Eu*= 0,94-0.99), yer yer de düşük pozitif (Eu/Eu*= 1.04-1.10) anomaliler göstermektedir. Dolayısıyla ayrışma sırasında Eu konsantrasyonunda önemli bir değişikliğin gerçekleşmediği anlaşılmaktadır.

Profillerdeki lateritik boksitler içerisindeki NTE'nin davranışı dikkat çekicidir. Zira, lateritik profil içerisinde ayrışma derecesinin artmasına paralel olarak toplam NTE miktarının da azaldığı belirlenmiştir. Bu durum da, ana kayaçtan serbestleşen NTE'nin, nispeten asidik karakterli meteorik sularla aşağıya doğru, profilin daha az ayrışmış kesimlerine kadar taşındığını ve bu sırada alkalilerin çözünmesi ile artan alkalinitenin etkisiyle çökelerek zenginleştiğini ifade etmektedir. Ortaya konulan tablo, daha önce yapılmış bir çok çalışma ile de uyumluluk içerisindedir (Braun et al., 1990; Maksimovic and Panto, 1991; Mongelli, 1997; Nyakairu et al., 2001).



Şekil 4.31. *Yarı ayrışmış volkanitlerin normalize NTE değerlerinin logaritmik diyagramı.*

Tüm bu veriler göstermektedir ki; inceleme alanındaki boksitlerin kökeni, levha içi bazalt ve alkali bazalt sınıfına giren İslikayatepe volkanitleri ile ilişkilidir. Arazi gözlemleri ve jeokimyasal veriler, boksitlere kaynaklık eden kayacın, volkanitler olduğunu doğrulamaktadır.

Bölgedeki boksit zonları, volkanitlerle ardalanmalı olarak birbirini izleyen birden çok seviye şeklinde yüzeylemektedir. İncelenen boksit zonlarının stratigrafik konumları; bölgede volkanizmanın birden çok defa etkili olduğuna işaret etmektedir.

Kimyasal bileşimi ve stratigrafik istifteki konumu dikkate alınarak "**otokton lateritik demirli boksitler**" şeklinde tanımlayabileceğimiz söz konusu oluşuklar, düz veya düze yakın bir morfolojinin egemen olduğu bölgede, Geç Jura'nın tropikal iklim şartları altında İslikayatepe volkanitlerine ait genellikle bazaltik, yer yer de doleritik bileşimli kayaçların uğramış olduğu çok evreli ayrışma süreçleri sonucunda oluşmuşlardır. İlerleyen jeolojik dönemde Aktaşsırtı formasyonuna ait kireçtaşları tarafından transgresif olarak örtülen boksitler, paleo-boksit niteliği kazanmışlardır.

Eyles et al (1952), lateritleşmenin kimyasal ve mineralojik olarak iki farklı evrede oluştuğunu belirtmiştir. Bunlardan ilki kaolinleşme evresi olup; feldispat, piroksen ve olivin gibi silikat minerallerinin bozunarak oksitlere dönüştüğü evredir. Mg, Ca, Na ve K oksitler ile bazı silikalar ortamdan uzaklaşmaktadırlar. Serbest kalan silika ve Al oksitin su ile birleşmesi ile birlikte kaolinitler oluşarak "**litomarge**" olarak adlandırılan evre meydana gelmektedir. Bunu izleyen

lateritleşme evresi ise, hidratlı aluminyum silikatların ortamdan uzaklaşıp aluminyumun gibsite dönüştüğü evreyi temsil etmektedir.

Bölgedeki İslikayatepe volkanitlerini lateritleştirerek boksit oluşturma sürecinde etkili olan başlıca faktörler; ana kayaç bileşimi, iklim, morfoloji, yüzey suları, ortamın pH'sı, bozunma süreci vb.'dir (Grubb, 1963; Bardossy and Aleva, 1990; Oliviera and Campos, 1991; Price et al., 1991). Akameyov et al., (1975), lateritleşme sürecinin gelişebilmesi için, sıcaklığın 28 ^{o}C, yağışın ise yıllık 90 cm olması gerektiğini belirtmektedir.

Yüzeysel ayrışmanın daha kolay oluştuğu tropikal ve yarı tropikal iklim kuşaklarında meydana gelen lateritleşme sürecindeki önemli faktörlerden birisi, yüzey sularıdır. Lateritlerin geçirimli, ana kayacın (volkanitlerin) ise geçirimsiz olması; suyun alttaki ana kayaca ulaşıp, yıkayarak lateritleşmeyi hızlandırmasına sebep olmaktadır. Lateritlerin oluşumunda önemli faktörlerden bir diğeri de morfolojidir. Peneplenleşmiş bir arazide lateritleşme süreci hızlanacak ve lateritler doğrudan ana kayaç üzerinde oluşacaktır. Diğer ve önemli bir faktör de ana kayacın bileşimidir. Boksitin oluşabilmesi için ana kayaçta yeterli miktarda Al bulunması ve kayacın yüzey şartlarında kolay ayrışabilen bir bileşime sahip olması gerekmektedir (Hill et al., 2000). İnceleme alanı içerisindeki boksitlerin ana kayacı olan volkanitler (dolerit ve bazalt) de lateritleşme süreci eşliğinde ayrışabilecek bileşimlere sahip kayaçlar arasındadır.

İslikayatepe volkanitlerinde kimyasal olayların gerçekleşebilmesi için, yağış miktarının buharlaşma miktarından fazla olması gerekmektedir. Yağışlı mevsimlerde yağmur suyu alkalen olduğundan bazik kayaçlardaki, feldispat, piroksen, hornblend vb. gibi silikat minerallerini hidrolize etmiştir. Fe ve Al iyonlarının çoğunluğunun yukarıda adı geçen bu minerallerin yıkanması sonucu biriktikleri anlaşılmaktadır.

6. SONUÇLAR

Çarıksaraylar-Kozluçay (Isparta) kasabalarını içine alan bölgede lateritik demirli boksit oluşumlarını kapsayan yaklaşık 80 $km^{2'}$lik alanın 1/25000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır (EK-1). Çalışılan alan içerisinde yer alan boksitlerden üç zuhur, jeokimyasal açıdan ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu zuhurların ölçekli enine kesitleri hazırlanmıştır.

KD-GB yönlü gelişen bir sıkışmaya maruz kalmış ve birçok yapısal oluşumun bu sıkışmaya bağlı olarak meydana geldiği bölgede, Paleozoyik-Senozoyik zaman aralığında oluşan birimler yüzeylemektedir. Bu birimler; Çaltepe Formasyonu (Alt-Orta Kambriyen); Seydişehir Formasyonu (Üst Kambriyen-Ordovisiyen); Mezardere formasyonu (Üst Jura); İslikayatepe volkanitleri (Üst Jura); Aktaşsırtı formasyonu (Üst Jura (Titoniyen) – Üst Kretase (Koniasiyen- Senomaniyen); Bağkonak formasyonu (Miyosen) ve alüvyonlardır.

Volkanitler ile bu volkanitlere ait ayrışma ürünlerini oluşturan saprolit ve boksit zonlarını da kapsayan Üst Jura yaşlı İslikayatepe volkanitleri üzerinde gelişen demirli boksitler, çalışma alanı içerisinde, güneydoğuda Kışla Tepe'den (Çarıksaraylar) başlayarak, kuzeybatıda Kızıl Tepe'ye kadar uzanan bir zon içinde yüzeylemektedir. Bu zon içerisinde; Kışla Tepe, Muratbağı, İslikaya Tepe, Ortataş Tepe, Üçkardeşler Tepe, Hatıbınağıl Tepe ve Kızıl Tepe civarlarında boksit zuhurları bulunmaktadır.

Yer yer toplam kalınlıkları 167 m'ye ulaşan İslikayatepe volkanitlerinin içinde bulunan boksit zuhurları bazı bölgelerde iki seviye şeklinde iken (Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe ve Kışla Tepe boksit zuhurları), bazılarında ise üç seviye (Muratbağı boksit zuhuru) şeklinde gözlenmektedir. Hemen her zuhurda alttan üste doğru; ayrışmamış volkanit (ana kayaç), yarı ayrışmış volkanit ve boksit seviyesi dizilimi gözlenmektedir. Zuhurlar bazında, toplam boksit seviyelerinin kalınlıkları, 15 m'den (Muratbağı boksit zuhuru), 70 m'ye (Üçkardeşler – Hatıbınağıl Tepe ve Kışla Tepe boksit zuhurları) kadar değişmektedir.

İslikayatepe volkanitleri içerisinde dolerit ve bazalt oluşumuna rastlanmıştır. Her iki kayacın da bileşiminde herhangi bir farklılık olmamasına rağmen, bazaltlar, içerisinde bulunan devitrifiye camlar ve akma dokuları ile ayırt edilmiştir. İncelenen bazik volkanitlerin ana bileşeni, plajioklas mikrolitleri olup, bunların yanında olivin, piroksen ve amfiboller de yer almaktadır. Kayaçlarda yaygın olarak, ikincil kuvars

oluşumları ve kloritleşmeler ayırt edilmektedir. Ayrışmamış volkanitlerin XRD analizlerinde de yaygın olarak, anortit, albit, ojit, muskovit, kuvars, anataz ve manyetit belirlenmiştir.

İslikayatepe volkanitleri üzerinde oluşan boksitler ise; başlıca diyaspor, hematit, böhmit, anataz, kaolinit, saponit, nontronit ve nadir olarak da montmorillonit içermektedir.

Boksitlerin ortalama Al_2O_3 miktarı % 46.88 olup, anakitlede % 42.54 ile % 51.21 arasında Al_2O_3 beklenmektedir. Boksitlerin Fe_2O_3 ortalama miktarı % 26.06'dir. Anakitlede % 22.08 ile % 30.03 arasında Fe_2O_3 beklenmektedir. SiO_2 miktarı ortalama % 8.08 olup anakitlede beklenen SiO_2, % 4.89 ile % 11.28 arasındadır. TiO_2 miktarı ise ortalama% 5.35 olup, anakitlede en az % 4,39, en fazla % 6.31 oranında beklenmektedir.

Boksitler içerdikleri Al, Si ve Fe miktarlarına göre "***demirli boksit***", türedikleri ana kayacın üzerinde bulunmaları nedeniyle de "***otokton boksit***" olarak tanımlanmışlardır.

Boksitli zonun taban (Mezardere formasyonu) ve tavan (Aktaşsırtı kireçtaşları) karbonatları arasında NTE bakımından belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. Boksitlerin NTE miktarları; İslikayatepe volkanitlerine ait ayrışmamış örneklerin NTE miktarından daha yüksek iken, yarı ayrışmış volkanitlerin NTE miktarından daha düşüktür. Sc ve Y da ise ayrışma derecesine göre giderek yükselen bir artış gözlenmektedir. Sc, yarı ayrışmış volkanitlerde ana kayaca göre yaklaşık iki kat zenginleşirken, boksitlerde ise üç kat zenginleşme göstermektedir. Volkanit (ana kayaç) ve yarı ayrışmış volkanitlerde yaklaşık aynı miktarlarda gözlenen Y'un ise, boksitlerde ana kayaca göre iki kat daha fazla zenginleştiği gözlenmektedir.

Boksitler içerisindeki NTE, Sc ve Y ile atom yarıçapı bunlara benzeyen Al, Fe ve Ti yerinde kalarak nisbi bir zenginleşme göstermiştir. Yarı ayrışmış volkanitlerdeki 177.69 ppm NTE miktarı, daha ileri derecede ayrışmış olan boksitlerde 109.86 ppm'e düşmüştür. Bu da, boksit zonundan aşağıya doğru nispeten asidik karakterli çözeltilerle birlikte taşınan NTE'lerin ortamda bulunan alkali bileşenlerin çözünmesi sonucunda artan pH derecesine bağlı olarak saprolitik zonda çökeldiğini göstermektedir.

Boksitlerdeki HNTE (La-Sm) miktarları, ANTE (Gd-Lu) miktarının yaklaşık 5 katı oranında bulunmaktadır (∑HNTE: 91.08 ppm, ∑ANTE: 17.18 ppm).

İnceleme alanında üç farklı boksit zuhurunda yapılan analizler sonucunda; Muratbağı boksit zuhurundan alınan boksit örneklerinin ortalama Al_2O_3 miktarı % 46.73, Fe_2O_3 miktarı % 27.78, TiO_2 miktarı % 6.86, SiO_2 miktarı ise % 4.86, TNTE (Toplam Nadir Toprak Elementleri) miktarı ise 210.4 ppm iken, Üçkardeşler-Hatıbınağıl boksit zuhurundan derlenen örneklerin; ortalama Al_2O_3 miktarı % 43.55, Fe_2O_3 miktarı % 27.00, TiO_2 miktarı % 4.76, SiO_2 miktarı % 11.36 ve bu zuhura ait TNTE ise 71.80 ppm'dir. Kışla Tepe boksit zuhurunda ise ortalama Al_2O_3 miktarı % 55.35, Fe_2O_3 miktarı % 21.97, TiO_2 miktarı % 5.24, SiO_2 miktarı ise % 3.12'dir. Bu zuhura ait TNTE ise 104.48 ppm'dir.

Boksitler içerisindeki HNTE ($(La/Sm)_N$=4.84) zenginleşmesi, ANTE'ye ($(Gd/Yb)_N$= 2.66) oranla daha fazladır ($(La/Lu)_N$=20.51).

İnceleme alanındaki boksitlerin, ortalama kondritlere göre yaklaşık 25, tüm dünyaya göre 17, primitif mantoya göre 11, okyanus ortası sırtı bazaltına (MORB) göre yaklaşık 2 ve peridotite göre 8.5 kat daha fazla NTE içerdiği belirlenmiştir. Kondritlere göre normalize edilen boksit örneklerine ait NTE değerlerinin ortalama 33.65 kat zenginleştiği görülmektedir.

Mezardere formasyonuna ait karbonatların üzerine yerleşen bazik magmanın, Geç Jura'da karasal bir volkanizmaya bağlı olarak yayıldığı düşünülmektedir. Volkanitlerin (bazalt-dolerit), taban ve tavan karbonatları arasında birden fazla evrede kendini göstermesi; karasal volkanizmanın farklı zamanlarda birçok defa geliştiğine ve farklı mesafelerde yayıldığına işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

Abdüsselamoğlu, Ş., 1958, Sultandağları'nın 1/100000 ölçekli jeolojik löveleri hakkında rapor: MTA Enst., Arşivi. Rap. No: 2669 (yayımlanmamış).

Akameyov, S.T., Pastukhova, M.V., Tenyakov, V.A., Yasamanov, N.A., 1975, Time and circumstances of bauxite formation from the lateritic crusts of the Earth's equatorial zone (in Russian). Problems of Bauxite Genesis, Izd. Nauka, Moscow, pp. 55–78.

Allen, V.T., 1948, Formation of bauxite from basaltic rocks of Oregon, Bulletin of the society of economic geologists, vol. XLIII, No:8, p. 619-626.

Ayhan, A., ve Karadağ, M.M., 1985, Şarkikaraağaç (Isparta) güneyinde bulunan boksitli demir ve demirli boksit yataklarının jeolojisi ve oluşumu, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 28, 2, 137-146.

Ayhan, A., 1986, Hüyük (Beyşehir) yöresinin Alt-Orta Kambriyen yaşlı birimlerde bulunan barit zuhurlarının özellikleri, S.Ü. Müh.Mim Fak. Dergisi, 1.

Ayhan, A., 2001, Stratiform barite deposites between Şerkikaraağaç (Isparta) and Hüyük (Konya) in Sultandağ region, Turkey, Chem. der Erde 61, 54-66.

Bardossy, G., 1963, Die Entwicklung der Bauxitgeologie Seit 1950: Sym. on Bauxites, 1, Zagrep, 31-50.

Bardossy, G. ve Nicolas, J., 1973, Proposition pour une terminologie des bauxites: Travaux, L'Academie Yougoslavye des Sciences et des Artes, 9, Zagreb, 99 - 104.

Bardossy, G., 1982, Karst bauxites; bauxite deposits of carbonate rocks, Amsterdam, Elsevier.

Bardossy, G., Aleva, G.J.J., 1990, Lateritic Bauxites: Developments in Economic Geology, Vol. 27, Elsevier, Amsterdam, 624 pp.

Best, M.G., 2006, Igneous and Metamorphic Petrology, 2nd ed., Blackwell, USA, 729 p.

Blumenthal, M.M., 1947, Seydişehir-Beyşehir hinterlandındaki Toros Dağlarının Jeolojisi: MTA Yayın. Seri Derg. No: 2, 242 s.

Bowes, D.R., 1989, The Encylopedia of Igneous and Metamorphic Petrology, Department of Glasgow University, England.

Boynton, W.V., 1984, Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson P. (ed.), Rare earth element geochemistry. Elsevier, pp. 63-114.

Braun, J.J., Pagel, M., Muller, J.P., Bilong, P., Michard, A. and Cuillet, B., 1990, Cerium anomalies in lateritic profiles, Geochim. Cosmochim. Acta, 54, 781–795.

Brennich. G., 1954, 1/100000 ölçekli genel jeolojik harita izahnamesi: Akşehir (90/1,2,3,4) ve Ilgın (91/1) ve (91/3) paftaları.

Brownlow,A.H., 1996, Geochemistry, Prentice Hall, New Jersey.

Brunn, J.H., Dumont, J.F., Graciansky, P., Gutnic, U., Juteau, T., Marcoux, J., Monod. O. ve Poisson, A., 1971, Outline of the Western Taurides in Geology and History of Turkey (Ed. A.Ş. Compbell Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli): 225-255.

Cengiz, O. ve Kuşçu, M., 1993, Çarıksaraylar (Şarkikaraağaç- lsparta) kuzeyinin jeolojisi ve kurşunlu barit yatakları: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 36/1, 63-74.

Cengiz, O., 1997, Şarkikaraağaç (Isparta) ile Hüyük- Doğanhisar (Konya) Arasındaki Barit Yatakları ve Oluşumu: Doktora Tezi, SDÜ. Fen Bilimleri Enst.. 247 s.

Cengiz, O. ve Kuşçu, M., 1998, Şarkikaraağaç (Isparta) ile Hüyük (Konya) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi ve Barit Yatakları: MTA Genel Müdürlüğü. Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yer bilimleri ve Madencilik Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, 166 s.

Çağatay, A., Altun Y. ve Arman B., 1979, Madenbelenitepe (Soğukpınar-Bursa) kalay cevherleşmesinin mineralojisi, MTA derg., 92, 40-49.

Çetin, H. ve Bulur, K., 1979, Yalvaç-Şarkikaraağaç (Isparta) bölgesi demirli boksit yatakları, Jeoloji raporu: MTA Enst. Arş., No: 6594. C. 54767, 96 s.

Dean, W.T. ve Krummenacher, R., 1961, Cambrian trilobites from the Amanos Mountains, Turkey: Palaeontology, 4, 71-81.

Dean, W.T. ve Monod, O., 1970, The Lower Paleozoic stratigraphy and faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey, I. Stratigraphy: Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Geol., 19, 411-426.

Dean, W.T., 1976, Cambrian and Ordovician Correlation and trilobite distribution in Turkey: Fossils and Strata, 5, 353-373.

Dean W.T. ve Özgül, N., 1979, Orta Toroslar'da Çaltepe Formasyonu'nun Bağbaşı (Hadim-Konya) yöresindeki yüzeylemesinde bulunan Orta Kambriyen trilobitleri, MTA derg., 92, 1-7.

Demirkol, C., 1977, Yalvaç-Akşehir dolayının jeolojisi, Doçentlik tezi, Selçuk Üniversitesi, Yerb. Böl., Konya, 114 s. Yayınlanmamış.

Demirkol, C, ve diğ., 1977, Sultandağının Stratigrafisi ve Jeoloji Evrimi, M.T.A. Enst., Jeoloji Dairesi.

Demirkol, C., Sipahi, H., 1979, Bağkonak-Çimendere-Muratbağı (Isparta) yöresinin jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.

Demirkol, C., 1981, Sultandağ kuzeybatısının jeolojisi ve Beyşehir-Hoyran napı ile ilişkileri, TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu, Proje no: TBAG-382, Ankara, 56 s., yayınlanmamış.

Demirkol, C., 1982, Yalvaç-Akşehir dolayının stratigrafisi ve Bau Toroslar'la deneştirimi: Jeoloji Mühendisliği Derg., 14,3-14.

Demirkol, C., 1984, Geology and tectonics of the region south of Çay (Afyon): Geology of the Taurus belt (Ed. by O. Tekeli and C. Göncüoğlu), 69-75, Mineral Research and Exploration Institute, Ankara.

Desparies, A. ve Gutnic, M., 1972, Les gres rouges au sommet du Paleozoique du masif du Sultandağ et les niveaux ferra litiques de la couverture Mesozoique (NE du Taurus occidentale, Turquie); Bull. De la. Soc. Geol. De France, ser. 7, Tem, 12, no:3, p. 505-514.

Dumont, J.F. ve Kerey, E., 1975, Eğridir Gölü güneyinin temel jeolojik etüdü: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18/2, 169-175.

Elmas, N. ve Suner F., 2006, Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) ve çevresindeki barit cevherleşmeleri, İTÜ derg., Cilt:5, Sayı:3, Kısım:2, 267-277.

Eren, Y. , 1987, Sultandağları Masifinin stratigrafisi ve mesoskopik tektoniği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniv. , 80 s. (yayınlanmamış).

Eren, Y., 1990, Engilli (Akşehir) ve Bağkonak (Yalvaç) köyleri arasında Sultandağları Masifi'nin tektonik özellikleri; Türkiye Jeol. Kur. Bült., 33/1, 39-50.

Evensen, N.M., Hamilton P.J. and O'Nions R.K., 1978, Rare earth abundances in condritic meteorites, Geochim. Cosmochim. Acta, 42, 1199-1212.

Eyles V.A., Bannister, F.A., Brindley, G.W., Goodyear, J., 1952, The composition and origin of the Antrim laterites and bauxites, Memoirs of the Geological Survey, HMSO, Belfast.

Fritz, B., ve Tardy, Y., 1973, Etude du systeme gibbsite -quartz-kaolinite gas carbonique - Application â la genese des podzols et des bauxites: Sci. Geol. Bull., 6,339-367.

Ganapathy, R. and Anders, E., 1974, Bulk compositions of the Moon and Earth, estimated from meteorites. In: Lunar Science V. Lunar Science Institute, Houston, TX. 2: 1, 181-1, 206.

Gromet L.P., Dymek R.F., Haksin L.A. and Korotev R.L., 1984, The "North American Shale Composite": its compilation, major and trace element charecteristics. Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 2469-2482.

Grubb, P.L.C., 1963, Critical factors in the genesis, extent and grade of some residual bauxite deposits, Econ. Geol., 58, 1267–1277.

Haskin M.A. and Haskin L.A., 1966, Dispersed and not-so-rare earths, Science, 1524, 299-314.

Haskin L.A. and Frey F.A., 1968, Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: Ahrens L.H. (ed.), Origin and distribution of the elements, vol. 1, Pergamon, Oxford, pp. 889-911.

Haskin L.A., Haskin M.A., Frey F.A. and Wildman T.R., 1968, Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: Ahrens L.H. (ed.), Origin and distribution of the elements, vol. 1, Pergamon, Oxford, pp. 889-911.

Haskin, L.A., 1984, Petrogenetic modelling-use of rare earth elements; Henderson, P.f Ed., Rare earth geochemistry: Elsevier, Amsterdam, 115-152.

Haude, H., 1972, Stratigraphie und Tectonic des Südlichen Sultandağ (SW Anatolien): Zeit. Deutsch. Geol. Ges., 123, 411-421.

Hem, J.D., 1960, Some chemical relationships among sulfur species and dissolved ferrous iron, USGS Water Sup. Pap. 1459-A, s 1-31.

Hem, J. D. , 1970, Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, Second Edition, Geological Survey Water-Supply Paper, 1473, p. 363, United States Government Printing Office, Washington.

Hill, I.G., Worden, R.H. and Meighan, I.G., 2000, Geochemical evolution of paleolaterite: the interbasaltic formation, Northern Ireland, Chemical Geology, 166, 65-84.

Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.

Karadağ, M.M., Arık, F. ve Öztürk, A., 2006, Çatmakaya (Seydişehir-Türkiye) boksit yatağının kökenine jeoistatistiksel ve jeokimyasal bir yaklaşım, H. Ü. Yerbilimleri Derg. , Cilt: 27, No: 2, 63-85.

Küpeli, Ş., Kayabalı, İ., Arsan M. ve Saka H.A., 1999, Doğu Toroslar'da otokton, güncel lateritik bir oluşum: Büyükbelen (Faraşa-Yahyalı) demir zuhuru, MTA Derg. 121, 51-71.

Lelong, F., Tardy, Y., Grandin, Trescases, JJ. ve Boulange, B., 1976, Pedogenesis, chemical weathering and processes of formation of some supergene ore deposits: in Wolf, K.H., Ed., Handbook of stratabound and stratiform ore deposits Vol. 3; Elsevier, Amsterdam, 93-174.

Maksimovic and Panto, 1991. Z. Maksimovic and Gy. Panto, Contribution to the geochemistry of the rare earth elements in the karst–bauxite deposits of Yugoslavia and Greece. Geoderma 51 (1991), pp. 93–109.

Masuda, A., Nakamura, N. and Tanaka, T., 1973, Fine structures of mutually normalized rare-earth patternsof chondrites. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 239–248.

May, H.M., Kinniburgh, D.G., Helmke, P.A. and Jackson, M.L., 1986, Aqueous dissolution, solubilities and thermodynamic stabilities of common aluminosilicate clay minerals: Kaolinite and smectites, Geochim. Cosmochim. Acta., 50, 1667-1677.

McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E., Jagoutz E. and Hofmann A.W., 1991, K, Rb and Cs in the earth and moon and the evlution of the earth's mantle. Geochim. Cosmochim. Acta, Ross Taylor Symposium volume.

McLennan, S.M., 1989, Rare earth elements in sedimantery rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin B.R. and McKay G.A. (eds.), Geochemistry and mineralogy of rare earth elements. Reviews in mineralogy, 21, pp. 169-200.

Mongelli, 1997. G. Mongelli, REE and other trace elements in a granitic weathering profile from "Serre", southern Italy. Chem. Geol. 103, 17–25.

Monod, O., 1967, Batı Toros kireçtaşlarının temelindeki Seydişehir şistlerinde bulunan Ordovisiyen bir fauna: MTA Enst., Yay., 69, 76 s.

Monod, O., 1977, Recherches geologiques dans le Taurus Occdental du sud de Beyşehir (Turquie) : These, Universite de Paris sud «Centre d'Orsay», Docteures Scinces, Orsay, 442 s., yayımlanmamış.

MTA.,1977, M.T.A. Enstitüsünce Bilinen Türkiye Yeraltı kaynakları Envanteri. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayınları, No: 168.

Mullen, E.D., 1983, $MnO/TiO_2/P_2O_5$: a minor element dircrimouant of basaltic rocks of oceanic environment and Its implication, for petrogenesis. Earth planet Sei., lieft, ez, 53-6.2.

Nakamura, N., 1974, Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 757-775.

Nyakairu et al., 2001 G.W.A. Nyakairu, C. Koeberl and H. Kurzweil, The Buwambo kaolin in central Uganda: mineralogical and chemical composition, Geochemical Journal 35, 245–256.

Norton, S.A., 1973, Laterite and bauxite formation, Econ. Geol., 68, 353-361.

Oliviera, S.M.B., Campos, E.G., 1991, Gold-bearing iron duricrust in Central Brazil, J. Geochem. Explor., 41, 309–323.

Öncel, M.S., 1995, Şarkikaraağaç-Yalvaç (Isparta) arasının jeolojisi ve boksit zuhurlarının mineralojik, petrografik, jeokimyasal incelemesi, S.Ü., Fen Bil. Enst., doktora tezi, Konya, 147 s.

Özgül, N., 1971, Orta Toroslar'ın kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 14, 75-87.

Özgül, N. ve Gedik, L., 1973, Orta Toroslarda Alt Paleozoyik yaşta Çaltepe kireçtaşı ve Seydişehir formasyonunun stratigrafisi ve Konodont faunası hakkında yeni bilgiler: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 16, 2.

Özgül, N., 1976, Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 65-78.

Özgül, N., 1997, Bozkır-Hadim-Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan tektonostratigrafik birliklerin stratigrafisi, MTA Derg. No: 119, 113-174.

Öztürk, M.E. Öztürk, Z., Acar. S. ve Ayaroğlu, A.Z., 1981, Şarkikaraağaç (Isparta) ve dolayının jeolojisi: MTA., Rap. No: 7045, 190 s. (yayımlanmamış).

Patterson, S.H., 1967, Bauxite reserves and potential aluminum resources of the world: U.S. Geological Survey Bulletin, 1228, 176 p.

Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth and Planet, Sei. Lett., 19.

Penck, W., 1918, Die tektonischen Grundzüge Westkleinasiens. Verl. Engelhorns Nachf, Stuttgart.

Price, R.C., Gray, C.M., Wilson, R.E., Frey, F.A. and Taylor, S.R., 1991. The effects of weathering on rare earth elements, Y, and Ba abundances in Tertiary basalts from SE Australia, Chem. Geol., 9, 245-265.

Rollinson, H., 1993, Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Prentice Hall, United Kingdom.

Salil, M.S., Shrivastava, J. P. and Pattanayak, S. K., 1997, Similarities in the mineralogical and geochemical attributes of detrial clays of Maastrichtian Lamete Beds and weathered Deccan basalt, Central India, Chem. Geol., 136, 25-32.

Saunders A.D. and Tarney, J., 1984, Geochemical characteristics of basaltic volcanism within back-arc basins. In: Kokelaar B.P. and Howells M.F. (eds.), Marginal basin geology, Spec. Publ. Geol. Soc. London 16, pp. 59-76.

Smith, H.J., 1977, The return of Whole-Mantle convection: Nature, 268, 687-688,

Sun, S.S., 1980, Lead isotopic study of toung volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs. Phil. Trans. R. Soc., A297, 409-445.

Elmas N. ve Suner F., 2006, Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) ve çevresindeki barit cevherleşmeleri, İTÜ dergisi/d, Cilt:5, Sayı:3, Kısım:2, 267-277.

Şenel M., Gedik İ., Dalkılıç H., Serdaroğlu M., Bilgin A.Z., Uğuz M.F., Bölükbaşı A. S., Korucu M., ve Özgül N., 1996, Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allokton birimler stratigrafisi (Batı Toroslar), MTA Derg. 118, 111-160.

Tanaka T. and Masuda A. 1973, Rare-earth elements in matrix, inclusions, and chondrules of the Allende meteorite. Icarus 19: 523–530.

Taylor, S.R., 1964, Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table, Geochim. Cosmochim. Acta, 28(8), 1273-1285.

Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1981, The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimantery rocks. Phil. Trans. R. Soc., A301, 381-399.

Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985, The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Science Publication. 312 pp.

Termier, G. and Monod, O., 1978, Inarticulate brachiopods from Cambro-Ordovician formations in western Taurus (Turkey). Bulletin of the Geological Society of Turkey 21: 145–152.

Valeton, I., 1972, Developments in Soil Science 1: Bauxites, Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 226 s.

Wakita, H., Rey, P. and Schimitt R.A., 1971, Abundances of the rare-earth elements and 12 other trace elements in Apollo 12 samples: five igneous an done breccia rocks and four soils. Proc. 2nd Lunar Sci. Conf. Pergamon Pres, Oxford, pp. 1319-1329.

Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differantiation products using immobile elements, Chem. Geol., 20, 325-343.

Wippern, J., 1964, Türkiye'nin alüminyum hammaddeleri, MTA Derg., 62, 80-87.

Yağmurlu, F., 1991, Yalvaç-Yarıkkaya Neojen havzasının tektono-sedimanter özellikleri ve yapısal evrimi, MTA derg., 112, 1-12.

Ekler; EK-1 ve EK-2 (Tezin arkasında; tez cebinde)

