

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

BATI ANADOLU BORAT YATAKLARININ JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

İsmail KOÇAK

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2014**

Her hakkı saklıdır

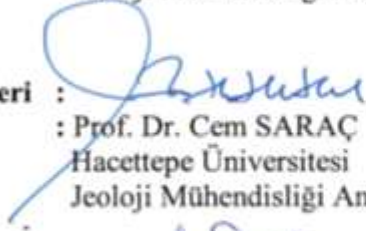
TEZ ONAYI

İsmail KOÇAK tarafından hazırlanan “**Batı Anadolu Borat Yataklarının Jeokimyasal İncelenmesi**” adlı tez çalışması 27/02/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oy Birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’da **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Şükrü KOÇ
Ankara Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri :
Başkan : Prof. Dr. Cem SARAÇ
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Şükrü KOÇ
Ankara Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Taner ÜNLÜ
Ankara Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Halim MUTLU
Ankara Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Fetullah ARIK
Selçuk Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

05.03.2014

İsmail KOÇAK

ÖZET

Doktora Tezi

BATI ANADOLU BORAT YATAKLARININ JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

İsmail KOÇAK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şükrü KOÇ

Batı Anadolu borat yatakları Paleojen’de başlayan ve Kuvaterner başlangıcına kadar devam eden volkanik aktivitelerin yer aldığı dönemlerde Miyosen kıta-içi playa-göl tortulları içinde depolanmıştır. Cevherleşmelerin tamamı volkanik aktivite ile ilgilidir. Batı Anadolu borat yatakları kesintili ve kesintisiz olmak üzere iki türde oluşmuştur. Bölgede Emet, Bigadiç ve Kestelek yatakları kesintili, Kırka ise kesintisiz çökelim özelliğine sahiptir. Bilinen minerallerin haricinde Bigadiç’de searlesit ve reedmergnerit Kırka’da hidrokloroborit, brianroulstonit, hilgardit-4M ve searlesit mineralleri belirlenmiştir. Bigadiç ve Kırka yataklarında ana elementlerden Ca ve Na, Kestelek ve Emet yataklarında ise Ca yerkabuğu ve andezit ortalamasına göre artış göstermiştir. Eser elementlerden Bigadiç yatağında Se, Sr, As, Sb, Mo ve Li; Kestelek yatağında Se, Sr, As, Sb, Cs, Li ve Mo; Kırka yatağında Se, Cs, Sr, Li ve As; Emet ise borat yatağında As, Se, Cs, Li, Sr, Sb ve Pb zenginleşmeleri belirlenmiştir. Konsantrasyonlarına göre Se ve Li elementlerinin B’un yanında yan ürün olarak ekonomiye kazandırılabilceği sonucuna varılabilir. Tüm yataklarda elementler birinci grup (Si, Mg, Al, Fe, K gibi) ve birinci grupta negatif korelasyon gösteren B, Ca, Na veya değişken elementlerin oluşturduğu diğer gruplar şeklindedir. Zenginleşen elementlerden Cs, Sb, Mo, Li ve Pb detritik; Se ise B ve Ca ile beraber detritik olmayan kökeni işaret etmektedir. As ve Sr da hem detritik hem de detritik olmayan kaynakla ilişkilidir. NTE dağılım diyagramlarında görülen Ce ve Eu anomalileri, yatakların yüksek oksijenli ve hidrotermal katkılı ortamda oluştuğunu ortaya koymuştur.

Şubat 2014, 318 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bor, mineraloji, jeokimya, NTE, element korelasyonu

ABSTRACT

Ph. D Thesis

GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF WESTERN ANATOLIAN BORATE DEPOSITS

İsmail KOÇAK

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Şükrü KOÇ

Borate occurrences of western Anatolia were deposited in the intra-continental playa lake sediments during Miocene when the volcanic activity occurred from Paleogene to Quaternary. All mineralizations were associated with volcanic activity. Western Anatolia borate deposits were formed in two types such as continuous and discontinuous. Emet, Bigadiç and Kestelek deposits have discontinuous while Kırka has continuous deposition in the region. Except for the known minerals in Bigadiç searlesite and reedmergnerite, in Kırka hydrochloroborite, brianroulstonite, hilgardite-4M and searlesite minerals were determined. The main elements Ca and Na in Bigadiç and Kırka deposits, Ca in Kestelek and Emet deposits have increased compared with the averages of earth crust and andesite. The trace elements of Se, Sr, As, Sb, Mo and Li in Bigadiç borate deposits; Se, Sr, As, Sb, Cs, Li and Mo in Kestelek borate deposits; Se, Cs, Sr, Li and As in Kırka borate deposits; As, Se, Cs, Li, Sr, Sb and Pb in Emet borate deposits enrichments were determined. It can be concluded that based on the concentration of Se and Li elements can be gained into economical as by product, besides B. Elements in all deposits were formed as first group (Si, Mg, Al, Fe, K) and other groups negatively correlated to the first group formed by B, Ca, Na or other variable elements. Cs, Sb, Mo, Li and Pb of enriched elements indicate detrital while Se together with B and Ca indicate non-detrital origin. As and Sr were associated with both detrital and non-detrital resource. Ce and Eu anomalies observed in the REE distribution diagrams showed that deposits formed under high oxygen and contribution of hydrothermal.

February 2014, 318 pages

Key Words: Borate, mineralogy, geochemistry, REE, element correlation

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, ‘‘Bigadiç (Balıkesir) Çevresi Borat Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Bunların Derinliğe Bağlı Değişimleri İle Manyetik Rezonans Yöntemiyle Bazı Yüksek Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi’’ konulu 2008-Ç0050 kod nolu BOREN projesi, 10B4343004 kod nolu ‘‘Kırka (Eskişehir) Borat Yatağının Mineralojik, Jeokimyasal ve Teknolojik Özellikleri’’ konulu Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birim Projesi ve 105M356 Proje nolu ‘‘Kestelek (Bursa) Çevresi Borat Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Bunların Derinliğe Bağlı Değişimleri ile Manyetik Rezonans Yöntemiyle Bazı Yüksek Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi’’ konulu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişme katkıda bulunan danışman hocam Prof. Dr. Şükrü KOÇ’a (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D.), tez çalışmamda önemli katkılar sağlayan Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Taner ÜNLÜ (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D.) ve Prof. Dr. Cem SARAÇ’a (Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D.), jüri üyeleri Prof. Dr. Halim MUTLU (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D.) ve Doç. Dr. Fetullah ARIK’a (Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D.), çalışmalarım süresince birçok fedakarlıklar göstererek beni her an destekleyen eşime, şansını benimle paylaşan kızıma, tezimin son düzeltmelerinde yardımını esirgemeyen Yrd. Dr. Nursel ÖKSÜZ’e (Bozok Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D.), tez çalışmamın desteğini sağlayan Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi yöneticilerine, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) yöneticilerine, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) yöneticilerine, örnek temininde yardımlarını esirgemeyen Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Genel Müdürü Orhan YILMAZ’a, Eti Maden İşletmeleri Bigadiç, Kırka, Emet ve Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü çalışanlarına, XRD çalışmalarındaki desteğinden dolayı Yük. Jeo. Müh. Doğan ALAYGUT’a (TPAO) ve Eti Maden İşletmeleri Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı çalışanlarına en derin duygularla teşekkür ederim.

İsmail KOÇAK
ANKARA, Şubat 2014

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. BÖLGESEL JEOLJİ.....	20
4. BORAT YATAKLARI VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ.....	23
4.1 Bigadiç Borat Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi.....	23
4.2 Kestelek Borat Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi.....	28
4.3 Kırka Borat Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi.....	34
4.4 Emet Borat Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi.....	38
5. MATERYAL ve YÖNTEM.....	42
6. BATI ANADOLU BORAT CEVHERLEŞMELERİNİN MİNERALOGİSİ.....	46
6.1 Bigadiç Borat Yatağı Mineralojisi.....	46
6.1.1 Bigadiç örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri.....	47
6.1.1.1 Alt Borat Zonu.....	47
6.1.1.2 Üst Borat Zonu.....	51
6.1.1.2.1 Simav ocağı.....	51
6.1.1.2.2 Acep ocağı.....	57
6.1.2 Bigadiç örneklerinin Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri.....	60
6.1.3 Bigadiç örneklerinin X-ışını Difraktometresi (XRD) incelemeleri.....	61
6.2 Kestelek Borat Yatağı Mineralojisi.....	78
6.2.1 Kestelek örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri.....	78
6.2.2 Kestelek örneklerinin Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri....	83
6.2.3 Kestelek örneklerinin X-ışını Difraktometresi (XRD) incelemeleri.....	85
6.3 Kırka Borat Yatağı Mineralojisi.....	94
6.3.1 Kırka örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri.....	94
6.3.2 Kırka örneklerinin Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri.....	101
6.3.3 Kırka örneklerinin X-ışını Difraktometresi (XRD) incelemeleri.....	105
6.4 Emet Borat Yatağı Mineralojisi.....	122
6.4.1 Emet örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri.....	122
6.4.2 Emet örneklerinin Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri.....	127
6.4.3 Emet örneklerinin X-ışını Difraktometresi (XRD) incelemeleri.....	130
6.5 Batı Anadolu Borat Yatakları Mineral İçeriklerinin Karşılaştırılması.....	142
6.6 Batı Anadolu Borat Yatakları Bor Minerallerinin Kil İçerikleri ve Bunların Ortamsal Anlamları.....	142
7. BATI ANADOLU BORAT YATAKLARININ JEOKİMYASI.....	146

7.1 Bigadiç Borat Yatağının Jeokimyası.....	146
7.1.1 Bigadiç borat yatağının ana element bollukları.....	147
7.1.2 Bigadiç borat yatağının eser element bollukları.....	154
7.1.3 Bigadiç borat yatağı nadir toprak element jeokimyası.....	156
7.1.4 Bigadiç borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi	158
7.1.5 Bigadiç borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri.....	166
7.1.6 Bigadiç boratlarının B ₂ O ₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı.....	173
7.1.6.1 Bigadiç borat yatağına ait B ₂ O ₃ 'ün diğer elementlerle korelasyonları.	174
7.2 Kestelek Borat Yatağı Jeokimyası.....	176
7.2.1 Kestelek borat yatağının ana element bollukları.....	176
7.2.2 Kestelek borat yatağının eser element bollukları.....	179
7.2.3 Kestelek borat yatağının nadir toprak element jeokimyası.....	182
7.2.4 Kestelek borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi	185
7.2.5 Kestelek borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri.....	190
7.2.6 Kestelek boratlarının B ₂ O ₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı.....	194
7.2.6.1 Kestelek borat yatağına ait B ₂ O ₃ 'ün diğer elementlerle korelasyonları.....	195
7.3 Kırka Borat Yatağının Jeokimyası.....	196
7.3.1 Kırka borat yatağının ana element bollukları.....	196
7.3.2 Kırka borat yatağının eser element bollukları.....	200
7.3.3 Kırka borat yatağı nadir toprak element jeokimyası.....	203
7.3.4. Kırka borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi.....	205
7.3.5 Kırka borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri.....	216
7.3.6 Kırka boratlarının B ₂ O ₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı.....	229
7.3.6.1 Kırka borat yatağına ait B ₂ O ₃ 'ün diğer elementlerle korelasyonları...	230
7.4 Emet Yatağı Jeokimyası.....	232
7.4.1 Emet borat yatağının ana element bollukları.....	232
7.4.2 Emet borat yatağının eser element bollukları.....	241
7.4.3 Emet borat yatağı nadir toprak element jeokimyası.....	249
7.4.4 Emet borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi	253
7.4.4.1 Espey ocağı ana ve eser element korelasyonları.....	253
7.4.4.2 Hisarcık ocağı ana ve eser element korelasyonları.....	264
7.4.5 Emet borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri.....	273
7.4.5.1 Espey ocağı örnekleri.....	273
7.4.5.2 Hisarcık ocağı örnekleri.....	280
7.4.6 Emet boratlarının B ₂ O ₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı.....	285
7.4.6.1 Emet borat yatağına ait B ₂ O ₃ 'ün diğer elementlerle korelasyonları...	287
7.5 Borat Yataklarının Jeokimyasal Değerlendirilmesi ve Zenginleşen Elementlerin Kökensel Yorumu.....	287
7.6 Borat Yataklarının Nadir Toprak Jeokimyasının Yorumu.....	292
8. TARTIŞMALAR VE SONUÇLAR.....	296
KAYNAKLAR.....	304
ÖZGEÇMİŞ.....	316

SİMGELER DİZİNİ

Al	Alüminyum
As	Arsenik
Au	Altın
B	Bor
Ba	Baryum
Be	Berilyum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Ce	Seryum
Co	Kobalt
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
Dy	Disprosiyum
Er	Erbiyum
Eu	Yuropiyum
Fe	Demir
Gd	Gadolinyum
K	Potasyum
La	Lantan
Li	Lityum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
Nb	Niyobiyum
Nd	Neodmiyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
ppm	Milyonda bir kısım
ppb	Milyarda bir kısım
Pr	Praseodmiyum
Rb	Rubidyum
Re	Renyum
S	Kükürt
Sb	Antimuan
Sc	Skandiyum
Se	Selenyum
Si	Silisyum
Sm	Samaryum
Sr	Stronsiyum
Te	Tellür
Tl	Talyum
U	Uranyum
V	Vanadyum

Y	Yitriyum
Yb	İtterbiyum
Zn	Çinko
Zr	Zirkonyum

KISALTMALAR DİZİNİ

AO	Andezit Ortalaması
ANTE	Ağır Nadir Toprak Elementleri
HNTE	Hafif Nadir Toprak Elementleri
cm	Santimetre
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
ICP-ES	Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
m	Metre
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
LİL	İri Katyonlu litofil
NTE	Nadir Toprak Elementleri
ONTE	OrtaNadir Toprak Elementleri
TPAO	Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı
TSO	Tatlı Su Ortalaması
YKO	Yerkabuğu Ortalaması
XRD	X-Ray Difraktometre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Batı Anadolu Neojen havzaları ve bor yataklarının bulunduğu bölgeler (Helvacı 2003'den sadeleştirilerek alınmıştır).....	4
Şekil 3.1	Çalışma alanının Türkiye tektonik birliklerdeki yerini gösteren harita (Okay ve Tüysüz 1999).....	22
Şekil 4.1	Bigadiç borat yatağı jeolojik haritası(Helvacı 1995).....	24
Şekil 4.2	Bigadiç borat yatağı genelleştirilmiş kolon kesiti(Helvacı ve Alaca 1991).....	26
Şekil 4.3	Kestelek borat yatağının jeoloji haritası(Helvacı 1992).....	30
Şekil 4.4	Kestelek borat yatağı stratigrafik kolon kesiti(Koçak 1989).....	31
Şekil 4.5	Kestelek borat yatağı stratigrafik kolon kesiti(Helvacı 1992).....	33
Şekil 4.6	Kestelek sondaj loglarında tavan, orta ve taban cevher zonlarının korelasyonu ve bu zonlarda cevher kesen seviyeler.....	34
Şekil 4.7	Kırka borat yatağı ve çevresine ait jeoloji haritası (Yalçın ve Baysal, 1991).....	36
Şekil 4.8	Kırka borat yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş kolon kesiti (Yalçın, 1988).....	37
Şekil 4.9	Emet borat yatağı ve çevresinin jeolojik haritası (Özkul 2008).....	40
Şekil 4.10	Emet borat yatağı stratigrafik kolon kesiti (Özkul 2008).....	41
Şekil 6.1	Beyaz ışınsal kolemanit arazi görüntüsü.....	47
Şekil 6.2	Beyaz ışınsal kolemanit el örneği.....	47
Şekil 6.3	Nodüler kolemanit arazi görüntüsü.....	48
Şekil 6.4	Nodüler kolemanit el örneği.....	48
Şekil 6.5	Kristal kolemanit arazi görüntüsü.....	48
Şekil 6.6	Kristal kolemanit el örneği.....	49
Şekil 6.7	Tek nikol altında ışınsal kolemanit.....	49
Şekil 6.8	Çift nikol altında ışınsal kolemanit.....	49
Şekil 6.9	Nodüler kolemanit tek nikol altında.....	50
Şekil 6.10	Çift nikol altında nodüler kolemanit.....	50
Şekil 6.11	Tek nikol altında kristal kolemanit.....	50
Şekil 6.12	Çift nikol kristal kolemanitin görüntüsü.....	51
Şekil 6.13	Işınsal üleksit minerali.....	52
Şekil 6.14	Işınsal üleksit minerali el örneği.....	52
Şekil 6.15	Kristal kolemanit minerali.....	52
Şekil 6.16	Kristal kolemanit minerali el örneği.....	53
Şekil 6.17	Beyaz renkli kristal kolemanit.....	53
Şekil 6.18	Beyaz kristal kolemanit el örneği.....	53
Şekil 6.19	Sarımsı beyaz renkli üleksit.....	54
Şekil 6.20	Sarımsı beyaz üleksitin el örneği.....	54
Şekil 6.21	Işınsal üleksitin tek nikol görüntüsü.....	55
Şekil 6.22	Işınsal üleksitin çift nikol görüntüsü.....	55
Şekil 6.23	Kristal kolemanit tek nikol.....	55
Şekil 6.24	Kristal kolemanit çift nikol.....	56
Şekil 6.25	Beyaz kristal kolemanit tek nikol.....	56
Şekil 6.26	Beyaz kristal kolemanit çift nikol.....	56
Şekil 6.27	Beyaz kristal kolemanit tek nikol.....	57

Şekil 6.28	Beyaz kristal kolemanit çift nikol.....	57
Şekil 6.29	Üleksit seviyesinin görüntüsü.....	58
Şekil 6.30	Araziden alınan el örneğinin görüntüsü.....	58
Şekil 6.31	Araziden alınan örneğin tek nikol görüntüsü.....	58
Şekil 6.32	Araziden alınan örneğin çift nikol.....	59
Şekil 6.33	Sondaj örneği tek nikol görüntüsü.....	59
Şekil 6.34	Sondaj örneği çift nikol görüntüsü.....	59
Şekil 6.35	SS2-3 örneğine ait kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu....	60
Şekil 6.36	SS2-3 cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu.....	60
Şekil 6.37	AY2 örneğine ait üleksit pikini gösteren Raman spektrumu.....	60
Şekil 6.38	AS2-6 örneğine ait üleksit pikini gösteren Raman spektrumu.....	61
Şekil 6.39	TY1 örneğine ait kalsit pikini gösteren Raman spektrumu.....	61
Şekil 6.40	AY1 örneğine ait üleksit pikini gösteren Raman spektrumu.....	61
Şekil 6.41	Tülü ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı.....	63
Şekil 6.42	Tülü ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı.....	64
Şekil 6.43	Simav ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı.....	65
Şekil 6.44	Simav ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı.....	66
Şekil 6.45	Acep ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı.....	67
Şekil 6.46	Acep ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı.....	68
Şekil 6.47	Tülü Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı.....	69
Şekil 6.48	Tülü Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı.....	70
Şekil 6.49	Tülü Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı.....	71
Şekil 6.50	Acep Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı.....	72
Şekil 6.51	Acep Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı.....	73
Şekil 6.52	Acep Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı.....	74
Şekil 6.53	Simav Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı.....	75
Şekil 6.54	Simav Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı.....	76
Şekil 6.55	Simav Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı.....	77
Şekil 6.56	Masif cevherin kovuk ve boşluklarında gelişen iri kristaller.....	79
Şekil 6.57	İri kristalli-karbonatlı kolemanitler.....	79
Şekil 6.58	Beyaz renkli, saydam-yarı saydam kristaller halinde kolemanit.....	79
Şekil 6.59	Beyaz-sarı renkli saydam –yarı saydam kristaller halinde saydam kolemanit.....	80
Şekil 6.60	Krem renkli iğnemsî probertit kristallerinin sütunlar oluşturacak şekilde meydana getirdiği lifsi-ışınsal yapıdaki probertit	80
Şekil 6.61	İşınsal yapılar gösteren rozet şekilli yumrulu kolemant.....	80
Şekil 6.62	Kolemanitle birlikte bulunan kalsit (k) , aragonit (a) ve kuvars (q) taneleri.....	81
Şekil 6.63	Kolemanitte killeşme (siyah kısımlar)	81
Şekil 6.64	Saydam kristal kolemanitte gözlenen canlı mavi girişim rengi	81
Şekil 6.65	Kirli sarı renkte kolemanitler	82
Şekil 6.66	İri kristaller halinde nodüler kolemanit	82
Şekil 6.67	Çok ince kristaller halinde kolemanit	82
Şekil 6.68	Zonlu yapı gösteren kolemanit	83
Şekil 6.69	Ö-5 nolu saydam kristal kolemanit cevherine ait Raman spektrumu ve kolemanitin 609.904'lük pik değeri.....	84

Şekil 6.70	Ö-3 nolu karbonatlı cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu.....	84
Şekil 6.71	Ö-4 nolu killi cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu.....	84
Şekil 6.72	Ö-4 nolu killi cevher örneğindeki höylandit mineralini gösteren Raman spektrumu.....	85
Şekil 6.73	Ö-2 nolu yumrulu cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu.....	85
Şekil 6.74	Ö-5 nolu saf kristal kolemanit örneğine ait XRD diyagramı.....	87
Şekil 6.75	Ö-1 nolu karbonatlı cevher örneğine ait XRD diyagramı.....	88
Şekil 6.76	Ö.S.1-3 nolu yumrulu cevher örneğine ait XRD diyagramı.....	89
Şekil 6.77	Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğine ait XRD diyagramı.....	90
Şekil 6.78	Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğinin normal çekimli kil analizi difraktogramı.....	91
Şekil 6.79	Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğinin etilen glikollü kil analizi difraktogramı.....	92
Şekil 6.80	Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğinin fırınlanmış kil analizi difraktogramı.....	93
Şekil 6.81	Bantlı boraks	95
Şekil 6.82	Mavimsi boraks.....	96
Şekil 6.83	Balmumu renkte boraks.....	96
Şekil 6.84	Yeşilimsi boraks.....	96
Şekil 6.85	Saydam boraks.....	97
Şekil 6.86	Breşimsi boraks.....	97
Şekil 6.87	Yumru şeklindeki üleksit.....	97
Şekil 6.88	Karnıbahar şeklindeki üleksit.....	98
Şekil 6.89	6.89 Çatlak dolgusu şeklinde lifsi üleksit.....	98
Şekil 6.90	Özşekilli kurnakovit.....	98
Şekil 6.91	Saydam levhamsı tunellit.....	99
Şekil 6.92	Saydam kolemanit.....	99
Şekil 6.93	Masif üleksit (Tek nikol).....	100
Şekil 6.94	Masif üleksitin canlı girişim renkleri (Çift nikol).....	100
Şekil 6.95	Saydam ışınsal kolemanit (Tek nikol).....	101
Şekil 6.96	Saydam ışınsal kolemanitin canlı girişim renkleri (Çift nikol).....	101
Şekil 6.97	KY5 nolu kristal boraksa ait Raman spektrumu ve pik değeri.....	102
Şekil 6.98	KY5 nolu kristal boraksa ait Raman spektrumu.....	102
Şekil 6.99	KY5 nolu kristal borakstan analiz yapılan noktanın görüntüsü.....	102
Şekil 6.100	KY16 nolu karnıbahar şeklindeki üleksite ait Raman spektrumu....	103
Şekil 6.101	KY16 nolu karnıbahar şeklindeki üleksitten analiz yapılan noktanın görüntüsü.....	103
Şekil 6.102	KY26 nolu beyaz renkli masif üleksitin Raman spektrumu.....	103
Şekil 6.103	KY26 nolu üleksite eşlik eden dolomitin Raman spektrumu.....	104
Şekil 6.104	KY8 nolu probertite ait Raman spektrumu.....	104
Şekil 6.105	KY 24 kurnakovite ait Raman spektrumu.....	104
Şekil 6.106	KS2-1 nolu şeffaf kolemanite ait Raman spektrumu.....	105
Şekil 6.107	Kırka KY5 örneğine ait XRD diyagramı.....	107
Şekil 6.108	Kırka KS1-4 örneğine ait XRD diyagramı.....	108
Şekil 6.109	Kırka KS2-13 örneğine ait XRD diyagramı.....	109

Şekil 6.110	Kırka KS2-1 örneğine ait XRD diyagramı.....	110
Şekil 6.111	Kırka KY24 örneğine ait XRD diyagramı.....	111
Şekil 6.112	Kırka KY26 örneğine ait XRD diyagramı.....	112
Şekil 6.113	Kırka KS1-4 örneğine ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı	113
Şekil 6.114	Kırka KS1-4 örneğine ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı	114
Şekil 6.115	Kırka KS1-4 örneğine ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı....	115
Şekil 6.116	Kırka KY1 örneğine ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı...	116
Şekil 6.117	Kırka KY1 örneğine ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı...	117
Şekil 6.118	Kırka KY1 örneğine ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı.....	118
Şekil 6.119	Kırka KS2-1 örneğine ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı.	119
Şekil 6.120	Kırka KS2-1 örneğine ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı.	120
Şekil 6.121	Kırka KS2-1 örneğine ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı.....	121
Şekil 6.122	Espey Ocağındaki ışınal turuncumsu kolemanit.....	123
Şekil 6.123	Hisarcık Ocağındaki grimsi ışınal kolemanit.....	123
Şekil 6.124	Espey Ocağındaki ışınal mavimsi kolemanit.....	123
Şekil 6.125	Hisarcık Ocağındaki hidroborasit minerali.....	124
Şekil 6.126	Bor mineralleri arasında kükürt oluşumları.....	124
Şekil 6.127	Hisarcık ocağında realgar.....	124
Şekil 6.128	Espey Ocağındaki turuncu kolemanit(tek nikol).....	125
Şekil 6.129	Espey Ocağındaki turuncu kolemanit(çift nikol).....	125
Şekil 6.130	Espey Ocağındaki beyaz kolemanit(tek nikol).....	125
Şekil 6.131	Espey Ocağındaki beyaz kolemanit(çift nikol).....	126
Şekil 6.132	Espey Ocağındaki kirli beyaz hidroborasit (tek nikol).....	126
Şekil 6.133	Espey Ocağındaki kirli beyaz hidroborasit(çift nikol).....	126
Şekil 6.134	Espey Ocağındaki mavimsi beyaz kolemanit (tek nikol).....	127
Şekil 6.135	Espey Ocağındaki mavimsi beyaz kolemanit(çift nikol).....	127
Şekil 6.136	HY5 nolu kolemanite ait Raman spektrumu.....	128
Şekil 6.137	HY13 nolu kolemanite ait Raman spektrumu.....	128
Şekil 6.138	HY3 nolu hidroborasite ait Raman spektrumu.....	128
Şekil 6.139	EY9 nolu kolemanite ait Raman spektrumu.....	129
Şekil 6.140	EY3 nolu kolemanite ait Raman spektrumu ve pik değerleri.....	129
Şekil 6.141	EY3 nolu kolemanite ait Raman spektrumu.....	129
Şekil 6.142	HY6 nolu kolemanitten analiz yapılan noktanın görüntüsü.....	130
Şekil 6.143	Emet HY5 örneğine ait XRD diyagramı.....	131
Şekil 6.144	Emet HY3 örneğine ait XRD diyagramı.....	132
Şekil 6.145	Emet EY5 örneğine ait XRD diyagramı.....	133
Şekil 6.146	Emet EY6 örneğine ait XRD diyagramı.....	134
Şekil 6.147	Emet HS3-6 örneğine ait XRD diyagramı.....	135
Şekil 6.148	Hisarcık Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı.....	136
Şekil 6.149	Hisarcık Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı.....	137
Şekil 6.150	Hisarcık Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı.....	138
Şekil 6.151	Espey Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı.....	139
Şekil 6.152	Espey Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı.....	140
Şekil 6.153	Espey Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı.....	141
Şekil 7.1	Bigadiç borat yatağı zenginleşen ana elementlerin katsayıları.....	153
Şekil 7.2	Bigadiç borat yatağı zenginleşen eser elementlerin katsayıları.....	156
Şekil 7.3	Bigadiç Borat Örnekleri NTE Dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir).....	157

Şekil 7.4	Tülü ocağı elementlerine ait dendrogram.....	160
Şekil 7.5	Simav ocağı elementlerine ait dendrogram.....	164
Şekil 7.6	Acep ocağı elementlerine ait dendrogram.....	166
Şekil 7.7	Tülü ocağı elementleri derinliğe bağlı değişimleri.....	169
Şekil 7.8	Simav ocağı elementleri derinliğe bağlı değişimleri.....	170
Şekil 7.9	Acep ocağı elementleri derinliğe bağlı değişimleri.....	172
Şekil 7.10	Bigadiç örneklerine ait B ₂ O ₃ 'ün derinliğe bağlı değişimi(%) [Tülü(a), Simav (b) ve Acep (c)].....	173
Şekil 7.11	Kestelek borat yatağı ana element zenginleşme katsayıları.....	178
Şekil 7.12	Kestelek borat yatağı eser element zenginleşme katsayıları.....	180
Şekil 7.13	a.Tavan, b.orta, c taban cevher zonlarına ait örneklerin NTE dağılım diyagramları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir).....	183
Şekil 7.14	Kestelek borat yatağından alınan kolemanit örneklerine ait ana ve eser elementlerin korelasyon matrisi dendrogramı.....	188
Şekil 7.15	Kestelek borat örnekleri elementlerinin derinliğe bağlı değişimi....	192
Şekil 7.16	Kestelek borat örnekleri elementlerinin derinliğe bağlı değişimi....	193
Şekil 7.17	Kestelek örneklerine ait B ₂ O ₃ 'ün derinliğe bağlı değişimi(%).....	195
Şekil 7.18	Kırka borat yatağı ana element zenginleşme katsayıları.....	198
Şekil 7.19	Kırka borat yatağı eser element zenginleşme katsayıları.....	203
Şekil 7.20	Kırka Borat Örnekleri NTE Dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir).....	205
Şekil 7.21	KS1 ve KS2 örneklerine ait dendrogram.....	208
Şekil 7.22	KY ve Kırka tüm örneklerine ait dendrogram.....	213
Şekil 7.23	Kırka KY örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri...	219
Şekil 7.24	Kırka KY örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri...	220
Şekil 7.25	Kırka KS1 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.	222
Şekil 7.26	Kırka KS1 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.	223
Şekil 7.27	Kırka KS2 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.	227
Şekil 7.28	Kırka KS2 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.	228
Şekil 7.29	Kırka örneklerine ait B ₂ O ₃ 'ün derinliğe bağlı değişimi(%).....	229
Şekil 7.30	Espey Ocağı ana element zenginleşme katsayıları.....	235
Şekil 7.31	Hisarcık Ocağı ve tüm Emet örnekleri ana element zenginleşme katsayıları.....	238
Şekil 7.32	Espey Ocağı zenginleşen eser elementlerin katsayıları.....	243
Şekil 7.33.	Hisarcık Ocağı ve tüm Emet örnekleri zenginleşen eser elementlerin katsayıları.....	247
Şekil 7.34	Espey Ocağı borat örnekleri NTE dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir).....	251
Şekil 7.35	Hisarcık Ocağı borat örnekleri NTE dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir).....	251
Şekil 7.36	ES1ve ES2 sondaj örneklerine ait dendrogram.....	256
Şekil 7.37	EYve Espey Ocağı tüm örnek gruplarına ait dendrogram.....	261
Şekil 7.38	HS1 ve HS2 sondajlarına ait dendrogram.....	266
Şekil 7.39	HY ve Hisarcık Ocağı tüm örneklerine ait dendrogram.....	271
Şekil 7.40	ES1 sondaj örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.....	277

Şekil 7.41	ES2 sondaj örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.....	278
Şekil 7.42	EY örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.....	279
Şekil 7.43	HS1 sondaj örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri	282
Şekil 7.44	HS2 sondaj örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.....	283
Şekil 7.45	HY örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri.....	284
Şekil 7.46	Espey borat örneklerine ait B ₂ O ₃ 'un derinliğe bağlı değişimi(%)....	285
Şekil 7.47	Hisarcık borat örneklerine ait B ₂ O ₃ 'un derinliğe bağlı değişimi(%).....	286

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 7.1	Tülü ocağı örneklerine ait ana ve eser element jeokimyası sonuçları.....	148
Çizelge 7.2	Simav ocağı örneklerine ait ana ve eser element jeokimyası sonuçları.....	149
Çizelge 7.3	Acep ocağı örneklerine ait ana ve eser element jeokimyası sonuçları.....	150
Çizelge 7.4	Tülü ocağı örneklerine ait korelasyon katsayıları.....	159
Çizelge 7.5	Simav ocağı örneklerine ait korelasyon katsayıları.....	163
Çizelge 7.6	Acep ocağı örneklerine ait korelasyon katsayıları.....	165
Çizelge 7.7	Kestelek borat yatağı örneklerine ait ana element içerikleri.....	177
Çizelge 7.8	Kestelek borat yatağı örneklerine ait eser element içerikleri.....	181
Çizelge 7.9	Kestelek borat örnekleri nadir toprak element içerikleri.....	184
Çizelge 7.10	Kestelek borat yatağından alınan borat örneklerine ait ana ve eser elementlerin korelasyon katsayıları.....	189
Çizelge 7.11	Kestelek Borat Yatağı örnekleri B ₂ O ₃ içerikleri.....	194
Çizelge 7.12	Kırka borat yatağı örneklerine ait ana element jeokimyası sonuçları.....	199
Çizelge 7.13	Kırka örneklerine ait eser element jeokimyası sonuçları	201
Çizelge 7.14	Kırka borat örneklerine ait Nadir Toprak Element jeokimyası sonuçları.....	204
Çizelge 7.15	KS1 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları.....	207
Çizelge 7.16	KS2 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları	210
Çizelge 7.17	KY yüzey örnekleri korelasyon katsayıları	212
Çizelge 7.18	Kırka boratları tüm örneklerin korelasyon katsayıları.....	215
Çizelge 7.19	Espey Ocağı örneklerine ait ana element jeokimyası sonuçları.....	236
Çizelge 7.20	Hisarcık Ocağı örneklerine ait ana element jeokimyası sonuçları..	240
Çizelge 7.21	Espey Ocağı örneklerine ait eser element jeokimyası sonuçları....	244
Çizelge 7.22	Hisarcık Ocağı örneklerine ait eser element jeokimyası sonuçları.	248
Çizelge 7.23	Espey Ocağı örneklerine ait Nadir Toprak Element jeokimyası sonuçları.....	252
Çizelge 7.24	Hisarcık Ocağı örneklerine ait Nadir Toprak Element jeokimyası sonuçları.....	252
Çizelge 7.25	ES1 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları	255
Çizelge 7.26	ES2 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları	258
Çizelge 7.27	EY örnekleri korelasyon katsayıları.....	260
Çizelge 7.28	Espey Ocağı tüm örnek grupları korelasyon katsayıları.....	263
Çizelge 7.29	HS1 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları	265
Çizelge 7.30	HS2 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları	268
Çizelge 7.31	HY örnekleri korelasyon katsayıları	270
Çizelge 7.32	Hisarcık tüm örnek grupları korelasyon katsayıları.....	274
Çizelge 8.1	Batı Anadolu borat yataklarında zenginleşen eser elementlerin artış katsayıları.....	300

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Türkiye'nin bilinen bor yataklarının tamamı Batı Anadolu'da yer almaktadır. Borat yatakları, Marmara Denizi'nin güneyinde, D-B doğrultusunda yaklaşık 300 km'lik ve K-G doğrultusunda 150 km'lik bir alan içinde Bigadiç, Sultançayır, Kestelek, Emet ve Kırka bölgelerinde bulunmaktadır. Bigadiç borat yatağı; Balıkesir'in 37 km güney doğusunda, Balıkesir-İzmir karayolu üzerindeki Bigadiç ilçesinin K-KD'sunda yer almaktadır. Kırka borat yatağı; Eskişehir'in 60 km güneyinde Seyitgazi ilçesinin Kırka beldesinde yer almaktadır. Kestelek borat yatağı; Bursa'nın Mustafa Kemalpaşa İlçesi'nin 28 km güneydoğusunda yer almaktadır. Emet borat yatağı ise Kütahya'nın 100 km güneybatısında yer alan Emet ve 110 km güneybatısında bulunan Hisarcık ilçelerinde yer almaktadır (Şekil 1.1).

Erken Senozoik kıtasal çarpışmasını, İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca Tetis okyanusal litosferinin yitimi ile oluşmuş, bunu Miyosen'de Bitlis Bindirme Kuşağı boyunca Arabistan-Avrasya çarpışması izlemiştir. İkinci çarpışma Ege Yitim Bölgesi için Anadolu Bloğu'nun batıya doğru kaçış hareketine neden olmuştur. Bunun sonucu olarak Miyosen'de kabuk hareketlenmiş, Batı Anadolu genel bir K-G gerilme rejimine maruz kalmıştır (Dewey ve Şengör, 1979, Şengör vd. 1985). İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu'nda bu genişleme ile ilgili oluşan çok sayıda havza bazı önemli maden yatakları (linyit, bitümlü şeyl, evaporit, alkali karbonatlar, zeolitler ve boratlar) içermektedir (García-Veigas ve Helvacı 2013).

Türkiye bor yatakları, Paleojen'de başlayan ve Kuvaterner başlangıcına kadar devam eden volkanik aktivitelerin yer aldığı dönemlerde Miyosen gölsel (lakustrin) ortamlarda depolanmıştır. Cevherleşmelerin tamamı önceki çalışmalarda volkanik aktivite ile ilgili olarak sınıflandırılmıştır (Özpeker 1969, Helvacı 1995, 2001). Bölgedeki boratlı volkanosedimanter havzanın oluşumu farklı doğrultuda uzanan kırık sistemleri ile kontrol edilmiştir. Bor mineralleri, çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, şeyl, marn, kireçtaşı ve tuf

ardalanmalı istifte; çamurtaşı, kıltaşı, şeyl ve tüfler içinde oluşmuştur. Miyosen volkanosedimenter tortullar içinde yer alan Türkiye borat yataklarının geometrisi, genel olarak tortullar içinde merceksel yapılar sunmasına rağmen, sıkça tortullarla ardalanmalar, ince bantlar ve yanal olarak kamalanmalar gösterir (Helvacı 2003).

Türkiye'nin bilinen bor yatakları bugüne kadar sadece genel jeolojik ve mineralojik yöntemlerle araştırılmıştır (Meixner (1952, 1953, 1956), Helke 1955, Gawlik 1956, Özpeker 1969, Baysal (1972, 1973, 1974), Baysal ve Ataman 1975, Ataman ve Baysal 1978, İnan 1975, Helvacı ve Firman 1977, Özpeker ve İnan 1978, Sunder 1980, Helvacı 1983, Yalçın 1984, Yalçın 1988, Koçak 1989, Yalçın vd. 1989, Akyol ve Akgün 1990, Yalçın ve Baysal 1991, Floyd vd. 1998, Çolak vd. 2000, Gündoğdu vd.1996, Palmer ve Helvacı 1997, Helvacı ve Orti 1998, Helvacı ve Alonso 2000, Helvacı 2003, Helvacı vd. 2004, Helvacı 2004, Helvacı ve Orti 2004, Erkül vd. 2005a,b, Özkul 2008, Hatipoğlu 2010, Erdem 2010, Garcia vd. 2010a,b, Garcia vd. 2011, Garcia ve Helvacı 2013 vb.).

Bu çalışmalarda borat havzalarındaki jeolojik birimleri temeli oluşturan yaşlı birimler ve onların üzerine gelen Neojen yaşlı karasal çökeller ile volkanik birimler ve Kuvaterner çökelleri olarak üçe ayırmışlardır. Tüm Batı Anadolu'yu etkileyen büyüme fayları ve grabenleşme ile volkanik ve sismik yönden aktif sahalarda gelişmiş dağarası kapalı havzalardaki birbirleri ile bağlantısız veya bağlantılı olabilen playa göllerinde oluştuğu belirtilmiştir. Boratların Neojen yaşlı göl tortulları içerisinde volkanik faaliyetin son evrelerinde oluştuğunu, havzasının derin kesimlerinde Na boratların, kenar ve sığ alanlarında ise NaCa ve Ca boratların hâkim olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar üleksit, inyoit, kolemanit, üleksit, boraks, kernit, probertit, hidroborasit, P-viçit ve tunellit gibi bor minerallerinin varlığını saptamışlardır. Neojen istifinde kil mineralinin montmorillonitin egemen, illitin az miktarda, klorit, karışık tabakalı killerin ise eser miktarda ve Li'ca zengin trioktahedral smektitlerin (stevensit, saponit ve hektorit) olduğunu açıklamışlardır. Borat mineralleri ile birlikte bulunan zeolit minerallerinin klinoptilolit, Ca-klinoptilolit, ve K- feldispatların borat minerallerine eşlik ettiğini belirtmişlerdir. Borat yataklarının evaporit yataklarına benzer şartlarda

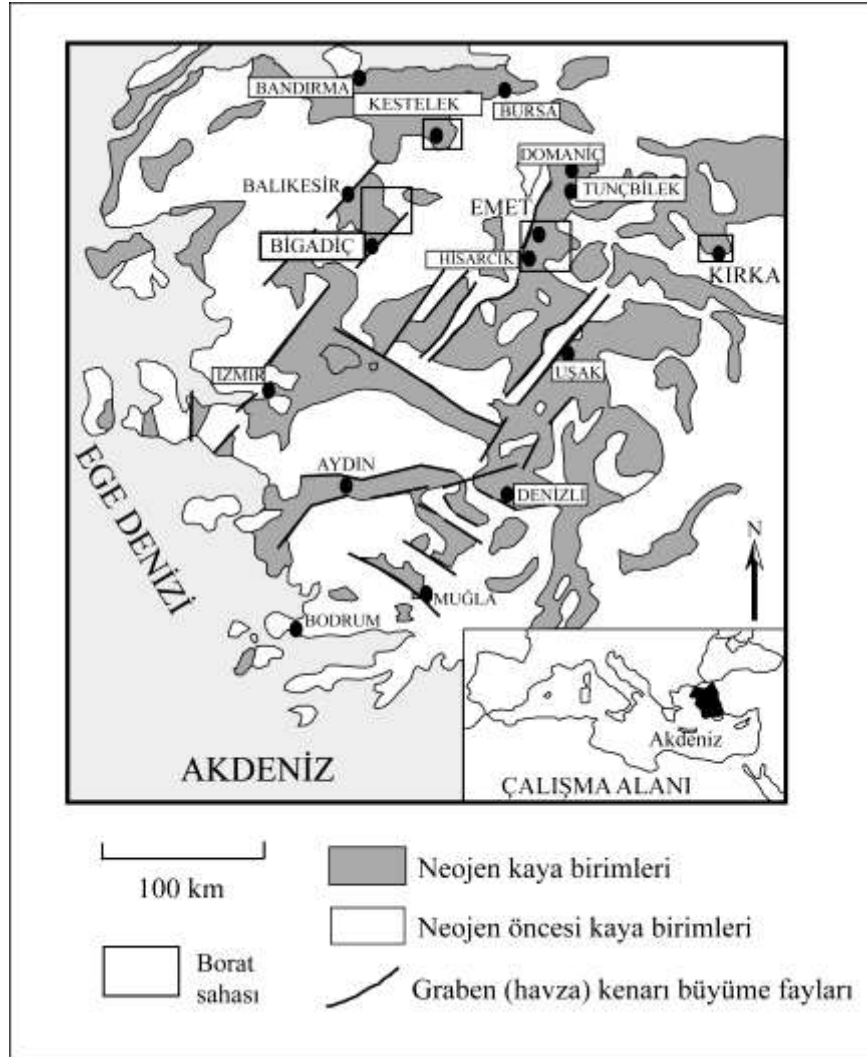
oluşmalarına rağmen trona ve halit gibi tipik evaporitik minerallerin izlenmediklerini açıklamışlardır. Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka bölgelerinin palinolojik incelenmesi sonucunda birbirinden farklı özellikte iki polen topluluğu olduğu, polen topluluklarının ait oldukları seviyelerin yaşı ile paleoiklim ve paleocoğrafya hakkında bilgi verilmiştir. Riyolitik, dasitik, trakitik, andezitik ve bazaltik bileşimlere sahip volkanik kayalar ve bunların kırıntılı malzemeleri (piroklastikler) görsel tortullarla ara katmanlanmış oldukları bildirilmiştir. Ayrıca Batı Anadolu Neojen havzalarında lityum ve dağılımını incelenmiş, borat yataklarından alınan killerdeki lityum değerlerinin %0.58-0.17 arasında, değiştiği saptanmıştır.

Yukarıda sözü edilen çalışmalarda bor yatakları jeokimyasal açıdan yeterince ele alınmamıştır. Bor minerallerinin içerdiği ana ve eser elementlerin davranışları, ortamsal karakteristikleri ayrıca NTE içerikleri ve anomalileri ilk defa bu araştırmada ele alınmaktadır.

Bu tez kapsamında Batı Anadolu borat yataklarının (Bigadiç, Kırka, Emet, Kestelek) mineralojisi, ana ve eser element jeokimyası, birbirleriyle korelasyonları, volkanik ve hidrotermal aktiviteler gibi yatakların oluşumunda etken olan faktörler ve jeokimyasal özellikler bakımından derinliğe bağlı değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda Batı Anadolu borat yataklarından (Bigadiç, Kırka, Emet, Kestelek) alınan örnekler üzerinde öncelikle mineralojik (ince kesit, Konfakol Raman, XRD) inceleme yapılmıştır. Bor minerallerinin kimyası jeokimyasal analizlerle ortaya konmuştur. Borat örneklerinin ana ve eser elementlerin bollukları, zenginleşme dereceleri ve birbirleriyle korelasyonları incelenmiştir. Korelasyonlar ile elementlerin aralarındaki ilişkiler belirlenmiş ve davranışları ortaya konmuştur. Kümeleme (Cluster) analizi ile element ya da element çiftlerinin birbirleriyle veya diğer elementlerle ilişkisi belirlenerek birlikte hareket eden gruplar belirlenmiştir. Böylelikle elementlerin kökensel anlamda davranışları ortaya konmuştur. Çökelme ortamında etken olan jeokimyasal faktörler tartışılmıştır. Bu çerçevede borat çökelişi sırasında faylar boyunca yükselerek ortama katılması muhtemel hidrotermal çözeltilerin etkilerinin

belirlenmesi, ana ve eser element jeokimyası çalışmaları ile irdelenmiştir. Bor yanında zenginleşen eser element bolukları ortaya konarak yatakların ekonomikliğinin yeniden değerlendirilmesine yönelik veriler elde edilmiştir.



Şekil 1.1 Batı Anadolu Neojen havzaları ve bor yataklarının bulunduğu bölgeler (Helvacı 2003'den sadeleştirilerek alınmıştır)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bigadiç borat cevherleşmeleri ve bunlarla ilgili mineralojik incelemelere ait en eski çalışmalar Meixner (1952, 1953, 1956) ve Helke (1955)'ye aittir. Meixner (1956) özellikle İskeleköy (Bigadiç) cevherleşmelerinin mineralojik incelemelerini yaparak kolemanit, üleksit, meyerhofferit, inyoit, hidroborasit, terçit ve pandermitten oluşan bir parajenez belirlemiştir. Helke (1955) ise borat oluşumunun Üst Tersiyer yaşlı marn ve kireçtaşlarıyla araldanmalı olarak oluştuğunu belirtmiştir.

Gawlik (1956), Emet bölgesindeki borat yatağının varlığını ortaya çıkaran ilk çalışmayı yapmıştır. Yazar, MTA adına linyit araması yaparken Hisarcık'ın GD'sundaki ana kolemanit yatağını tesadüfen bulmuştur.

Anonim (1982), Kestelek'te Etibank'a ait İ.R-879 nolu sahanın 1/5.000 ölçekli jeoloji haritasının yapımı ve yakın çevrede cevher bulunması mümkün alanların saptanması, elde edilen bilgiler ışığında yatağın değerlendirilmesi ve yeni arama çalışmalarının yönlendirilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yapmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre Kestelek kolemanit yatağında, 1981 yılı sonu itibariyle % 21.14 B₂O₃ içerikli 2 milyon ton rezervin varlığı saptanmış ve yatağın optimum cevher verme kapasitesinin 4.3 milyon ton olabileceği belirlenmiştir.

Anonim (1985), Kestelek Neojen istifindeki tüflerin zeolitli olup olmadığını araştırmak amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada tüflerin tip kesit sunduğu Fındıcak serisi, Yenikızılelma serisi, Bükköy serisi ve Eskibalçık serisi incelenmiş, kesit ölçümü ve numune alımı yapılarak numuneler üzerinde laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda sahada klinoptilolit türü zeolitin varlığı saptanmış ve formasyonların ekonomik olabilecek büyüklüğe sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca Çamlıca yöresindeki karbonatlı kayaçların dolomit olduğu belirtilmiştir.

Arda (1969), Kırka borat yatağının 1/5000 ölçekli jeolojik haritasını yapmış ve çevre kayalardan yağmur sularıyla göl ortamına taşınan borun çökerek yatak oluşturduğunu ileri sürmüştür.

Özpeker (1969), Batı Anadolu borat cevherleşmelerinin Neojen yaşlı göl tortulları içerisinde volkanik faaliyetin son evrelerinde oluştuğunu ana cevher minerali olan kolemanitin ise üleksit ve inyoitten türediği belirtmiştir. Kırka borat yatağındaki boraksın birincil oluştuğunu belirtmiştir.

Baysal (1972), Kırka borat yataklarında bir sulu stronsiyum-borat minerali olan tunellitin, $\text{SrB}_6\text{O}_{10}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ varlığından ilk kez bahsetmiştir. İkincil oluşumlu tunellitin yatakların genç sedimentlerle örtülüp gömülmesinden sonra, artan sıcaklık ve basınç nedeniyle kapiler suyun aktivitesinin düşmesi, aynı zamanda kimyasal bileşiminin Sr^{+2} bakımından yer yer zenginleşmesi sonucu yüksek sulu birincil boratlardan oluştuğunu açıklamıştır.

Baysal (1973), Neojene ait görsel-volkanik fasiyesli tortulların içinde yer alan Sarıkaya (Kırka) borat yataklarında; boraks, üleksit, kurnakovit, inderit, tünellit, kolemanit, inderborit, meyerhoferit ve inyoit minerallerini saptamıştır.

Baysal (1974), Kırka'da yaptığı ön çalışmada kil mineralinin Mg-montmorillonit olduğunu belirterek, DTA eğrilerinin Kaliforniya'daki hektorit ile benzerlik gösterdiğini açıklamış, ancak kesin sonuca devam eden detaylı çalışmalarla ulaşılabileceğini belirtmiştir.

İnan (1975), sulu bor minerallerinin oluşum modelini incelemiş, yapılan deneyler ve saha gözlemlerine dayanarak Türkiye borat yataklarının $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ sisteminde Ca, NaCa ile Na boratları birlikte veren tam çökme gösteren (Kırka) ve Na boratları içermeyen yataklar olarak ikiye ayırmıştır. Çökme koşullarında etkin olacak unsurlar çalışmacı tarafından çözelti bileşimi, pH'ı ve sıcaklığı olarak

belirtilmiş ve irdelenmiştir. Bunun yanında çökelim havzasının derin kesimlerinde Na boratların, kenar ve sığ alanlarında ise NaCa ve Ca boratların hâkim olduğunu belirtmiştir.

Helvacı ve Firman (1977), Emet borat yataklarındaki sedimanter kayaçların Neojen'den yaşlı olduğunu ve Orta Oligosen playa göllerinin çamurlarında oluştuğunu ileri sürmüştür. Ayrıca bor minerallerinin fizikokimyasal farklılıklar gösteren iki farklı yatakta oluştuğunu belirtmişlerdir.

Ataman ve Baysal (1978), Emet bölgesindeki yataklarda boratlarla ardalanmalı killi seviyelerde montmorillonitin egemen, illitin az miktarda, klorit ve karışık tabakalı killerin ise eser miktarda olduğunu belirtmiştir.

Özpeker ve İnan (1978), Türkiye borat yataklarının üçüncü zamanın sonlarına doğru Batı Anadolu'da gelişen göl ortamlarında kimyasal çökelimler şeklinde meydana geldiğini, ortaya konan mineral birliklerinin yatakların gömülme sürecinde yüksek sıcaklık ve basınç etkisinde kalmadıklarını açıklamış, ancak gömülmeden sonra ilk oluşan minerallerin yerlerini daha duraylı minerallere bıraktıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca yatakların gelişim sürecinde B_2O_3 , Na_2O ve CaO 'in ana bileşenler olduğu, tali olarak da SrO , MgO , ve Al_2O_3 'in bileşime katıldıkları ileri sürülmüştür.

Yalçınkaya ve Afşar (1980), Kestelek sahasını da kapsayan oldukça geniş bir alanda 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yaparak bölgenin jeolojik problemlerini aydınlatmaya çalışmışlardır. Araştırmacılar çalışma alanı içerisindeki birimleri, temeli oluşturan yaşlı birimler ve onların üzerine gelen Neojen yaşlı karasal çökeller olarak ikiye ayırmıştır.

Bigadiç bor madenlerini inceleyen Yılmaz vd. (1982) istifi yaşlıdan gence doğru; taban volkanitleri, alt kireçtaşları, alt tuf, alt borat zonu, üst tuf, üst borat zonu ve olivin bazalt şeklinde tanımlamışlardır. Buradaki alt ve üst borat seviyelerinin kuru iklim şartlarında

lokal volkanik aktivitelerle birlikte, hidrotermal kaynaklarla beslenen göl ortamı çökelimleri olduğu vurgulanmıştır.

Sunder (1980), Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) borat yataklarının jeokimyasını çalışmıştır. Araştırmacı, yaklaşık 375 km²'lik bir alanın jeoloji haritasını yapmış, bölgenin stratigrafisi ve tektoniğini saptamış, tüm kayaçların petrojilerini inceleyerek cevherleşmenin volkanizmayla olan ilişkisini ve borun kökenini yorumlamıştır.

Helvacı (1983), Batı Anadolu'daki borat yataklarının evaporit yataklarına benzer şartlarda oluşmalarına rağmen trona ve halit gibi tipik evaporitik minerallerin izlenmediklerini açıklamıştır. Ayrıca Kırka yöresi dışında kalan tüm borat yataklarında egemen mineralin çok yaygın bir kalsiyum borat olan kolemanit olduğu belirtilmiş ve kolemanitin çökmesinden sonra NaCa boratların çöklediği ortaya konulmuştur. Yataklarda borat mineralleri genellikle kalsit, dolomit, anhidrit, jips, sölestin, realgar ve orpiment ile birlikte bulunmaktadır. Kil minerali olarak montmorillonit ve illit yaygın olarak görülmektedir.

Helvacı ve Alaca (1984) Bigadiç borat yataklarının jeoloji ve mineralojisini açıklamıştır. Yatakların tuf, tüfit, kil, marn ve kireçtaşlarıyla arakatlı olduklarını belirtmişlerdir. Bor mineralizasyonunun alt boratlı zonda kolemanit, üleksit, havlit, probertit ve hidroborsit; üst boratlı zonda ise inyoit, meyerhofferit, pandemit, terçit (?), hidroborsit, havlit ve tünellit bulunduğunu ayrıca kalsit, anhidrit, jips, höylandit, montmorillonit ve kloritin birlikte bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yalçın (1984) çalışmasında, Emet Neojen gölsel baseninin jeolojik ve mineralojik-petrografik incelenmesini yapmıştır. Ayrıca kil minerallerini XRD ve SEM yöntemleri ile inceleyerek bu minerallerin bölgedeki dağılımlarını saptamış ve haritalamıştır. Çalışmada Emet bölgesini dokuz formasyona ayırmıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru; Temel kayaçlar, Taban volkanitleri, Doğankayası formasyonu, Köpenez formasyonu, Beyköy formasyonu, Emet formasyonu, Merkezşihlar formasyonu, Dereköy bazaltı ile Kuvaterner oluşuklarıdır.

Helvacı ve Dora (1985) Bigadiç borat yataklarında kolemanit ve üleksitin baskın mineral olduğunu, özellikle alt boratlı zonda kimi üleksit seviyelerinde 1 m'ye ulaşan probertit bantlarına rastlandığı ve bunların üleksitle aynı kimyasal şartlarda, buharlaşmanın daha yüksek olduğu bir dönemi simgelediğini açıklamışlardır. Sr'ca zengin kimi seviyelerde ise çözünüp yeniden kristallenmelerle öz şekilli tünellit kristallerinin oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca hidroborasitin kolemanitten türediğini, gerekli Mg'un tuf ve killerden sağlandığını ve diyajenez sonucunda küçük havlit nodüllerinin henüz tam katılaşmamış kolemanit yumruları içinde gömülmüş olduklarını ileri sürmüşlerdir.

Baysal vd. (1985)'ne göre Bigadiç borat havzası ve yakın çevresindeki litolojiler alttan üste doğru Miyosen öncesi üç adet temel birimleri, Alt Miyosen yaşında iki, Orta Miyosen yaşında bir adet taban birimi ile Üst Miyosen yaşında borat içeren seviyelerin bulunduğu dört adet volkanosedimanter birim şeklinde sıralanmıştır. Yazarlar en üstte görülen Pliyokuvaterner ve Kuvaterner oluşukların en genç örtü kayaçlar olarak gelmesiyle dizilenimin tamamlandığını belirtmişler ve bölgenin jeolojik haritalarını yapmışlardır. Ayrıca işletilen ocaklardaki mineral türlerini tayin etmişlerdir.

Bayraktar (1985), Kestelek çevresi temel birimlerinin yaşını eski çalışmalara dayanarak vermiş, Neojen birimlerini ise kömürlerden alınan numunelerin palinolojik tayinlerine dayanarak Miyosen ve Pliyosen olarak belirlemiştir.

Yalçın (1988), Kırka borat yatağında yaptığı çalışma kapsamında bölgenin jeolojisini mineralojisini ve kayaç jeokimyasını çalışmıştır. Neojen istifini İdrisyayla volkanitleri (andezit, riyolit ve volkanik breş), Karaören formasyonu (zeolitli tüfler), Sarıkaya formasyonu, Türkmenadağı bazaltı ve Fethiye formasyonu olmak üzere beş litostratigrafi birimine ayırmıştır.

Koçak (1989), Kestelek borat yatağının stratigrafi, petrografi ve palinoloji incelemelerini yapmış, ayrıca cevherle ardalanan montmorillonitlerin lityum içerikleri üzerinde durmuştur. Ülkemiz borat yataklarındaki montmorillonitik killerin büyük

rezervlere ulaştığına dikkat çekilen bu araştırmada konuyla ilgili ekonomik ve teknolojik değerlendirmelerin yapılması gereğine işaret edilmiştir.

Akyol ve Akgün (1990), Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka boratlı Neojen tortullarının palinolojisini incelemiştir. Boratlı Neojen tortullarının önemli kömür, bitümlü şeyl, uranyum ve kil içeriklerinin bulunduğuna işaret edilen bu araştırmada; Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka yörelerinin palinolojik incelenmesinde birbirinden farklı özellikte iki polen topluluğu olduğu belirlenmiştir. Bu verilerden yararlanılarak hem havzalar arasında deneştirme yapılmış, hem de polen topluluklarının ait oldukları seviyelerin yaşı ile paleoiklim ve paleocoğrafya hakkında bilgi verilmiştir.

Helvacı (1990), Kestelek ve Sultançayırı borat yatakları ve mineral topluluğunu incelemiştir. Araştırmacıya göre Kestelek borat yatağı, Neojen göl sedimanları içerisinde oluşmuş, kil, kireçtaşı ve tüflerle ardalanmalı olarak gözlemlenmiştir. Kestelek yataklarında egemen olarak kolemanit, üleksit ve probertit mineralleri ile ender olarak hidroborsit bulunur. Bor minerallerine kalsit, kuvars, zeolit ve montmorillonit grubu mineraller eşlik eder. Sultançayır, Türkiye'nin en eski bilinen borat yatağıdır ve Neojen istifini 750 m'i bulan tortulları içerir. Bu istifin alt kesimindeki pandemit, kolemanit ve jips; linyitli bir seviyenin üstüne gelen kireçtaşı, marn ve volkanik tüflerin içinde bulunur. İstifin üst kesimini tuf, marn ve kireçtaşı ardalanması oluşturur.

Helvacı ve Alaca (1991), Bigadiç volkano-sedimanter havzasının temelindeki Paleozoyik-Mesozoyik birimlerinin üzerine Miyosen'in uyumsuzlukla oturduğunu belirtmiştir. Miyosen yaşlı birimlerin alttan üste doğru taban volkaniti birimi, taban kireçtaşı, alt tuf birimi, alt boratlı zon, üst tuf, üst boratlı zon ve bazaltdan oluştuğu ve bütün bunların üzerine uyumsuzlukla genç alüvyonların geldiği açıklanmışlardır. Borat yatakları, birbirlerinden üst tuf birimi ile ayrılan alt ve üst boratlı birim içinde iki ayrı zon halinde görölmüştür. Her iki zonunda da kolemanit ve üleksit baskın mineraller olup, bunların yanında pandemit, probertit, havlit, tünellit, meyerhofferit, hidroborsit ve inyoit gibi diğer bor minerallerinin varlığı belirtmiştir.

Yalçın ve Baysal (1991), borat yataklarının dolomitli kireçtaşı/marn içerisinde bulunduğunu, basenin kuzeybatısının Ca boratlar ile güneybatısının ise NaCa ve Na boratlarla temsil edildiğini belirtmişlerdir.

Helvacı vd. (1993), Geç Miyosen kıtasal havzalardaki (Batı Anadolu ve Samos Adası-Yunanistan) bor minerallerini ve bunlarla ilişkili silikatları incelemiştir. Neojen lakustrin havzalarındaki tüm mineral oluşumlarının volkanik ürünler ve yoğunlukları tarafından kontrol edildiğini belirtmişlerdir.

Kistler ve Helvacı (1994), borat minerallerinin oluşum koşulları, kimyası ve oluşma şekillerini incelemiştir. Dünyadaki tüm yataklar ile özellikle Türkiye ve Amerika'daki yataklar hakkında bilgilerin bulunduğu araştırmada ticari mineraller ve bunlardan elde edilen ürünlerden de söz edilmiştir.

Helvacı (1995), Bigadiç borat havzasının stratigrafisini, mineralojisini ve oluşumunu depolanma modellemesi yaparak ortaya koymuştur. Yazar daha önceki yayınlarında olduğu gibi stratigrafiyi vermiş, yatakta gözlenen mineralleri alt zonda kolemanit, üleksit, havlit, probertit ve hidroborasit; üst boratlı zonda ise inyoit, meyerhofferit, pandemit, terçit (?), hidroborasit, havlit ve tünellit şeklinde vermiştir. Havzayı irdeleyerek oluşum koşullarını açıklamış ve şematik şekillerle ortaya koymuştur.

Gündoğdu vd. (1996), borat mineralleri ile birlikte bulunan zeolit minerallerini incelemiştir. Özellikle zeolit minerallerinden K-klinoptilolit, Ca-klinoptilolit, Li'ca zengin trioktahedral smektitlerin (stevensit, saponit ve hektorit) ve K- feldispatların borat minerallerine eşlik ettiğini belirtmişlerdir.

Floyd vd. (1997) çalışmalarında, Kırka borat yataklarıyla bölgedeki ignimbiritler arasında bir ilişki kurmuştur. Buradaki borat yataklanmasında hidrotermal çözeltilerin katkısına ilaveten “verimli ignimbirit ”olarak tanımlanan volkanitlerin yıkanmasıyla ortama bor sağladığı açıklanmıştır. Ayrıca Orta Anadolu'da borsuz olduğu için

“verimsiz ignimbirit” olarak tanımlanan volkanitleri ve dünyadaki benzer borat yataklarıyla karşılaştırmalar da yapılmıştır.

Palmer ve Helvacı (1997), Kırka borat yatağına ait on yedi borat minerali (boraks, kolemanit ve üleksit) örneğinde B izotopu ve on üç borat örneğinde $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotopu çalışması yapmışlardır. $\delta^{11}\text{B}$ aralığını kolemanit için -14.9% , boraks için ise -1.6% olarak ölçmüşlerdir. Belirlenen izotop verilerinin, boratların çökeliminden sonra bor mineralleri ile tuzlu su bor izotopik dengesinin sağlanmadığını ileri sürmüşlerdir. Ayrıca Rayleigh fraksiyonlaşma modeline göre boraks çökelişi boyunca tuzlu suyun $\delta^{11}\text{B}$ değerlerinin kolemanit ve üleksit çökeliminden biraz daha ağır olduğuna işaret edilmiştir.

Helvacı ve Orti (1998), Miyosen kolemanit-üleksit havzalarının sedimentolojik ve diyajenetik incelemesini yapmışlar, borat havzalarının kenarlarında Ca boratların, merkezde ise Na boratların oluştuğunu ve nodüler kolemanit ile nodüler üleksitin birincil olduğunu belirtmişlerdir. Makroskobik olarak ikincil kolemanitlerin üleksitin yerini almasının lokal olduğunu ve bunun erken ve geç diyajenez için kesin kanıt olamayacağını ifade etmişlerdir.

Orti vd. (1998), evaporitik bir ortam olan Sultançayır jips havzasındaki borat-sülfat ilişkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar Ca-boratların (pandermit, havlit, bakerit ve kolemanit) havzadaki jips oluşuklarıyla ilişkisini ve diyajenez safhalarını tartışmışlardır.

Helvacı ve Alonso (2000), Türkiye ve Arjantin’de bulunan borat yataklarını karşılaştırmış, Miyosen boyunca her iki ülkede volkanizma, gerilmeli havzalar ve kimyasal çökelime uygun eksojenik benzer olayların hüküm sürdüğü açıklanmıştır. Bu genel benzerliğe karşılık; iki ülkenin borat yataklarının stratigrafik, mineralojik ve ekonomik yönden farklılıklar gösterdiği ayrıntılı bir şekilde yine bu çalışmada belirtilmektedir.

Çolak vd. (2000), Batı Anadolu borat yataklarında illit ve montmorillonit gibi kil minerallerinin yaygın olduğunu vurgulamışlardır. Emet yataklarında kükürt ve sülfür minerallerinin diğer borat yataklarına göre baskın olarak bulunduğunu belirtmişlerdir.

Helvacı (2001), bu araştırmada Batı Anadolu borat yataklarının jeolojik konumu, ekonomik önemleri ve bor politikaları ile ilgili bilgiler vermektedir. Bor yataklarının Tersiyer başında tüm Batı Anadolu'yu etkileyen büyüme fayları ve grabenleşme ile volkanik ve sismik yönden aktif sahalarda gelişmiş dağ arası kapalı havzalardaki ayrık veya birbiriyle bağlantılı olabilen playa göllerinde oluştuğu belirtilmektedir. Bor minerallerinin çökeliminde önce Ca-boratlar sonra sırasıyla Ca-Na ve Na-boratların geldiği açıklanan bu çalışmada, hakim minerallerin boraks, üleksit ve kolemanit olduğu da vurgulanmaktadır.

Erkül vd. (2002a), Bigadiç, Soma, Sındırgı çevresinde yüzlek veren bor çökelleriyle ilişkili volkanik kayaların stratigrafisi incelenmiştir. Çalışma alanında birbirinden uyumsuzlukla ayrılan üç farklı volkanik istif belirlenmiştir. Bunlar yaşlıdan gence doğru; andezitik-bazaltik seri, dasitik volkanosedimanter seri ve riyolitik seriden oluşur. Dasit bileşimli volkanitler KD doğrultulu kırık hatları boyunca sırtlar oluşturacak şekilde yerleşmiştir. Bu zonlar borlu hidrotermal akışkanların havzaya getirilmesinde etkin olmuştur. Volkanik sırtların varlığı çok sayıda ve KD doğrultulu bor çanaklarının gelişmesini sağlamıştır.

Erkül vd. (2002b), Bigadiç'te Miyosen yaşlı bor içeren volkanosedimanter evaporitik gölsel tortulların temelini oluşturan andezitik-bazaltik bileşimli volkanitleri sınıflandırmıştır. Bor mineralleri içeren gölsel volkanosedimanter istifin litolojik ve stratigrafik olarak birbirinden ayrılan iki piroklastik seviye ile ardalandığı, ayrıca gölsel tortullar içerisinde ara düzeyler şeklinde volkanojenik epiklastik tortulların yer aldığını ileri sürmüşlerdir.

Helvacı (2003) çalışmasında, Türkiye borat yataklarının jeolojik konumundan, ekonomik öneminden ve bor politikasından söz etmiştir. Ayrıca Miyosen gölsel

ortamında depolanan bor minerallerinin çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, şeyl, marn, kireçtaşı ve tuf ardalanmalı istifte; çamurtaşı, kıltaşı, şeyl ve tüfler içinde oluştuğunu belirtmiştir.

Helvacı vd. (2004), Batı Anadolu Neojen havzalarında lityum ve dağılımını araştırmak amacıyla Beypazarı trona yatağı, Soma linyit yatağı ve Türkiye borat havzalarından alınan kil örnekleri ile Acıgöl, Salda, Yarışçı, Burdur, Eğirdir, Tersakan, Bolluk, Karapınar (Acıgöl) ve Tuzgölü'nden alınan su örneklerini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, borat yataklarından alınan killerdeki lityum değerlerinin %0.58-0.17 arasında, göl suyundaki lityum değerlerinin ise 0.30 - 325 mg/l arasında değiştiğini saptamışlardır.

Helvacı (2004), bor yataklarının çökelim koşulları ile karasal, denizel ve magmatik kaynakları açıklanmıştır. Bor minerallerinin dağılımını, mineralojisini açıklayan yazar ayrıca Türkiye borat yataklarının jeolojik konumu ve dağılımını belirtmiştir.

Helvacı ve Orti (2004), Kırka borat yatağında merkezde (Na) boraks, ortada (NaCa) üleksit ve kenar bölgede (Ca) kolemanit şeklinde sistematik olarak yanal dizilim gösterdiğini, ayrıca merkezde Na boratı Mg boratın üzerlediğini ve bu minerallerin hepsinin birincil olduğunu belirtmişlerdir.

Erkül vd. (2005a), Bigadiç bor havzasındaki volkanizmanın 23 My önce başlayıp 17,8 My'a kadar süren iki evreli bir faaliyet olduğunu ifade etmişlerdir. Bu evrelerin ürünleri Kocaiskan volkanitleri ve Bigadiç volkano-sedimanter serisi olarak belirtilmiştir. Bigadiç volkanitlerinin İzmir-Balıkesir transfer kuşağının bir parçası KD doğrultulu kırıklar boyunca oluştuğunu ve bu kuşağın Geç Kretase'den günümüze kadar aktif olduğunu belirtmişlerdir.

Erkül vd. (2005b), Batı Anadolu'nun Miyosenden itibaren K-G açılma rejiminin etkisinde olduğunu, Kocaiskan volkanitlerinin 23 My yaşında, Bigadiç volkano-sedimanter serisinin ise 20,6-17,8 My arasında yaşa sahip olduğunu K/Ar izotop

yöntemi ile belirlemişlerdir. Kocaiskan volkanitlerinin, karasal sokulumlar, domlar, lav akıntıları ve piroklastiklerden oluştuğunu, ikinci evre volkanizmanın da gölsel- evaporitik çökeltimlere eşlik eden bazalttan riyolite kadar değişen bileşimdeki lav akıntıları ve piroklastik çökellerden oluştuğunu ifade etmişlerdir.

İlhan (2006), Emet ve Hisarcık yöreleri arasındaki Doğanlar Köyü'nün doğusunda alüvyon ve nehir taraçalarının altında yer alan bor oluşumlarını dört sondajdan alınan karotlar ile incelemiştir. Yapılan jeokimyasal çalışmalarda killi, tüflü ve boratlı birimlerde ana ve eser element dağılımları yorumlanmıştır. Buna göre istiflerde bor hakim olup, Ca ve Ca-Na oranları bor mineral türleri ile uyumlu olacak şekilde değişimlidir. İstifte Li, Cs, Sr, As içerikleri yer yer yüksek değerlerde olduğunu belirtmiş ve Mo ve W değerlerinin de zaman zaman yükseldiğini vurgulamıştır.

Zorlu (2006), Kırka borat yatağındaki çalışması kapsamında doğal olarak yetişen bitki türleri ve üzerinde buldukları topraklardan örnekler alarak biyojeokimya anomalilerini çalışmıştır. Bitki ve toprak örneklerinin B, Li, Sr, Cu, Zn, Mn, Ni ve Co içerikleri saptanarak biyojeokimyasal anomalileri incelemiş ve bitkilerde bulunan element içeriği ile topraklarda bulunan element içeriği karşılaştırılarak belirtgen (indikatör) bitkileri saptamıştır.

Kavrazlı (2007), Kestelek yatağında bor minerali olarak sadece kolemaniti saptamıştır. Kolemanit örneklerinde yapılan jeokimyasal analizlerde ana elementler çokluklarına göre oksit olarak CaO, SiO₂, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO ve Cr₂O₃ şeklinde sıralamıştır. Eser elementlerden Cs, Se, Li ve özellikle Sr kolemanitlerde önemli oranda zenginleştiğini belirtmiştir. Nadir toprak element (NTE) dağılım diyagramlarında ise eğrilerdeki iki farklı gruplaşma en azından iki farklı çökeltim rejiminin olduğunu işaret etmiştir.

Koç vd. (2008a), Kestelek yatağında ana ve eser element içeriklerini ortaya koymuşlardır. Li, Cs, Sb, As, Sr ve özellikle Se'un kolemanitlerde önemli oranda

zenginleştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca EPR incelemeleri kapsamında, Ca^{+2} manyetik merkezlerin olduğu saptamışlardır.

Gemici vd. (2008), Bigadiç yatağı bölgesi yer altı sularını incelemişlerdir. Yer altı suyu kirlenmelerinde yatağın etkili olduğu ve su kalitesini doğrudan etkilediğini belirtmişler, Tülü'de suyun $Ca-SO_4$ ve HCO_3 , Simav ve Acep ise $Na-HCO_3-SO_4$ tipte olduğunu açıklamışlardır. Bu çalışmada ayrıca yüksek SO_4 'un kaynağının anhidrit, jips ve sölestin olabileceği ifade edilmiştir. B ve As iki önemli kirlilik nedeni olarak belirtilmiş; As kireçtaşı ve tufün yıkanmasıyla, B ise akiferin borat zonuna kadar uzamasıyla ilişkilendirilmiştir.

Özkul (2008), Emet borat havzasında, bor prospeksiyonu çalışması yapmıştır. Havzayı yaşlıdan gence doğru 13 birime ayırmıştır Bunlar; Tarlabası formasyonu, Köprücek felsik taban volkanitleri, Karbasan formasyonu, Yeniceköy plaket kireçtaşları, Beyköy formasyonu, Ergünler taban kireçtaşları, İğdeköy formasyonu, Emet örtü kireçtaşları, Merkezşihlar formasyonu, Dereköy mafik taban volkanitleri, traverten, Eski nehir taraçası ve Alüvyon şeklinde sıralamıştır.

Üstün (2008), Hisarcık (Emet - Kütahya) civarınının stratigrafisini Kürtköyü formasyonu, Yeniköy formasyonu, Çatak üyesi, Kızılyar formasyonu, Akdag volkanitleri, Dereköy bazaltı ve traverten şeklinde açıklamıştır.

Koçak (2009), Bigadiç yatağında boratlarının içerdiği ana elementler bolluklarına göre Tülü örneklerinde Ca, Si, Mg, Al, Fe, S, Na, P ve Mn şeklinde, Simav örneklerinde Ca, Na, Si, Mg, S, Al, P ve Mn şeklinde, Acep örneklerinde ise Ca, Na, Si, Mg, S, Al ve Mn şeklinde sıralamıştır. Eser elementlerden Sr, As, Li, Mo ve özellikle Se önemli oranda zenginleşmişlerdir. Ana ve eser elementlerin tümünün ele alındığı korelasyonlarda Tülü'de iki grup, Simav ve Acep'de 5 grup belirlenmiştir. Element bollukları ve jeokimyasal eğilimlerinin Tülü, Simav ve Acep ocaklarında farklılıklar gösterdiğini belirterek bu farklılıkların beslenme rejiminde ve kaynağındaki değişikliklerin etkisiyle çökme ortamındaki fizikokimyasal şartların değişkenliği ile açıklamıştır.

Şahin (2009), kırka örnekleri üzerinde XRD analizleri yapılmıştır. Bunun sonucunda kil(smektit, illit, kaolinit ve klorit), mika, karbonat (kalsit, dolomit, aragonit), kuvars, feldispat, opal C-T, zeolit (klinoptilolit, analsim) ve borat (inyoit, kolemanit, üleksit, borax, kernit, probertit ve tunellit) mineralleri tespit edilmiştir. Na/Ca-Mg/Ca, Na/Ca-Sr/Ca ve Mg/Ca-Sr/Ca diagramları çizilerek dolomit ve kalsitlerin tatlı suyun eveporasyonu ile alkalın göllerde oluşmuş olabileceği ortaya konulmuştur.

Garcia vd. (2010a) çalışmasında, Emet Doğanlar köyü mevkiinde yapılan sondaj ait örnekte ideal formülü $(Na,K)_2(Sr,Ca)SO_4[B_4O_6(OH)_2] \cdot 3H_2O$. olan Fortarnaut(borat sülfat) mineralinin varlığını tespit etmişlerdir. Daha önceki hiçbir çalışmada boratlarda Sr ve Na sülfat grubu içeren mineral bildirilmesinden dolayı önem arz etmektedir.

Garcia vd. (2010b), Emet Doğanlar Köyü civarında yapılan iki adet sondajda Emetit $Ca_7Na_3K(SO_4)_9$, adını verdikleri yeni bir sülfat minerali tespit etmişlerdir. Bu mineralin genel olarak glauberit ve probertit şeklindeki çökelinin evaporasyon zonunda (yeni mineralin) glauberit seviyesinin en üstünde diyajenetik olarak glauberit mineralinin yerini aldığını belirtmişlerdir. Mineral kristal boyutunun birkaç µm ile birkaç on µm ebatlarında olduğunu vurgulamışlardır.

Hatipoğlu (2010), Emet yatağında kil, mika, halit, karbonat (kalsit, dolomit), kuvars, feldspat, opal-CT, sülfat (globerit, jips, anhidrit), borat (kolemanit, üleksit, probertit, hidroborasit, P-viçit mineralleri tespit etmiştir. Kil minerallerini ise smektit, illit, kaolinit ve klorit şeklinde belirtmiştir.

Erdem (2010), Emet bölgesinde dokuz mineralin varlığından söz etmiş, bunların üç bölgede yer aldığını belirtmiştir. Bunlar; kolemanit, probertit, üleksit, viçit-A, hidroborasit, kurnakovit, tünellit, terujit ve kahnittir. Espey ve Hisarcıkta kolemanitin, İğdeköy-Doğanlar bölgesinde ise probertitin baskın mineral olduğunu vurgulamıştır. Jeokimyasal anlamda ise 4 adet örnekte XRF yöntemi ile ana oksit analizi yapmış, bu örneklerin kolemanit olduğunu belirtmiştir.

Koç vd. (2010), Bigadiç borat yatağında eser elementlerden Sr, As, Li, Mo ve özellikle Se'un önemli oranda zenginleştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca sıvı kapanım çalışmalarında yüksek homojenleşme sıcaklıkları ($>200^{\circ}\text{C}$) ölçülmüştür. Bu yüksek sıcaklık verileri hidrotermal çözeltilerin etkisiyle açıklanmıştır. Kolemanit ve üleksit minerallerinin oluşum sürecinde yüksek sıcaklıktaki çözeltiler kristallere sızma şeklinde katılarak yarı ikincil (pseudo secondary) kapanımların oluşmasını sağladığını ortaya koymuşlardır. Bor örneklerinin ESR incelemeleri kapsamında, Mn^{+2} manyetik merkezlerin olduğu gözlemlenmiştir.

Garcia vd. (2011), Emet Doğanlar mevkiindeki sondaj çalışmalarındaki örneklemeler üzerinde yapılan optik ve elektron mikroskobu çalışmalarına göre volkanosedimaner şartlar altındaki tuz gölünde birincil çökelişi probertit, glauberit, ve halitin ana çökelişi oluşturduğunu belirlemişlerdir. Diğer sülfat mineralleri olarak anhidrit, jips, tenardit, sölestin ve kalistrontitin varlığından söz etmişlerdir. Kolemanit, üleksit, hidroborasit, tunellit, kaliborit ve aristarait minerallerini bor minerali olarak, arsenopirit, realgar ve orpiment minerallerinde sülfidler olarak bildirmişlerdir. Bu yatağı bu güne kadar bilinen en önemli probertit yatağı şeklinde tanımlamışlardır.

Güllü (2012), Eskişehir doğusunda yer alan Yörükkaracaören, Topkaya ve Karakaya (Kaymaz) granitoidlerini, jeolojik, jeokimyasal, izotopik ve yaş verileriyle bölgesel jeodinamik çerçevesinde incelemiştir. Çalışmacı Yörükkaracaören civarında yer alan magmatik birimlerin kökensel olarak Topkaya Granitoidi ile ilişkili olduğunu ve Topkaya plütonunun sub-volkanik apofizlerini temsil ettiğini vurgulamıştır. Bölgenin jeodinamiği çerçevesinde magmatik kütlelerin evrimine yaklaşımda bulunan çalışmacı magmatik birimlerin Anatolid-Torid platformu ile Sakarya (kıtası) arasında var olduğu bilinen Neo Tetis'in, Kretase sonlarına doğru kapanmaya başlamasıyla, Paleosen'de kıta-kıta çarpışması meydana gelmiş olabileceğini ifade etmiştir.

Koç vd. (2012), Kırka yatağında mineral parajenezinin boraks, tinkalkonit, üleksit, kurnakovit, probertit, tunellit ve kolemanit, dolomit smektit grubu ve illit ile ilk defa bu

araştırmada tespit edilen hidrokloroborit, brianroulstonit, hilgardit-4M, ve searlesit minerallerinden oluştuğunu aıklamışladır. Eser elementlerden Sr, As, Li, Cs ve özellikle Se önemli oranda zenginleşmiştir. Ana ve eser elementlerin tümünün ele alındığı korelasyonlarda KY, KS1 ve KS2’de 3 grup belirlenmiştir. Bor rneklerinin ESR incelemeleri kapsamında, Mn⁺² manyetik merkezlerin olduğu gözlenmiştir.

Garcia ve Helvacı (2013), Kırka Göcenoluk kesimine ait sondajlarda yaptıkları çalışmada bölgedeki boratların genel olarak NaCa borat (leksit ve probertit) olduğunu, alt ve st bölgelerinde kolemanit ve/veya hidroborasitden ibaret olduğunu, boraks’ın ise sadece orta zonda olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca smektit, zeolit (genel olarak analsim) ve borosilikat (genel olarak searlesit) minerallerinin varlığını belirtmişlerdir.

3. BÖLGESEL JEOLJİ

Avrasya ve Afro-Arap levhaları arasındaki çarpışma bölgesinde yeralan Anadolu levhası, Permo-Triyas döneminde başlayan ve Geç Kretase-Eosen'de Avrasya'nın güneyine eklenmeler sonucunda oluşmuştur. Anadolu levhası Paleo ve Neotetisin kenet zonları ile çevrili çok sayıda karasal parçaları içerir. Anadolu'nun okyanus ve kıta levhacıkları; Geç Kretase sırasında Pontid ile Torid-Anatolid Platformu çarpışması sonrasında Alpin Orojenezi'ni meydana getirmiştir. Geç Kretase-Erken Paleojen döneminde Neotetis'in kuzey kolunun kapanmasıyla ilişkili olarak kalınlaşmıştır (Şekil 3.1). Güneybatı Anadolu'da Torid orojenezinin son döneminde bölgesel ölçekte tektonik genişleme gözlenmektedir. Batı ve Güneybatı Anadolu'da gelişen bu K-G, KB-GD ve GB-KD yönlü tektonik genişleme, normal faylarla sınırlanmış çok sayıda çöküntü havzalarının oluşumuna neden olmuştur (Şengör ve Yılmaz 1981, Robertson ve Dixon 1984, Koçyiğit 1984, Şengör vd. 1985, Bozkurt 2001, Gürer ve Aldanmaz 2002, Okay 2008).

Batı Anadolu'nun büyük bir kesimini kaplayan magmatik birimler, kuzeyde Marmara bölgesinden, güneyde Bodrum yarımadasına kadar geniş bir alanda gözlenmektedir. Bahsedilen magmatik topluluklar iki belirgin evrede oluşmuştur (Güleç 1991, Yılmaz 2010). Batı Anadolu Geç Senozoyik magmatizmasının jeokimyasal ve zamansal evrimi, yığılım tektoniği ve çarpışma olayları, gerilme tektoniği, yitim bölgesi süreçleri, çarpışma kaynaklı manto dinamiği ve astenosferdeki ani yükselme tarafından kontrol edilmiştir (Dilek ve Altunkaynak 2010). Batı Anadolu volkanizması dalma-batmaya bağlı olarak A tipi karakterde başlamıştır (Şengör ve Yılmaz 1981). İlk Senozoyik magmatizması geç-çarpışma döneminde ise kalkalkalin granitoidleri ile bunların çevresinde yaygınca görülen felsik, nötr ve hibrit volkanik eşlenikleri gelişmiştir (Şengör ve Yılmaz 1981, Dilek ve Altunkaynak 2010, Yılmaz 2010). Güllü (2012)'ye göre Eskişehir doğusunda yer alan Yörükkaracaören, Topkaya ve Karakaya (Kaymaz) granitoidlerinin oluşumu şu şekilde gelişmiştir; öncelikle dalma-batma zonu etkilerinin gözlemlendiği yitim zonu ile ilişkili olarak Orta Paleosen'de Karakaya granitinin yerleştiği düşünülmektedir. Bunun yanında, çarpışma süreci devamında da dalan litosferin

tüketilmesiyle tetiklendiği düşünülen alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesi, Topkaya ve Yörükkaracaören magmatik ürünlerinin ortaya çıkmasını sebep olmuştur.

Yitim bölgesi jeokimyasal belirteçlerine dayanarak Eosen'den Oligo-Miyosen'e volkano-plütonik birimlerin, orta dereceden kuvvetliye kadar gelişen erimelerle oluştuğu ifade edilmektedir (Dilek ve Altunkaynak 2010). Bu yitimdeki manto bileşeninin kaynağı, Tetis alanında daha önceki (Kretase-Erken Senozoyik) yitim-yığılma olayları tarafından sağlanmıştır. Bu olaya, Batı Anadolu ve Ege bölgelerinin altındaki litosferik mantonun hetorejenliği ve metasomatizasyonu da katkıda bulunmuştur (Dilek ve Altunkaynak 2010).

Bu birimlerin kimyasal bileşimleri, benzerlik ve süreklilik göstererek, aralarında ortak bir niteliğin ve kökenin olduğunu işaret eder. İlk evrede volkanik kayaların bileşimleri süreç içinde kalkalkalenden şoşonitiğe doğru geçiş sergiler (Yılmaz 2010). Erken evre magmatik topluluklarının jeokimyasal karakterleri bir magmatik yay niteliği gösterir. Bu dönemde oluşan magmatik topluluklar, mantodan kökenlenmiş magmalardır (Güleç 1991, Yılmaz 2010). Dalma batmaya bağlı olarak geliştiği düşünülen ve dalan levhadan serbestleşen su veya LIL elementler, üst levhanın alt kesimlerinde sulu bir zon veya manto kaması oluşturmuştur. Bu durum, kısmi ergimeyi başlatmış ve gelişen bazik magma üst levhadaki sıkışmalı rejimde kıta kabuğu ile etkileşerek nötr ve hibrit bir nitelik kazanmıştır (Yılmaz 1989, 2010).

Geç evre magma birimleri, Geç Miyosen'de oluşmaya başlamış ve gelişmelerini neredeyse günümüze kadar sürdürmüştür. Geç fazda gerçekleşen magmatik etkinliklerle de başlıca bazik magma gelişmiştir (Yılmaz 2010). Geç Miyosen'e kadar sıkışmalı bir tektonik rejim gözlenirken bu dönemde kalkalkalen volkanik kayalar oluşmuştur. Geç Miyosen sonrasında ise volkanizmanın alkalin özellik kazandığı Savaşçın ve Güleç (1990) tarafından belirtilmiştir. Erken fazda olmayan bu kayalar belirgin olarak farklı bir bileşim sergilemektedir (Yılmaz 2010). Bu evrenin seyrek ve yerel olan ürünleri alkalin niteliktedir ve gerilme kökenli magmalarla ortak bileşim sergilerler. İki magmatik fazın oluşumu arasında bir zaman boşluğu görülür (Yılmaz 2010).



Şekil 3.1 Çalışma alanının Türkiye tektonik birliklerdeki yerini gösteren harita (Okay ve Tüysüz 1999)

Süturlar eski dalma batma zonlarını işaret etmek üzere dolu üçgenli kalın çizgilerle gösterilmiştir. İçi boş üçgenli kalın çizgiler aktif dalma-batma zonlarını gösterir. Karadenizdeki Geç Kretase okyanusal kabuğu mavi tonlarla gösterilmiştir. BFZ Bornova filiş zonu kısıltılmasıdır.

Neojen kayaç birimleri Batı Anadolu'da geniş bir yayılım göstermektedir (Şekil 1.1). Bu birimler karasal ortamlarda gelişmiş olup uyumsuzluk düzeyleriyle birbirinden ayrılan üç tekto-stratigrafik birimden oluşmaktadır. Alt Birim, volkan çıkış eksenlerine paralel uzanan yapısal çöküntü alanlarında birikmiştir. Bu birim K-KD yönelimli ve Erken-Orta Miyosen yaşındadır. İlk evre volkanik kaya topluluklarıyla çoğunlukla yatay ve düşey geçişler sergiler (Yılmaz 2010). Orta Birim, Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı olup başlıca gösel beyaz kireçtaşlarıyla temsil edilmektedir. Bunlar Batı Anadolu Neojen topluluğunun en yaygın kayaçlarıdır. Birbirleriyle bağlantılı göllerde çökeldikleri ve bu göllerin o dönemde Batı Anadolu'nun büyük bir kesimini kapladığı anlaşılmaktadır. Batı Anadolu-Ege Bölgesi, orta birimin oluşumundan sonra şiddetli bir aşınma dönemi geçirmiştir. Bunun sonucunda yatay konumlu bir aşınma düzlemi gelişmiş olup bu düzlem tüm yörede stratigrafik bir anahtar düzey olarak tanınmaktadır (Yılmaz 2010).

4. BORAT YATAKLARI VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

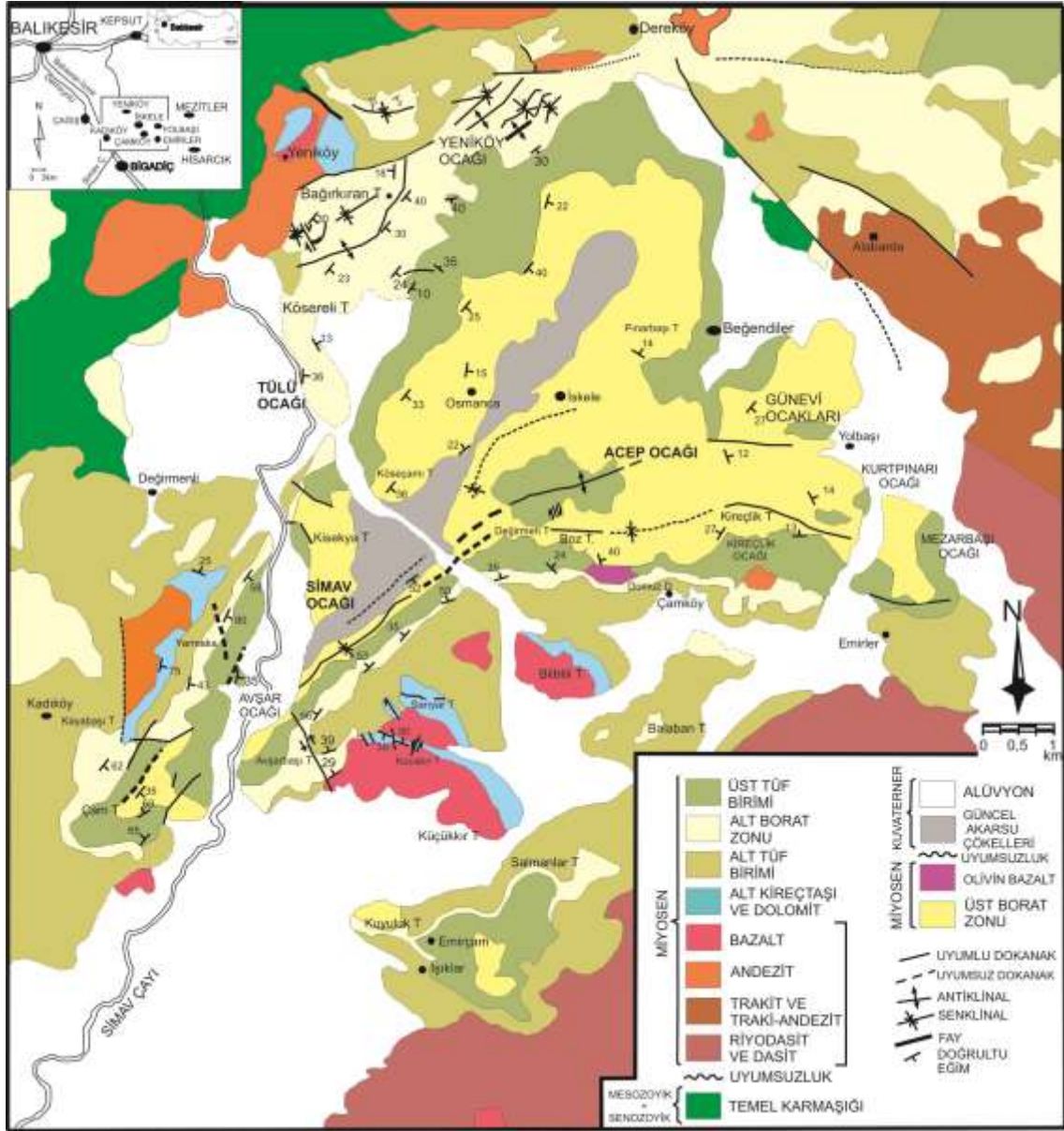
4.1 Bigadiç Borat Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi

Bigadiç borat yatağı ile ilgili yapılan çalışmalarda stratigrafik istifin temelini Paleozoyik ile Mesozoyik yaşlı kayaçlar oluşturmaktadır. Uyumsuzlukla gelen borat içeren Neojen birimleri ve bunları da uyumsuzlukla üzerleyen Kuvaterner birimleri ile istif tamamlanmaktadır (Özpeker 1969, Yılmaz vd. 1982, Helvacı 1983, Helvacı ve Alaca 1984, Baysal vd. 1985, Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995, Helvacı 2001, Helvacı 2003, Helvacı 2004). Bu tez kapsamında Neojen yaşlı ve borat içeren birimi detaylı olarak inceleyen Baysal vd. (1985), Helvacı ve Alaca (1991), ve Helvacı (1995)'dan yararlanılmıştır. Bigadiç borat yatağının jeolojik haritası ise Helvacı 1995'ten yararlanılarak şekil 4.1'de verilmiştir.

İnceleme alanında Helvacı ve Alaca (1991) ve Helvacı (1995)'ya göre; şist, mermer (Paleozoyik) ve ofiyolit, kireçtaşı, radyolarit, kumtaşından (Mesozoyik) oluşan temel kayaçlar ve üzerine uyumsuzlukla gelen Neojen yaşlı volkanik ve volkano-sedimanter kayaçlar yer alır (Şekil 4.2). Neojen yaşlı volkanik ve volkano-sedimanter kayaçlar kendi aralarında alttan üste doğru; taban volkanitli birim, taban kireçtaşı birimi, alt tuf birimi, alt boratlı birim, üst tuf birimi, üst boratlı birim ve bazalt birimleri olarak ayrılmıştır.

Baysal vd. (1985)'e göre ise istifin en altında temel metamorfiti bulunmaktadır. Bunun üzerinde rekristalize kireçtaşları, onların da üzerinde serpantinleşmiş ofiyolitler yer almaktadır. Miyosen öncesi bu birimler üzerine ise Alt Miyosen yaşlı taban volkanitleri gelmektedir. Çalışma alanında geniş yayılım gösteren bu birim bazalt, andezit, aglomera ve tüflerden oluşmaktadır (Baysal vd. 1985). Buna karşılık Helvacı ve Alaca (1991)'ya göre bu birim yeşilimsi gri, gri, pembe, siyah renklerde andezit, bazalt trakiandezit, trakit, dasit, aglomera ve tüflerden oluşmaktadır. Yine Helvacı (1995)'ya göre aynı birim riyodasit, dasit, trakit, trakiandezit, bazalt, aglomera ve tüften ibarettir. Bu birimi çakıl, blok ve iri blok boyutlarına sahip gri-beyaz renkli çimentolu kayaçların

oluşturduğu taban volkanoklastiti takip eder (Baysal vd. 1985). Taban volkanoklastitine Helvacı ve Alaca (1991) ve Helvacı (1995)'da ayrıca değinilmemiş olup, bunlar tahminen taban volkanitleri içine dâhil edilmiştir. Taban volkanoklastiti üzerinde taban kireçtaşı yer alır.



Şekil 4.1 Bigadiç borat yatağı jeolojik haritası (Helvacı 1995)

Taban kireçtaşı karbonat kayalardan ve tüfitlerden meydana gelmektedir. Dolomitik karakterde kayaların ağırlıklı olduğu bu birim, üst kesimlerinde gösel fasiyesteki alt tuf birimine geçmektedir (Baysal vd. 1985).

Alt tuf birimi birbiri ile yanal geçiş gösteren gösel tuf ve karasal tüfden oluşmaktadır. Karasal tuf alt kesimlerinde yeşilimsi gri ve sarı, üst kesimlerinde yeşil ve kırmızı renktedir. Gösel tuf altta koyu gri renkte iri taneli olup üstte krem beyaz renkli ince tanelerden oluşmaktadır. Bu birimin yaşı kesin olmamakla birlikte Alt Miyosen olarak düşünülmüştür (Baysal vd. 1985).

Alt boratlı birim sarımsı beyaz renkte, orta iyi sıkışmış ince orta katmanlı ve laminalıdır. Alt seviyelerinde borat içeren birim killi kireçtaşı, marn, kiltası, çamurtaşı ve tuf araldanmasından oluşmaktadır (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995). Alt boratlı birimin en iyi gözlendiği yer Tülü açık ocağı ve Yeniköy kapalı ocağıdır. Birim tabanda ince tabakalı yer yer laminalı marn-kireçtaşı-tuf araldanmasıyla başlar. Bu araldanma üzerine kalınlığı 0.20-76.00 m arasında değişen cevher zonu gelir. Cevher zonu içinde boratlarla birlikte gri renkli tuf, plaketli kiltası-kireçtaşı araldanması ve ince tabakalı kireçtaşı, kiltası arabantları bulunur. Cevher zonu üzerinde laminalı kahverengi kiltası, grimsi beyaz renkli kireçtaşı araldanması gelir. Birim, üst seviyelere doğru orta katmanlı çört bantlı kireçtaşı, kiltası, kireçtaşı araldanmasıyla devam eder (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Üst tuf birimi tabanda kaba taneli tüflerle başlar ve kaba taneli tüfler sarımsı yeşil renkleri koyu yeşil renkli pomza parçaları içermeleri ve buna bağlı olarak gelişen gözenekli yapıları ile tipiktir. Kaba taneli tüflerde iki veya üç yönde izlenebilen çatlak sistemleri iyi gelişmiş olup, bu yüzeyler demiroksitli suların dolaşımı sonucunda kırmızımsı kahverengiye boyanmış olarak görülürler (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995). Bu tüflerin önemli oranda pomza, höylandit, klinoptilolit ve analsim, az miktarda sanidin, kuvars, plajiyoklaz ve biyotit içerdiği görülmüştür. Alt boratlı birimin çökeliği sırasında sakin bir dönem geçiren volkanizmanın yeniden yoğun bir şekilde faaliyete geçmesi sonucu çökelen üst tuf birimi içinde karbonat veya epiklastik arakatkıların

		JEOLÖJİK ZAMAN				KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT						
S E N O Z O Y İ K	N E O J E N	KUVATERNER				0-70	Çakıl, kum ve silt	ALÜVYON	
						50-180	Kiltaşı Kumtaşı Konglomera	GENÇ TORTULLAR	
						0-50	BAZALT		
						ÜST PANN. 20-110	Boratl Zon, kiltaşı, mam kireçtaşı, tuf	ÜST BORATLI BİRİM	
						ALT PONS. 0.10-80			
						GEÇ PANNONİYEN 35-130			
						Cevher Zonu 0.20-76			
						90-410	İnce taneli tuf	ÜST TÜF BİRİMİ	
						60-350	Kaba taneli tuf	ÜST TÜF BİRİMİ	
						ÜST MİYOSEN			
S E N O Z O Y İ K	N E O J E N	ORTA MİYOSEN				100-150	alg:gösel alt tuf alk:karasal alt tuf alk:kömürlü fasiyes	ALT TÜF BİRİMİ	
						50-90	Kireçtaşı, kiltaşı, tuf, mam, dolomit	TABAN KİREÇTAŞI BİRİMİ	
						250 +	Bazalt, andezit, traki-andezit, trakit, dasit, tuf, aglomera	TABAN VOLKANİTİ BİRİMİ	
						ÜST MİYOSEN			
						ALT MİYOSEN			
						GEÇ PANNONİYEN 35-130			
						Cevher Zonu 0.20-76			
						90-410			
						60-350			
						ÜST PANN. 20-110			
ALT PONS. 0.10-80									
MESO							Ofiyolit, kireçtaşı, radyolarit, kumtaşı	TEMEL KAYALAR	
							Şist, mermer	TEMEL KAYALAR	
PALEO									

Şekil 4.2 Bigadiç borat yatağı genelleştirilmiş kolon kesiti (Helvacı ve Alaca 1991)

bulunmaması volkanizmanın kesintisiz devam ettiğini gösterir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995). Orta kesimlerinde borat katmanları içeren üst boratlı birim, kireçtaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı, marn ve tuf araldanmasından oluşur (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Tabanda ince katmanlı tuf bantlı kıltaşı-kireçtaşı-marn araldanmasıyla başlayıp üzerine sabunsu plaketli kıltaşı ve cevher zonu gelmektedir. Cevher zonu üzerine sırasıyla kırmızımsı kahverengi laminalı kıltaşı, irice ve orta katmanlı tuf ve kireçtaşı bantlı kıltaşı-kireçtaşı araldanması, yer yer çört bantlı kalın katmanlı kireçtaşı gelir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995). Cevher zonu kalınlığı 0.10-80.00 m arasındadır. Cevher zonunda görülen bor mineralleri kolemanit, üleksit, meyerhofferit, pandemit, probertit, havlit, tunelit, hidroborasit ve inyoittir. Birim içinde üretim yapılan ocaklarda borat katmanlarının kalınlıkları, katman sayıları ve katmanların dizilişi oldukça farklıdır. Borat katmanlarının genel görünüşü mercekler şeklinde gözlenir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Üst boratlı birim, üst tuf birimini oluşturan volkanizma sonunda, çökeltme ortamında yeniden başlayan kırıntılı ve kimyasal çökeltim ürünüdür. Birim içinde görülen karbonatlı kayalarla, kırıntılı kayaların laminalı araldanmaları birimin çökeltimi esnasındaki mevsimsel iklim değişikliklerini, fasiyes değişimini ve havzadaki su seviyesinin değişimini gösterir. Birim içindeki tuf bantları ise birimin çökeltimi esnasında kısa aralıklarla da olsa volkanizmanın devam ettiğini gösterir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Bazalt, siyah ve grimsi siyah renkli ve kendisinden daha yaşlı olan tüm birimleri kesmiştir. Bazalt feldispat mikrolitlerinin gelişigüzel dağılımı ile ofitik yapı göstermekte olup, feldispat kristalleri arasında ojit ve olivin kristalleri görülmüştür (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Genç tortullar, çakıllarını kireçtaşının oluşturduğu konglomera ile başlayıp sırasıyla kıltaşı, kumtaşı ve çakıltaşı bantlı silttaşı ile sonlanır. Birim içindeki silttaşı parlak gri,

yer yer sarımsı kırmızı renkli olup ince katmanlıdır. Kıltaşı ise sarımsı kırmızı olup laminalıdır. Çakıltaşının bileşenlerinin bağlayıcı malzemesi killeşmiş tüftür. Birimin kalınlığı 3-180 m arasında değişmektedir. Birim tabanda üst boratlı birim üzerine uyumsuzlukla gelir. Tavanda ise birimin üzerine uyumsuzlukla alüvyon örtmektedir. Birim, Neojen öncesi ve Neojen yaşlı birimlerden türemiştir. Tüm birimlerin üzerini uyumsuzlukla örten alüvyon, temel kayaların ve Neojen yaşlı birimlerin çakıl, kum ve killere ibarettir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

4.2 Kestelek Borat Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi

Kestelek bor yatağı ve yakın çevresinde yapılan çalışmalarda (Özpeker 1969, Yalçınkaya ve Afşar 1980, İTÜ 1982, Helvacı 1983, Bayraktar 1985, İTÜ 1985, Koçak 1989, Helvacı 1992, Helvacı ve Alonso 2000, Helvacı 2001) stratigrafik istif Miyosen öncesi temel birimleri ve bunun üzerine uyumsuzlukla gelen Neojen birimleri olarak tanımlanmıştır. Burada, inceleme alanının kısa bir jeolojisi açıklanırken özellikle Kestelek borat yatağının bulunduğu Neojen birimlerini ayrıntılı olarak ele alan Koçak (1989) ve Helvacı (1992)'dan yararlanılmıştır. Kestelek borat yatağının jeoloji haritası Şekil 4.3'de verilmiştir.

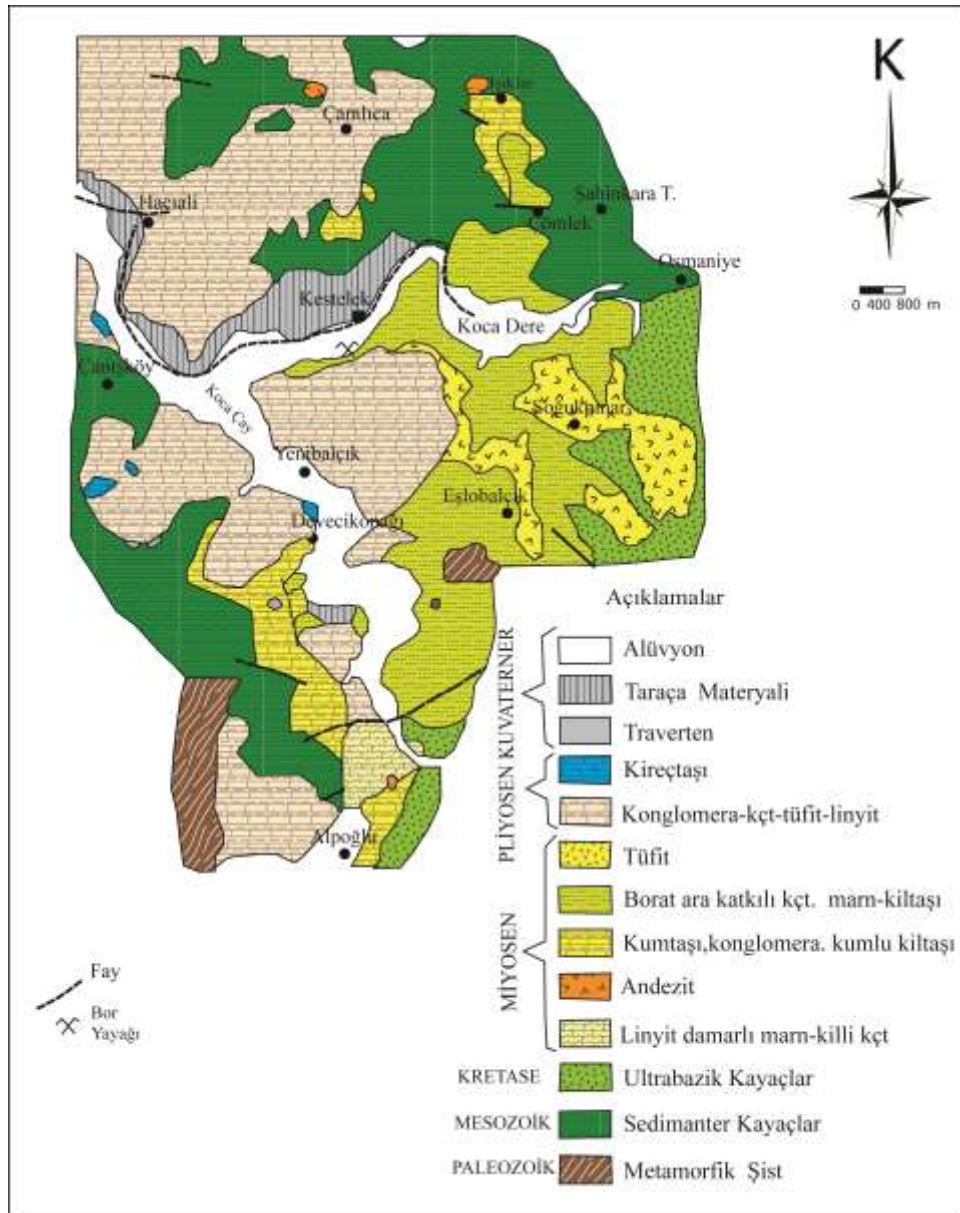
Koçak (1989)'ın kolon kesitinde (Şekil 4.4) Miyosen öncesi olarak gösterilen temel birimlerin en yaşlısı Paleozoyik şistlerdir. Şistlerin üzerine uyumsuz olarak Triyas yaşlı grovak ve metakumtaşları, bunların da üzerine yine uyumsuz olarak Jura kireçtaşları yer almaktadır. Üst Kretase yaşlı serpantin ve radyolaritler ise, bu birimler üzerine tektonik olarak gelmektedir. Tüm bu kayaçlar üzerine uyumsuzlukla yerleşen Neojen; Neojen Alt Birimleri (Neojen Alt-1, Neojen Alt-2) ve Neojen Üst Birimleri (Neojen Üst-1, Neojen Üst-2, Neojen Üst-3 ve Neojen Üst-4) olarak 6 farklı litolojik birime ayrılmıştır (Koçak 1989). İstifin en üstünde, Pliyo-Kuvaterner ve Kuvaterner oluşukları uyumsuz olarak yer alır. Stratigrafik dizilimde volkanitler, boratlı Üst Neojen'de andezit ve riyolit bileşimli lavlar ve daha üst kesimlerde tuf ve aglomera şeklinde görülür. Neojen Alt ve Üst Birimleri Şekil 4.4'de görüldüğü gibi kendi aralarında birçok alt birime ayrılmıştır. Bu istif tabanda konglomera ve kumtaşı ile başlar, linyit seviyeleri

içeren kil, marn, kireçtaşı, tuf ve aglomera ile devam eder. Daha sonra ortamın tektonik duraylılık kazandığı dönemde; marn, kireçtaşı, tuf ve borat çökelimleri (NÜ2b) gerçekleşmiştir. Bu dönemde volkanik faaliyetler artmış, tortullarla birlikte çökelen tuf ve aglomeraların yanısıra andezit ve riyolitler oluşmuştur. İstif daha sonra gevşek çimentolu konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması ile tamamlanmış, bunların da üzerine uyumsuz olarak PliyoKuvaterner yaşlı kırmızımsı pekişmemiş iri çakıl, kil ve molozlar gelmiştir. En üstte ise çeşitli Kuvaterner oluşukları yine uyumsuz olarak yer almaktadır (Koçak 1989).

Araştırmanın konusunu oluşturan boratlı seviyeler genel olarak kil-tuf-marn ardalanmasından oluşur. Bu ardalanmaya detritikler ve karbonatlar, ayrıca volkanitler eşlik eder. Kalınlığı 50 m olan boratlı zonun mineralojik incelemesini Helvacı (1992) yapmıştır. Helvacı (1992)'a göre çeşitli kalınlıktaki borat seviyelerinin alt kesimlerinde nodüler ve masif kolemanit, orta kesimlerinde üleksit, probertit, hidroborasit ve üst kesimlerinde ise lifsel kolemanit zenginleşmeleri bulunmaktadır (Şekil 4.5). Yatağın yayılım şekli düzenli olmayıp, doğrultu boyunca (genişliği) 450-850 m arasında, eğim boyunca (uzunluğu) ise 300-1000 m arasında kalınlığı ise 30-50 m arasında değişmektedir (Koçak 1989). Kestelek borat yatağı, hafif ondülasyonlu bir yapıda olmasına rağmen, genel konumu yaklaşık olarak K45B/15°GB'dır. Kestelek borat yatağında bor cevherleri çeşitli kalınlıkta seviyeler halinde laminalı kiltası, kireçtaşı, tuf ardalanması içinde yer almaktadır. Genelde gri renkli olan bu birimler, az çok kıvrımlanmışlardır.

Borat seviyelerinin kalınlıkları cm boyutundan 10 m'ye kadar değişmekte olup toplam kalınlığı ise, şekil 4.5'de görüldüğü gibi 50 m'ye ulaşmaktadır. Cevher çökelimleri tabaka, mercek ve yumru şekillidir. İnce tabaka ve merceklerin kiltası ile çok sık ardalandığı cevherleşmeler killi cevher olarak tanımlanmaktadır (Koçak 1989, Helvacı 1990). Oluşuma bir miktar karbonatlı cevher de eşlik etmektedir. Cevherleşmenin killi, karbonatlı ya da yumrulu tipin bolluğu ve tabaka kalınlıklarındaki farklılıklar derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Yatakta yer alan cevher seviyeleri, birbirlerine göre olan konumları ve yapı özellikleri göz önüne alınarak önceki çalışmalarda (Özpeker 1969,

Yalçinkaya ve Afşar 1980, Anonim 1982, Helvacı 1983, Bayraktar 1985, Anonim 1985, Koçak 1989) Taban, Orta ve Tavan cevheri olarak üç grupta incelenmiştir (Şekil 4.6). Gruplar değişik sayıda cevher seviyeleri içermekte olup, genel olarak ikişer cevher seviyesinden oluşmaktadır. Bir cevher seviyesi (loglara göre kalınlığı bazen 5 cm'ye kadar inebilmektedir) tek tip cevherden oluşabileceği gibi, aralarında yankayaç olmaksızın üst üste dizilen birkaç tip (örneğin killi-yumrulu) cevher bandından da oluşabilmektedir.



Şekil 4.3 Kestelek borat yatağının jeoloji haritası (Helvacı 1992)

Üst Sistem	Sistem	Seri	Simge	Kalınlık (m)	Dikme kesiti	Açıklamalar	
SENOZOYİK	Kuvaterner		Al			Alüvyon	
			Ym	0-20		Yamaç Molozu	
			Tr	0-20		Taraça	
			Trv	0-20		Traverten	
	NEOJEN	PLİYOSEN	PQ	0-75		Kırmızımsı renkli pekişmemiş iri çakıl, moloz	
			NÜ 4	0-50		Pembe-bej renkli kireçtaşı	
			NÜ 3	100-500		Genel olarak detritlerden oluşmakta olup, tabanda detritik, üst seviyelerde karbonat ağırlıklı ve açık renklidir. Kireçtaşı, kil, tuf, aglomera ve volkanik kayalar araktadır.	
			ÜST MİYOSEN	NÜ 2	25-750		NÜ2b: Borat arakatlı gri renkli laminalı kil-marm-tüf den.rik ardalanması.
						NÜ2: Sarımsı bej renkli olup, genel olarak kil-marm-tüf-kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Andezit, riyolit ve zeolitli tuf içerir.	
						NÜ2ki: Marm-killi kireçtaşı	
						Kömür	
		NÜ 1				125	Kırmızımsı renkli konglomera, kumtaşı, kil
		NA2				50-125	Bej renkli marm-killi kireçtaşı Kömür
		ORTA MİYOSEN	NA1	100	Kırmızımsı renkli konglomera, kumtaşı, kil		
MİYÖSEN ÖNCESİ					Serpantin+radyolerit+dişilbaz+gahna Kristalize kireçtaşı Kireçtaşı bloklu metagrovak+metakumtaşı Metamorfik Şist		
		Temel kayalar					

Şekil 4.4 Kestelek borat yatağı stratigrafik kolon kesiti

Neojen Alt (NA1 ve NA2) ve Neojen Üst (NÜ1, NÜ2, NÜ3, NÜ4) şeklinde Neojen 6 farklı litolojik birime ayrılmıştır (Koçak 1989).

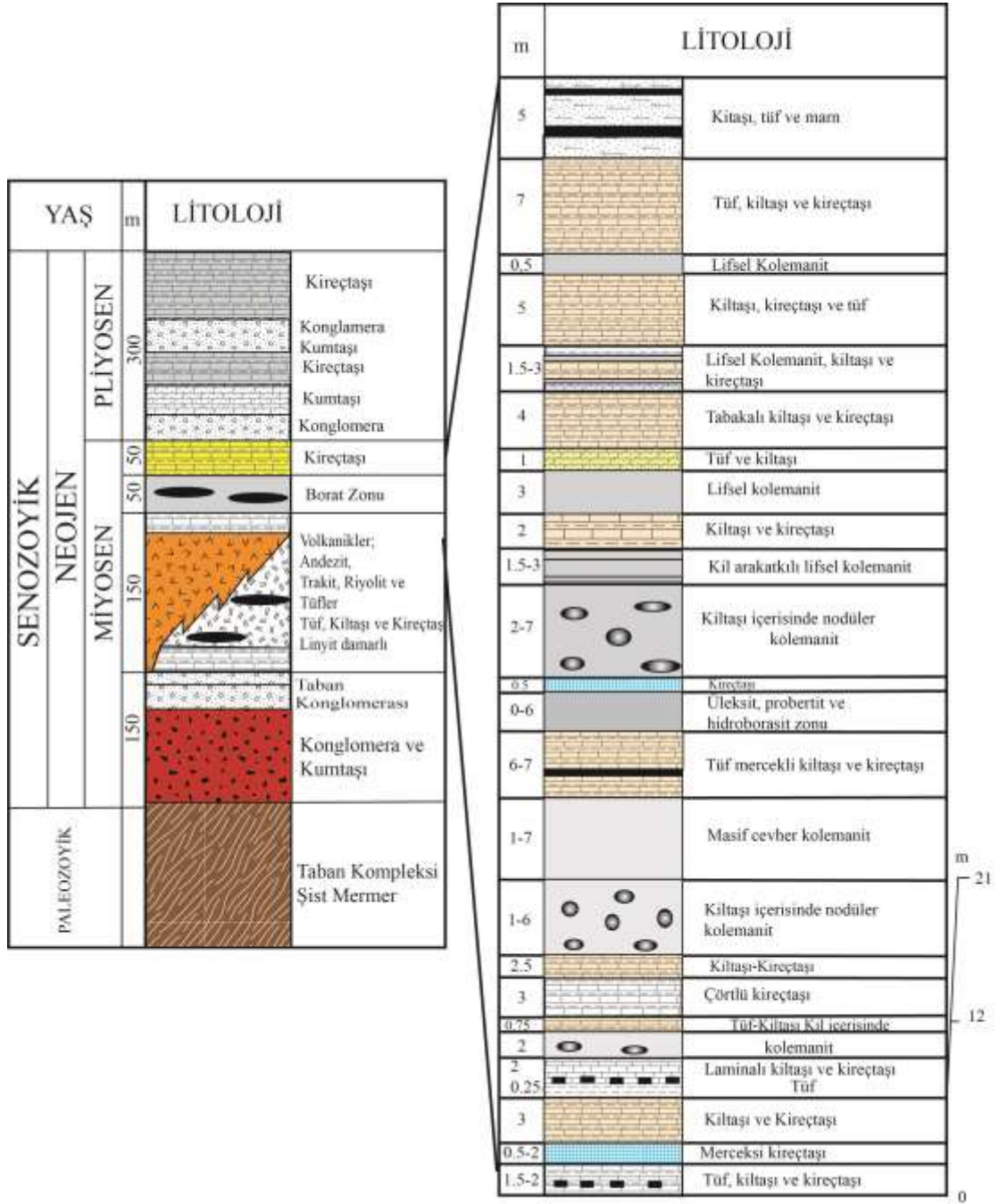
Taban cevheri en dar ve en düzensiz yayılıma sahip cevher grubudur. Bu zon, killi ve yumrulu cevherden oluşmaktadır. Ayrıca saf kristaller halinde bor cevherlerine de (saf kolemanit cevheri) rastlanmaktadır. Taban cevheri genel olarak iki seviyeden

oluşmakta, bazen seviye sayısı beşe kadar çıkabilmektedir. Etibank'ın yapmış olduğu toplam derinliği 90 m olan SK-78 (Ö.S-1) sondajında kesilen beş seviyenin kalınlıkları 1.20-2.5 m arasında değişmektedir. Taban cevherinin birinci seviyesi ortalama 1.5 m, ikinci seviyesi de ortalama 2.5 m kalınlığındadır. İkinci seviye, toplam derinliği 253 m olan SK-76 (Ö.S-6) sondajında izlendiği gibi yaklaşık olarak 16 m kalınlığında olup, alttan üste doğru 6 m killi cevher, 9 m saf kristal halde cevher ve 1 m killi cevherden oluşmaktadır (Şekil 4.6). Yatakta sondajlarda kesilen en kalın masif cevher buradadır.

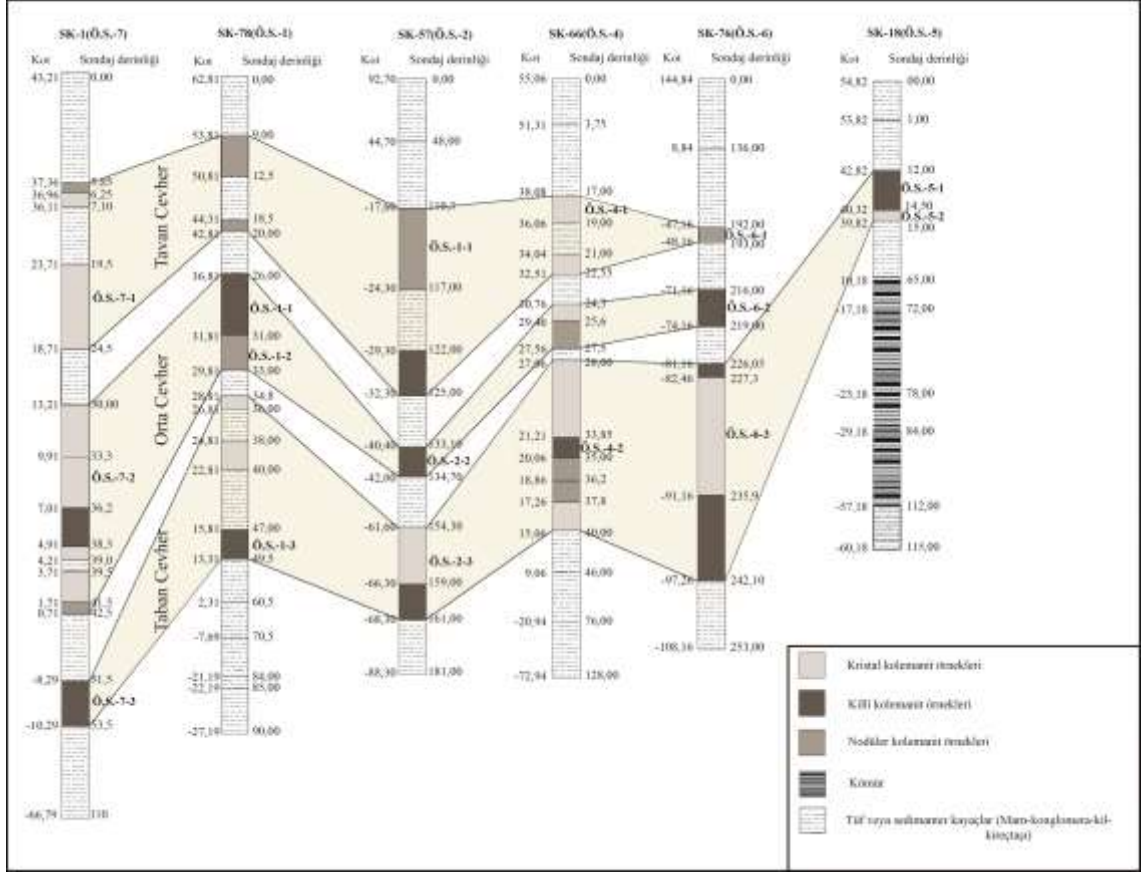
Borat zonunda derinliğe bağlı olarak yayılım en fazla orta cevher zonunda olup, diğer gruptakilere oranla daha kalın olan iki seviyeden oluşur. Bu zondaki cevherleşmeler de taban zonundaki cevherlere benzer bileşimsel (killi ve karbonatlı) ve dokusal özellikler göstermektedir. Birinci seviye ortalama 2.5 m, ikinci seviye ise ortalama 3 m kalınlığındadır.

En kalın seviye, toplam derinliği 110 m olan SK-1 (Ö.S- 7) sondajında kesilmiş olup, 8.5 m kalınlığındaki saf kristal-killi-yumrulu-az killi cevher istiflenmesinden oluşmaktadır (Şekil 4.6). Orta cevherin birinci ve ikinci seviyelerinde yer alan farklı tipteki cevher bantlarının her birinin ortalama kalınlıkları 2 m civarındadır.

Tavan cevher zonu ise, taban cevherinden daha geniş, orta cevherden daha dar bir yayılıma sahip olup, çoğunlukla yumrulu cevherden oluşur. Seviye sayısı en fazla üçe kadar çıkmakta olup, genel olarak iki seviyeden oluşur. Bu seviyelerin ortalama kalınlıkları yaklaşık olarak 2 m civarındadır. En kalın seviye, toplam derinliği 181 m olan SK-57 (Ö.S-2) sondajında kesilmiş olup, 6.7 m kalınlığında yumrulu cevherden oluşmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.5 Kestelek borat yatağı stratigrafik kolon kesiti (Helvacı 1992)



Şekil 4.6 Kestelek sondaj loglarında tavan, orta ve taban cevher zonlarının korelasyonu ve bu zonlarda cevher kesen seviyeler

4.3 Kırka Borat Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi

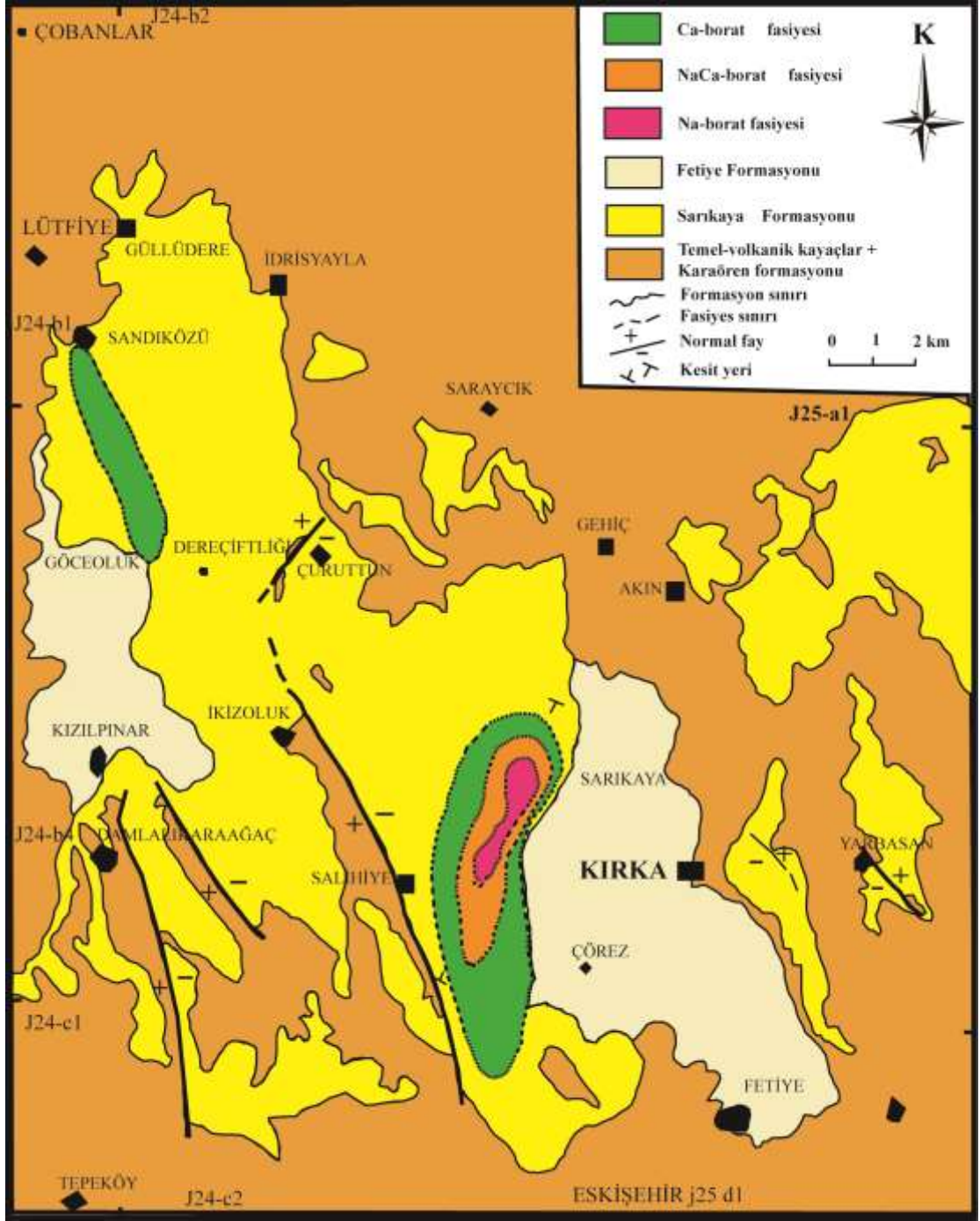
Kırka borat yatağı ve yakın çevresini de kapsayan birçok çalışma bulunmaktadır (Özpeker 1969, Arda 1969, Baysal 1972, Baysal 1973, Baysal 1974, Özpeker ve İnan 1978, Sunder 1980, Helvacı 1983, Yalçın 1988, Yalçın ve Baysal 1991, Palmer ve Helvacı 1997, Floyd vd. 1997, Helvacı ve Orti 1998, Helvacı ve Alonso 2000, Helvacı 2001, Helvacı 2003, Helvacı vd. 2004, Helvacı 2004, Helvacı ve Orti 2004, Zorlu 2006). Çalışmaların tamamında bor çökelinin Neojen birimleri içerisinde olduğu bildirilmiştir.

Bu bölümde borat yatağı ve çevresinin jeolojisi Yalçın (1988) ve Yalçın ve Baysal (1991)'in çalışmalarından yararlanılarak özetlenmiştir. Kırka baseni ve yakın çevresinde, Miyosen öncesi temel kayalar (metamorfik, ofiyolit ve karbonatlar) ile

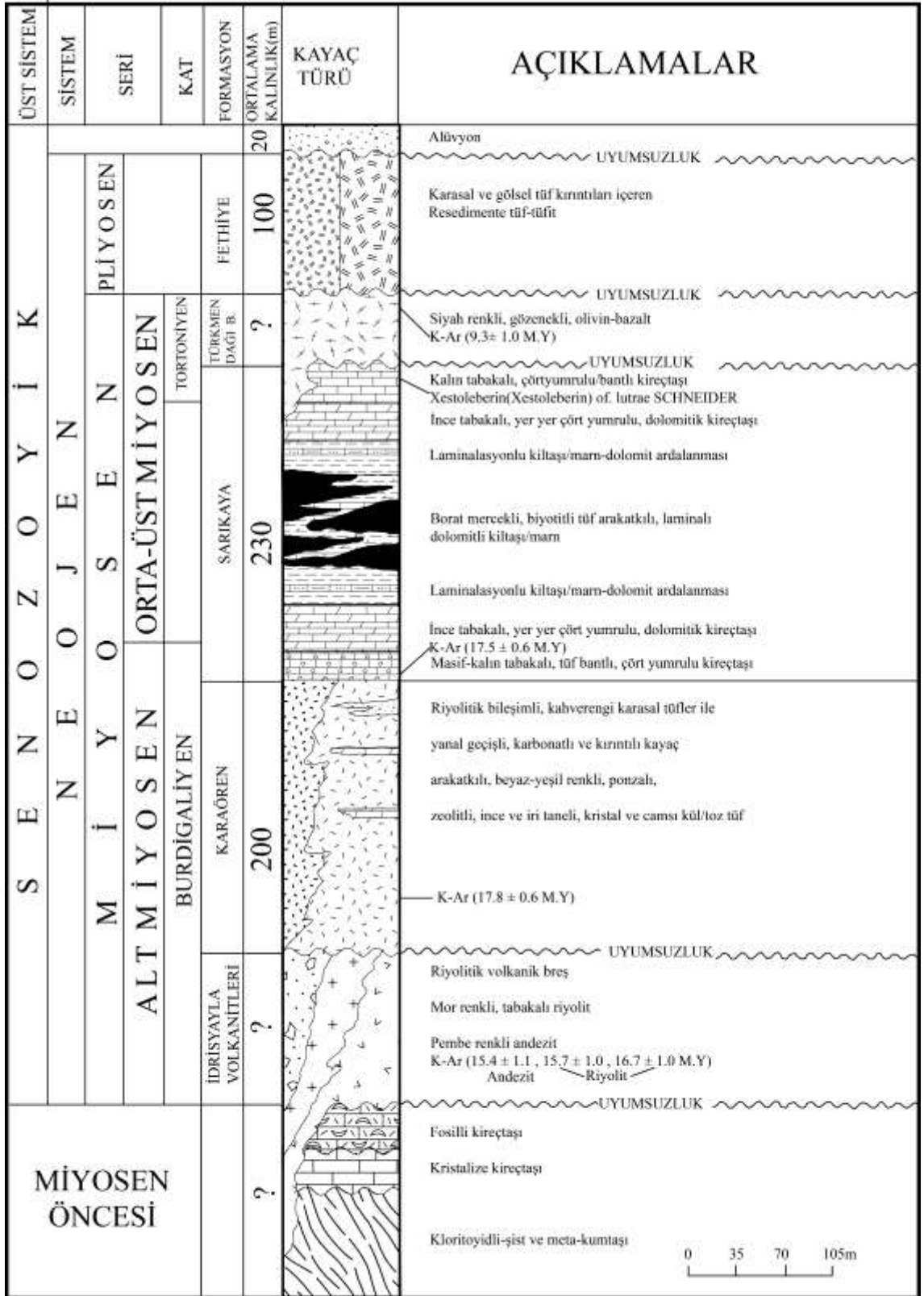
Neojen yaşı volkanik ve sedimanter birimlerin yer aldığı belirtilmiştir (Yalçın ve Baysal 1991).

Neojen birimleri, İdrisyayla volkanitleri (andezit, riyolit ve volkanik breş), Karaören formasyonu (zeolitli tüfler), Sarıkaya formasyonu, Türkmendağı bazaltı ve Fetiye formasyonu (resedimente tuf) şeklinde beş litostratigrafik birime ayrılmıştır (Şekil 4.7 ve 4.8). Ancak daha önceki İnan (1972) ve Sunder (1980)'in çalışmalarında ve güncel bir çalışma olan Helvacı ve Orti (2004)'nin çalışmasında ise istif yedi litostratigrafik birime ayrılmıştır.

Bor yatağının yer aldığı Orta-Üst Miyosen yaşı Sarıkaya formasyonu 150-300 m arasında değişen kalınlığa sahiptir. Birim, 20-50 m kalınlığında, yer yer santimetrik kiltası ve tuf bantları içeren, masif-kalın tabakalı ve travertene benzer lifsi yapıdaki kireçtaşları ile başlayıp, 10-40 m kalınlığa sahip ince tabakalı dolomitik kireçtaşları ile devam etmektedir. Dolomitik kireçtaşlarının üzerine gelen lamine kiltası/marn-dolomit ardalanmasının kalınlığı 5-40 m arasında değişmektedir. Bozunmuş lifsi yapıda pomza parçaları içeren santimetrik tuf arakatlı, killi karbonatlı borat zonunun kalınlığı ise 20-160 m arasındadır. Bu zonun üstündeki laminasyonlu kiltası/marn dolomit ardalanmasının kalınlığı 5-40 m arasında değişim göstermektedir. Özellikle bu seviyede atımları milimetre-metre arasında değişen yüzlerce sinsedimanter normal faylar, tabakalar arası kıvrım ve kırışıklıklar veya kayma yapıları ile yük-çökme yapıları bulunmaktadır. Formasyonun üst kesimini 10-40 m kalınlıktaki dolomitik kireçtaşları ve 20-50 m kalınlığa sahip bol çört yumrulu/bantlı, yer yer lifsi yapıdaki kireçtaşları oluşturmaktadır.



Şekil 4.7 Kirka borat yatağı ve çevresine ait jeoloji haritası (Yalçın ve Baysal 1991)



Şekil 4.8 Kırka borat yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş kolon kesiti (Yalçın, 1988)

4.4 Emet Borat Yatağı ve evresinin Jeolojisi

Emet borat yatağı diğer Batı Anadolu bor yatakları gibi, Tersiyer başında tđm Batı Anadolu'yu etkileyen bđyđme fayları ve grabenleşme ile volkanik ve sismik yđnden aktif sahalarda gelişmiş dağ arası kapalı havzalardaki ayrıık veya birbirleriyle bağlantılı olabilen playa gđllerinde oluşmuştur (Helvacı 2004). Bđlgeyi ve yakın çevresini kapsayan birçok çalışma bulunmaktadır (Kalafatçıoğlu 1964, zpeker 1969, Helvacı 1977, Gđn vd. 1979, Akdeniz ve Konak 1979, Yalçın 1984, Dđndar vd.1986, Yılmaz 1997, Helvacı 2004, zkul 2008).

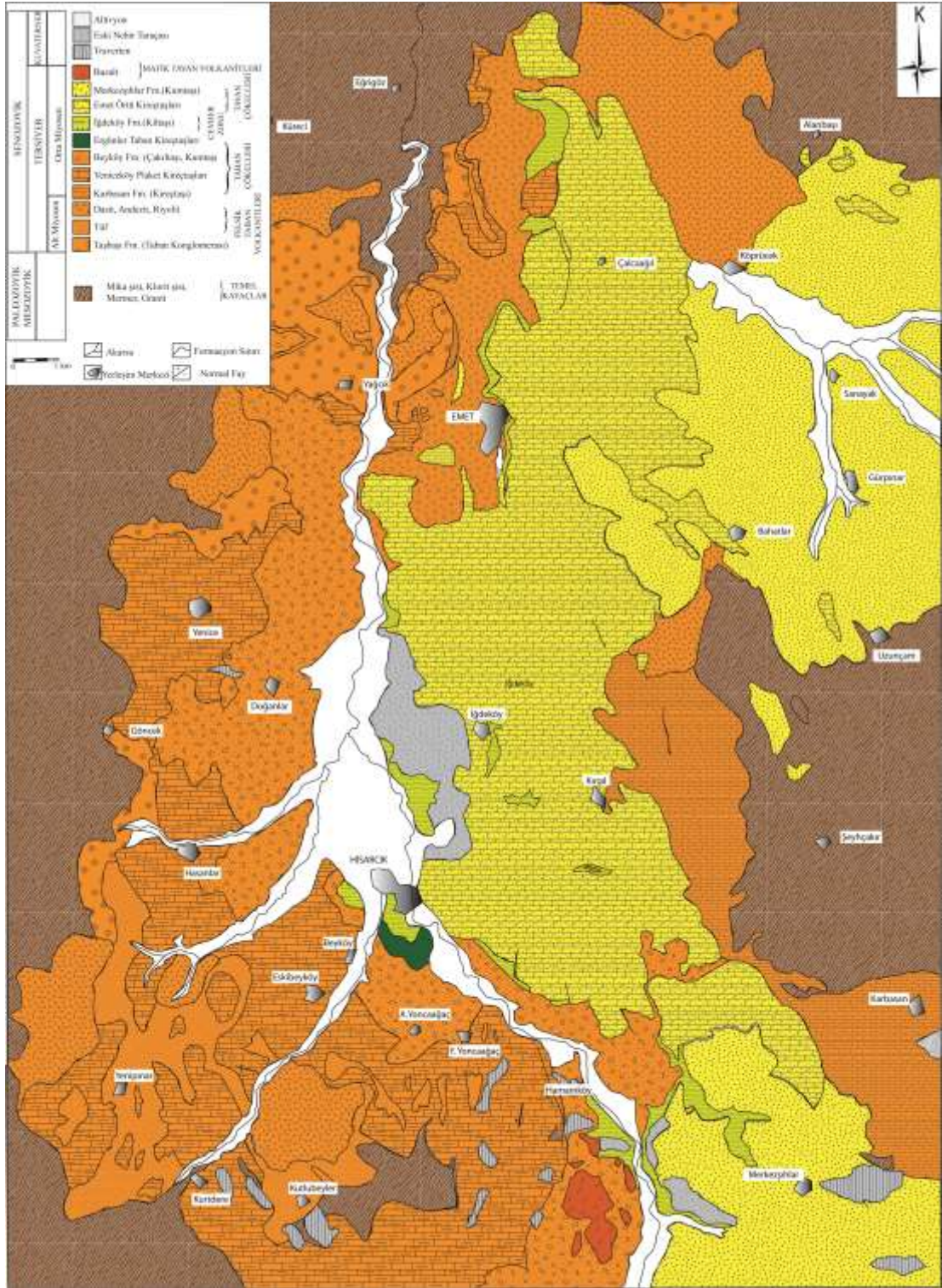
Bu çalışmada borat yatağı ve çevresinin jeolojisi zkul (2008)'un çalışmasından yararlanılarak özetlenmiştir. Emet baseni ve yakın çevresinde, Miyosen ncesi temel kayaçlar (mermer, şist, dolomitik kireçtaşları ve granitoyitler), Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter birimler, Kuvaterner yaşlı traverten, eski nehir taraçaları ve alđvyonlar yer almaktadır (zkul 2008). Neojen birimleri, Taşbaşı formasyonu, Kprđcek felsik taban volkanitleri, Karbasan formasyonu, Yeniceköy plaket kireçtaşları, Beyköy formasyonu, Ergđnler taban kireçtaşları, İğdeköy formasyonu, Emet rtđ kireçtaşları, Merkezşihlar formasyonu ve Dereköy mafik tavan volkanitlerinden oluşmaktadır (şekil 4.9 -4.10).

Bor seviyelerini içeren İğdeköy formasyonu, Ergđnler taban kireçtaşı formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Birim, Emet formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenir. Yeşil renkli yarı pekişmiş kiltarı ve siltaşının egemen olduğu istif, içerisinde az oranda tđf ve ince kireçtaşı-marn ara tabakalarının bulunduğu, evaporitik gđsel okelimi yansıtan birim olarak tanımlanmaktadır. Birim, İğdeköy'đn doğusu, Hisarcık'm KD'su, Hamamköy'đn doğusu, Merkezşeyhler ve civarı ile Killik mevkiinde dar bir alanda mostra vermektedir.

Yeşil–gri renkli killer içerisindeki borat seviyeleri, kirli beyaz, gri renkli ve tabakalı marnlardan oluşan istif alt ve üstündeki birimlerle uyumludur. Birimin kalınlığını, zpeker (1977), 30–60 m; Helvacı (1977), 0–100 m; Akdeniz ve Konak (1979), 60–80 m; Yalçın (1984), 34–75 m ve Dđndar vd. (1986) ise 50–450 m olarak

belirtmektedirler.

Kiltaşı ve silttaşının hakim olduğu istif ile temsil edilen birim içerisinde ayrıca tuf, kireçtaşı, marn seviyeleri ile bor tuzu mercekleri de mevcuttur. Birim taban kireçtaşlarının üzerine kiltaşı, marn ve ince tabakalı kireçtaşı seviyeleri ile uyumlu olarak gelir. İstif üste doğru bor tuzu merceklerini de ihtiva eden yeşilimsi tuf ara katkılı killi seviyelere geçer. Killi seviyelerde gözlenen yeşilimsi renk, tabandan tavana doğru koyu yeşil ve koyu gri renklere doğru değişim gösterir. Genel olarak yağimsı ve cilalı parlak bir görünüm sunan killerin, Dündar vd. (1986) tarafından yapılan çalışmada montmorillonit türünde olduğu ve seramik hammaddesi açısından yeterli öneme sahip olmadığı tespit edilmiştir. Helvacı (1977) aynı killerin montmorillonit ve illit türünde olduğunu belirtmiştir. Killer genellikle kolemanit yumrularının etrafını bir film halinde sarmaktadır. Kolemanit yumrularının çapı 5–60 cm boyutlarına ulaşabilmekte ve ışınal bir görünüm sunmaktadır. Arsenikçe zengin olduğu bilinen kiltaşı ise, birkaç düzeyde 5–10 cm çapında realgar ve orpiment mineralleri bulundurulur. Dündar vd. (1986), örnekleme yaptıkları bu seviyelerde % 10-46 civarında arsenik, % 3-20 civarında kükürt içeriği saptamıştır. İstifin üst kısımlarda ise hakim olarak marnlı seviyeler mevcuttur. Marnlar tabandan tavana yeşilden kirli beyaz ve griye doğru renk farklılığı gösterir. Ayrıca toprağimsı yapıda, turbalı ve kolemanit yumruludur. Hem kil, hem de marn seviyeleri organik maddece zengindir.



Şekil 4.9 Emet borat yatağı ve çevresinin jeolojik haritası (Özkul 2008)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	DEVİR	FORMASYON	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR				
SENOZOYİK	Kuvaterner		Alüvyon	10		Kum, kil.				
			Eski nehir taraçası	15		Çakıl, kum ve kil.				
			Traverten	60		Açık renkli, traverten.				
	Neojen	Neojen	Orta Miyosen	Dereköy mafik tavan volkanikleri	50		Bazalt.			
				Merkezöbür formasyonu	80		Pembe renkte kmt,çıkt ve marn.			
				Emet örtü kireçtaşları	100		Beyaz, bej renkli çt.			
				İğdeköy formasyonu	450		Yeşil renkli kil, marn, kolemanit ve üleksit			
				Ergünler taban kireçtaşları	50		Gri, Kahve ve kirli renklerde çt.			
				Beyköy formasyonu	?		Kumtaşı,kiltaşı ve kömür			
				Yenicökü plaket kireçtaşları	120		Laminallı çt, killi çt,marn ve kömür			
				Karboan formasyonu	500		Krem, pembe renkli çt ve marn			
				Kaputecek felak taban volkanikleri	?		Diskordans Dasit, andezit ve riyolit			
				Tuf	150		Açık bej tuf ve tüfitler.			
				Tişbaşı formasyonu	100		Kırmızı, kahve ve renkli çt ve kmt.			
				Paleojen		Alt Miyosen		?		Diskordans Granit ve granadiyorit
								?		Diskordans Açık gri, bej dolomitik çt.
								?		Diskordans Kirlili beyaz, bej Klorit, muskovit albit şist ve mermer.
				MESOZOYİK			Temel Kayaçlar	?		
PALEOZOYİK				?						

ÖLÇEKSİZ

Şekil 4.10 Emet borat yatağı stratigrafik kolon kesiti (Özkul 2008)

5. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Batı Anadolu borat yataklarından derlenen sondaj ve yüzey örnekleri kullanılmıştır. Sondajlarla düşeydeki değişim, yüzey örneği temin edilen yataklarda ise düşey değişim yanında yanal değişimin ortaya konması amaçlanmıştır.

Bigadiç yatağına ait örnekler Etibank Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü'nün yapmış olduğu sondajlardan ve yüzeyden derlenmiştir. TS2 (Etimaden TS13 sondajı) Acep örnekleri; AS2 (Etimaden ARZ 128 sondajı) Simav örnekleri SS2 (Etimaden AS58 sondajı) sondajlarından alınmıştır. Buna göre üst borat zonunu temsil eden Simav ocağından 8 adet, Acep ocağından 12 adet ve alt borat zonunu temsil eden Tülü ocağından 22 adet olmak üzere toplam 42 adet örnek üzerinde mineralojik ve jeokimyasal incelemeler yapılmıştır.

Kırka borat yatağını temsil eden borat örnekleri Etibank Kırka Bor İşletme Müdürlüğü'nün yaptığı sondajlardan ve açık ocak yüzeyinden temin edilmiştir. KS1 ve KS2 sondajları Kırka Bor İşletme Müdürlüğü'nden alınan sırasıyla BMK 2003/14 ve BMK 2002/27 nolu sondajlardır. KS1 sondajı 85.80-157.40 m'ler arasında cevher kesmiş, örnekleme 90-145.8 m'ler arasında yapılmıştır. KS2 sondajı ise 162.5-323 m'ler arasında cevher kesmiş, örnekleme ise 163.1-312 m'ler arasında yapılmıştır. KY kodlu yüzey örnekleri açık ocak işletmesinin orta ve tabanından başlayarak yukarı ve dışa doğru D yönünde alınmıştır. Buna göre KS1 sondajından 8 adet, KS2 sondajından 13 adet ve yüzeyden 26 adet olmak üzere toplam 47 adet örnek üzerinde jeokimyasal incelemeler yapılmıştır.

Emet borat yatağını temsil eden borat örnekleri Etibank Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nün yapmış olduğu sondajlardan ve açık ocak yüzeyinden elde edilmiştir. Espey ocağı için ES1 ve ES2 sondajları, Kırka Bor İşletme Müdürlüğü'nden alınan sırasıyla 92-13 ve 99-2 nolu sondajlardır. ES1 sondajı 31.40- 81.50 m'ler arasında cevher kesmiş, örnekleme 33.00-75.50 m'ler arasında yapılmıştır. ES2 sondajı ise 104.8- 136.9 m'ler arasında cevher kesmiş, örnekleme ise 104.8-135.45 m'ler arasında

yapılmıştır. EY kodlu yüzey örnekleri açık ocak işletmesinin tabanından başlayarak yukarı ve dışa doğru KD yönünde alınmıştır. Buna göre ES1 sondajından 9 adet, ES2 sondajından 11 adet ve yüzeyden 10 adet olmak üzere toplam 30 adet örnek üzerinde jeokimyasal incelemeler yapılmıştır. Hisarcık ocağı için HS1 ve HS2 sondajları Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden alınan sırasıyla 79-13 ve 79-21 nolu sondajlardır. HS1 sondajı 87-105 m'ler arasında cevher kesmiş, örnekleme 89-99 m'ler arasında yapılmıştır. HS2 sondajı ise 95.50- 117.8 m'ler arasında cevher kesmiş, örnekleme ise 99.5-112 m'ler arasında yapılmıştır. HY kodlu yüzey örnekleri açık ocak işletmesinin tabanından başlayarak yukarı ve dışa doğru K yönünde alınmıştır. Buna göre HS1 sondajından 7 adet, HS2 sondajından 9 adet ve yüzeyden 14 adet olmak üzere toplam 30 adet örnek üzerinde jeokimyasal incelemeler yapılmıştır.

Kestelek borat yatağını temsil eden borat örneklerini borat yatağının tavan, orta ve taban cevher zonu olarak belirtilen 3 cevher zonunun farklı kodlarından derlenen bor cevheri örnekleri ile yine bu zonlara ait farklı derinliklerdeki sondaj örnekleri oluşturmaktadır. Etibank Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü'nün yapmış olduğu sondajlardan ve açık ocak yüzeyinden temin edilmiştir. Ö.S-1, Ö.S-2, Ö.S-4, Ö.S-5, Ö.S-6 ve Ö.S- 7 sondajları Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü'nden alınan sırasıyla SK-78, SK-57, SK-66, SK-18, SK-76 ve SK-1 nolu sondajlarıdır. 3 cevher zonunun farklı kodlarından örnekler alınarak toplam 22 adet bor cevheri örneği üzerinde jeokimyasal incelemeler yapılmıştır. Böylece Kestelek, Bigadiç, Emet ve Kırka yataklarından derlenen toplam 171 adet örnek üzerinde çalışılmıştır.

Örneklerden çok sayıda ince kesit yapılarak polarizan mikroskopta incelenmiştir. Buna ilave olarak mineralojik incelemeleri desteklemek amacı ile X-ışını difraktometresi (XRD) ve Konfakol Raman yönteminden de yararlanılmıştır. XRD incelemeleri TPAO Laboratuvarlarında Rigaku D marka Max 2200 Ultima/Pc cihazında yapılmıştır. Raman yöntemi ise A.Ü Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrografi Araştırma ve Uygulama Labratuarı'nda Olympus BX41 model Konfakol Raman Spektrometre cihazında gerçekleştirilmiştir.

Bor minerallerinin içerdiği killerin belirlenmesi amacıyla X-ışını difraktometresi (XRD) yönteminden yararlanılmıştır. Bunun için örnekler TPAO laboratuvarlarında önce 0,062 mm'lik elekten geçirilmiştir. Öğütülmüş kısımdan tüm kaya toz paketleri hazırlanmıştır. Mekanik ve kimyasal yöntemlerle elde edilen killerden de oluklu camlar üzerine sıvamayla yönlendirilmiş kil paketleri hazırlanmıştır. Tüm kaya ve kil paketleri normal, etilen glikollü ve fırınlama koşullarında ayrı ayrı analiz edilmiş ve elde edilen X-ışını difraktogramları birlikte değerlendirilmiştir. XRD-tümkaya (borat mineralleri) ve XRD-kil analizleri Rigaku D/Max-2200 Ultima+/PC marka cihaz kullanılarak ve Cu-tüpü, 40 Kv, 20mA, 1,54059Å⁰ (CuKα₁) dalga boyu ve 2°/dk tarama hızı aletsel koşullarda elde edilmiştir. Elde edilen XRD difraktometreye bağlı PC'de Jade-7.0 programında ve ICDD (International Centre for Diffraction Data)'nın ICSD (Inorganic Crystal Structure Database)'ine göre değerlendirilmiştir. Bunun için, analiz sonucunda cihaz çıktısı olarak elde edilen difraktogramlardaki XRD desenleri difraktometreye bağlı PC'de Jade-7.0 "software"inde profil tabanlı (profile-based) eşleştirmeler ve "Easy Quant" programındaki referans şiddet oranları RIR'lar (reference intensity ratios) dikkate alınmıştır.

Jeokimyasal incelemeler için hazırlanan örneklerin analizleri ACME (Kanada) ve B₂O₃ analizi Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Laboratuvarı'nda yapılmıştır. ACMELABS (Acme Analytical Laboratories) (Kanada)'da da katalogda 4A grubu olarak adlandırılan ana oksit element grubu Inductively Coupled Plasma- Emission Spectrometry (ICP-ES) ve yine kataloglarında 4B grubu olarak adlandırılan toplam eser elementler ve nadir toprak elementleri Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) yöntemleriyle analiz edilmiştir. Ayrıca 4A+4B içerisinde yer almayan Li elementi Bigadiç ve Kestelek yatakları için ayrı olarak 1F paketi içerisinde Inductively Coupled Plasma- Emission Spectrometry (ICP-ES) yöntemi ile Kırka ve Emet yataklarında ise 1EX olarak tanımlanan paket içerisinde Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) yöntemi ile yaptırılmıştır.

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Laboratuvarı'nda ise B₂O₃ analizi yaptırılmıştır. Bu analiz için numune toz haline getirildikten sonra 0,5 gram numune ısıtılarak çözülür. 0,5 N NaOH ile fenolftaleyn indikatörü ile titre edilmiştir. %B₂O₃ miktarı aşağıdaki formülle bulunmuştur.

$$\%B_2O_3 = \frac{0.017405 \times F_{NaOH} \times V_{NaOH}}{T} \times 100$$

F_{NaOH} = NaOH'in faktörü V_{NaOH} = 0,5 N NaOH sarfiyatı

T = Numune miktarı

0,017405 = 1 mol NaOH'e karşılık gelen B₂O₃ miktarı.

6. BATI ANADOLU BORAT CEVHERLEŞMELERİNİN MİNERALOGİSİ

Bigadiç, Kestelek, Kırka ve Emet borat yataklarından alınan farklı derinlik ve tipteki bor cevheri örneklerinin mineralojisinin saptanmasında mikroskop, XRD incelemeleri ve Raman yöntemi kullanılmıştır. Raman yöntemi, incelenen örnek üzerinde nokta analizi yaparak, örneğin mineralojik bileşiminin saptanmasını sağlamaktadır. XRD yöntemi ise Raman ve mikroskop incelemelerinde tespit edilemeyen minerallerin tam olarak saptanması ve kil türlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

6.1 Bigadiç Borat Yatağı Mineralojisi

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi Bigadiç yataklarında alt ve üst borat zonlarına ait cevherleşmeler benzer litolojiler içerisinde ardışıklı olarak yer almaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi (Özpeker 1969, Özpeker ve İnan 1978, Yılmaz vd. 1982, Helvacı 1983, Baysal vd. 1985, Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995, Floyd vd. 1997, Helvacı 2003, Helvacı 2004), çeşitli kalınlıktaki (birkaç cm-8m) seviyelerde ve daha çok merccekler halindeki oluşumlarda kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ve üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) hâkim mineral olarak belirlenmiştir. Ayrıca üst boratlı zondan (Acep kesimi) alınan bir örnekte reedmergnerit (NaBSi_3O_8) ve searlesite ($\text{NaBSi}_2\text{O} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) rastlanmıştır. Kil minerali olarak montmorillonite ve illit tespit edilmiştir. Parajenezde çok az da olsa alt boratlı zonda havlit, probertit ve hidroborasit; üst boratlı zonda meyerhofferit, pandemit, probertit, tunelit, hidroborasit ve inyoit minerallerinin varlığına işaret edilmiş (Özpeker 1969, Özpeker ve İnan 1978, Yılmaz vd. 1982, Helvacı 1983, Baysal vd. 1985, Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995, Floyd vd. 1997, Helvacı 2003, Helvacı 2004) olmasına karşılık tez kapsamında incelenen sondajlara ait ve yüzeyden toplanan örneklerde bu minerallere rastlanmamıştır. Sondaj loglarında gösterilen meyerhofferit ve havlit gibi bazı minerallerin tabaka kalınlıklarının çok ince olması ve bu ince seviyelerin daha önceden örneklenmiş, ayrıca işletme sürecindeki olası kayıplar, zaten son derece sınırlı miktarda olan bu minerallerin incelemelerde görülmemesine yol açmıştır.

6.1.1 Bigadiç örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri

6.1.1.1 Alt Borat Zonu

Bigadiç borat cevherleşmesinde alt boratlı zonu temsil eden ve halen işletilmekte olan Tülü açık işletmesinde yapılan arazi gözlemlerinde 3 seviye belirlenmiştir. Bu seviyelerden en altta bulunan kolemanit cevheri yaklaşık 3.7 m kalınlıkta olup, cevher beyaz renkte olup, ışınsal bir doku göstermektedir (Şekil 6.1- 6.2).



Şekil 6.1 Beyaz ışınsal kolemanit arazi görüntüsü



Şekil 6.2 Beyaz ışınsal kolemanit el örneği

Orta seviyedeki cevher ise 1.5 m ile 3 m arasında değişen kalınlıklara sahip kolemanittir. Bu seviyede cevher beyaz renkli ve nodüler bir yapıya sahiptir (Şekil 6.3- 6.4). En üst seviyede 2 m kalınlığında kristalize kolemanit yer almaktadır. Cevher,

sarımsı beyaz renkte, kristal büyüklükleri birkaç mm'den 3-4 cm'ye kadar değişmektedir (Şekil 6.5-6.6).



Şekil 6.3 Nodüler kolemanit arazi görüntüsü



Şekil 6.4 Nodüler kolemanit el örneği



Şekil 6.5 Kristal kolemanit arazi görüntüsü



Şekil 6.6 Kristal kolemanit el örneği



Şekil 6.7 Tek nikol altında ışınal kolemanit



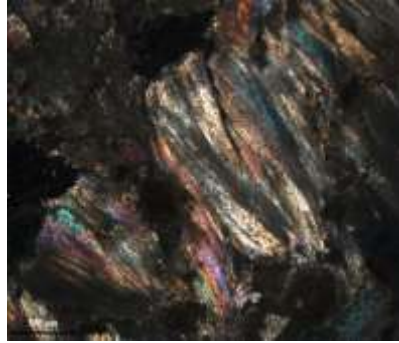
Şekil 6.8 Çift nikol altında ışınal kolemanit

İşletme alanında en alt seviyede bulunan ışınal kolemanitin mikroskop görüntüsü tek nikolde sarımsı beyaz renkte çift nikolde ise ikinci dizi ortası girişimlerini göstermektedir (Şekil 6.7-6.8).

Orta seviyede yer alan ve arazide nodüler halde bulunan kolemanit tek nikolde sarımsı beyaz renkte görülmektedir (Şekil 6.9). Şekil 6.10'da ise ikinci dizi girişim renkleriyle görülmektedir. Arazi gözlemlerinde sarımsı beyaz renkteki kristal kolemanit tek nikolde soluk sarımsı beyaz bir renk sergilemekte (Şekil 6.11) iken çift nikolde ise ikinci dizi ortası girişim renklerini göstermektedir (Şekil 6.12).



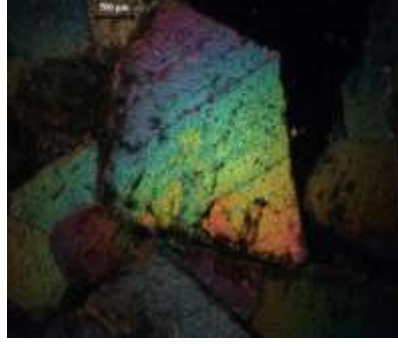
Şekil 6.9 Nodüler kolemanit tek nikol altında



Şekil 6.10 Çift nikol altında nodüler kolemanit



Şekil 6.11 Tek nikol altında kristal kolemanit



Şekil 6.12 Çift nikol kristal kolemanitin görüntüsü

6.1.1.2 Üst Borat Zonu

Üst borat zonu Simav ve Acep açık işletmeleri temsil etmektedir. Simav Ocağında ağırlıklı olarak kolemanit bulunurken, Acep ocağında üleksit yer almaktadır.

6.1.1.2.1 Simav ocağı

Simav açık ocağında bor 4 seviyede işletilmektedir. Buna rağmen yapılan iki farklı zamanlı arazi çalışmasında da üstte bulunan kolemanit seviyesinden örnek almak mümkün olmamıştır. Bu nedenle incelemeler mevcut sondajlardan alınan örnekler üzerinde yapılmıştır. Üst boratlı zona ait seviyelerde düşey ve yatay olarak kolemanit-üleksit geçişleri görülmektedir. 2–2.5 m'lik seviyedeki yatay değişim (kolemanit-üleksit) şekil 6.13'te görülmektedir. Burada kıvrımlanmadan dolayı üleksit deniz seviyesinden 43 m, kolemanit ise 52 m yükseklikte bulunmaktadır. Üleksit sarımsı beyaz renkli ve bir düzlemde büyüyen ışınal bir yapıya sahipken (Şekil 6.14). kolemanit beyaz renkte, kristal özelliği sergilemektedir (Şekil 6.15–6.16).

Bu seviyenin üstünde ve ocağın en kalın (4m) cevher oluşumu olarak gözlenen 2. seviyedeki kolemanit beyaz renkli ve kristalli bir yapı göstermektedir (Şekil 6.17-6.18).



Şekil 6.13 Işınsal üleksit minerali



Şekil 6.14 Işınsal üleksit minerali el örneği



Şekil 6.15 Kristal kolemanit minerali



Şekil 6.16 Kristal kolemanit minerali el örneği



Şekil 6.17 Beyaz renkli kristal kolemanit



Şekil 6.18 Beyaz kristal kolemanit el örneği

Üçüncü seviyede görölen bor minerali ise üleksittir. Sarımsı beyaz renkte olan üleksitin bu seviyede ışınısallığı net bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.19-6.20).



Şekil 6.19 Sarımsı beyaz renkli üleksit

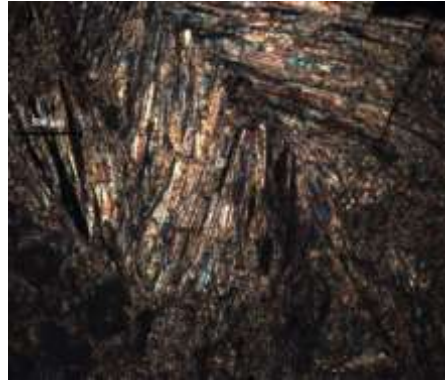


Şekil 6.20 Sarımsı beyaz üleksitin el örneği

En alt seviyedeki ışınal üleksit mikroskop altında tek nikolde içerdiği kil minerallerinden dolayı gri renkte görülmekte (Şekil 6.21), çift nikol altında ise ikinci dizi girişim renklerini göstermektedir (Şekil 6.22). Aynı seviyede yer alan beyaz renkli kristal kolemanit tek nikolde sarımsı beyaz renkli iken (Şekil 6.23) çift nikolde ikinci dizi ortası renklerini sergilemektedir (Şekil 6.24).



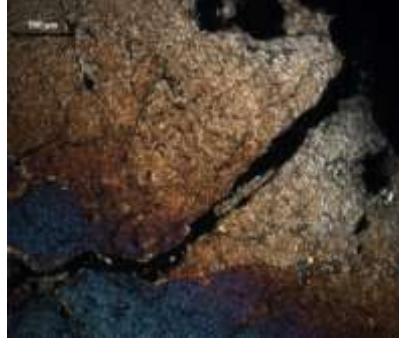
Şekil 6.21 Işınsal üleksitin tek nikol görüntüsü



Şekil 6.22 Işınsal üleksitin çift nikol görüntüsü

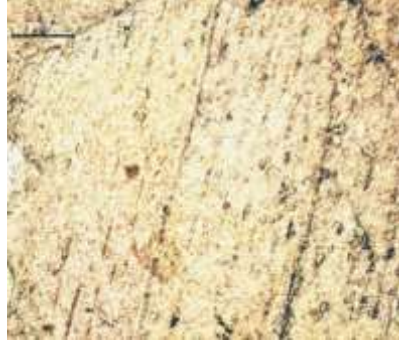


Şekil 6.23 Kristal kolemanit tek nikol

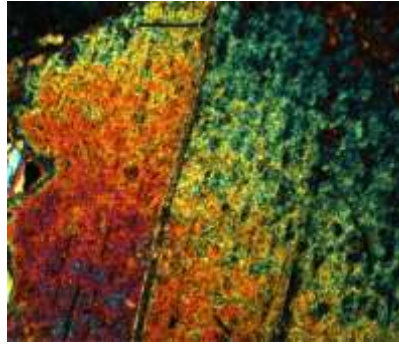


Şekil 6.24 Kristal kolemanit çift nikol

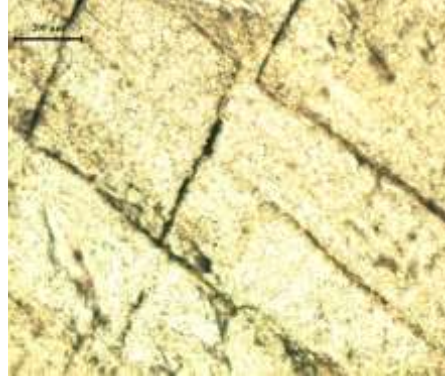
Bu seviyenin üzerinde yer alan beyaz renkli kristalli kolemanit tek nikolde sarımsı beyaz renkte görülmekte iken (Şekil 6.25) çift nikolde ikinci dizi ortası renklerini göstermektedir (Şekil 6.26). Simav yatağının en üst seviyesinde de yukarıdakilere benzer özellik sergileyen beyaz renkli kristal kolemanit bulunmaktadır (Şekil 6.27-Şekil 6.28).



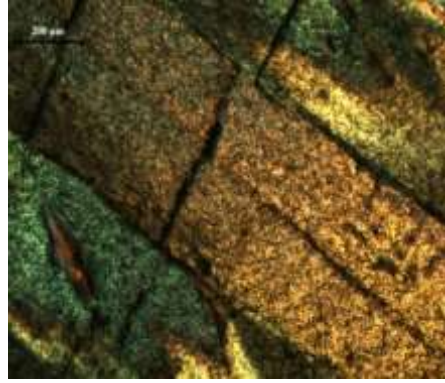
Şekil 6.25 Beyaz kristal kolemanit tek nikol



Şekil 6.26 Beyaz kristal kolemanit çift nikol



Şekil 6.27 Beyaz kristal kolemanit tek nikol



Şekil 6.28 Beyaz kristal kolemanit çift nikol

6.1.1.2.2 Acep ocağı

Acep açık ocağında hakim mineral daha öncede belirtildiği gibi üleksittir. Ocakta yaklaşık 8 m kalınlığındaki üleksit seviyesinde üretim yapılmaktadır (Şekil 6.29). Şekil 6.30'da araziden alınan el örneği görülmektedir. Üleksit esasen beyaz renkte olur, ancak burada kil içeriğinden dolayı sarımsı renk gösteren kısımlarıda görülmektedir.

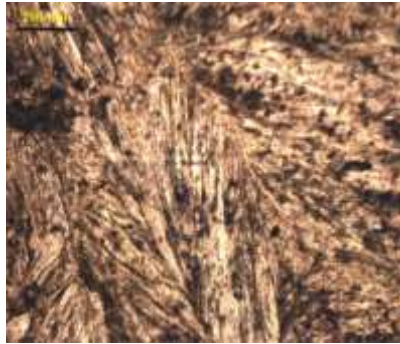


Şekil 6.29 Üleksit seviyesinin görüntüsü

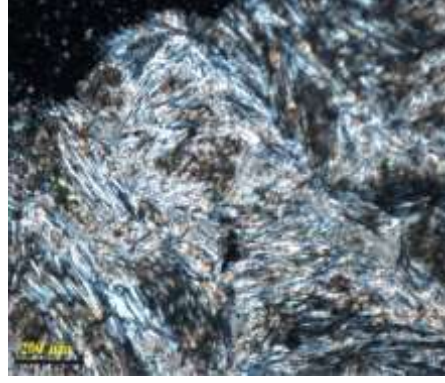


Şekil 6.30 Araziden alınan el örneğinin görüntüsü

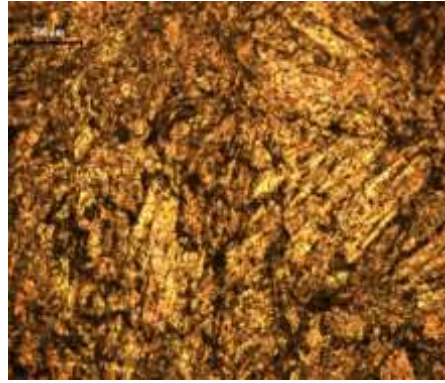
Arazide farklı iki seviyeden alınan üleksitin mikroskop görüntüleri kil içeriklerine göre değişmektedir. Kil varlığının fazla olmasından dolayı üleksit griye yakın bir renk sergilerken (Şekil 6.31), kil oranı daha az olan örneklerde (Şekil 6.32) daha beyazımsı izlenmektedir. Çift nikolde ise, kil oranı fazla olan örneklerde (Şekil 6.33) daha soluk girişim renkleri gösterirken, kil oranı az örneklerde (Şekil 6.34) daha canlı renkler sergilemektedir.



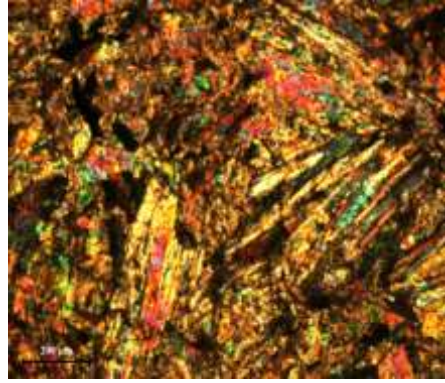
Şekil 6.31 Araziden alınan örneğin tek nikol görüntüsü



Şekil 6.32 Araziden alınan örneğin çift nikol



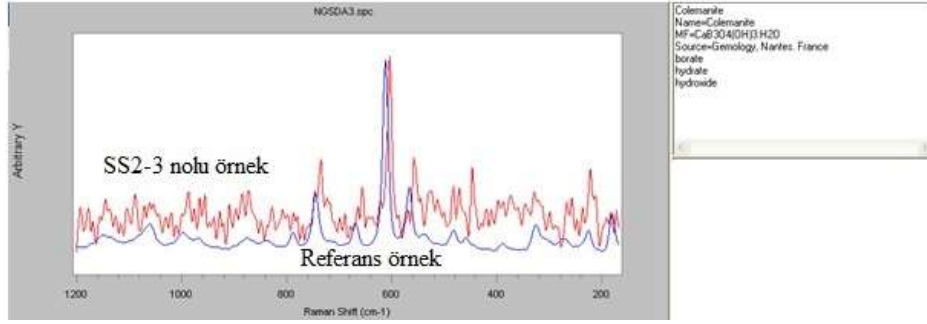
Şekil 6.33 Sondaj örneği tek nikol görüntüsü



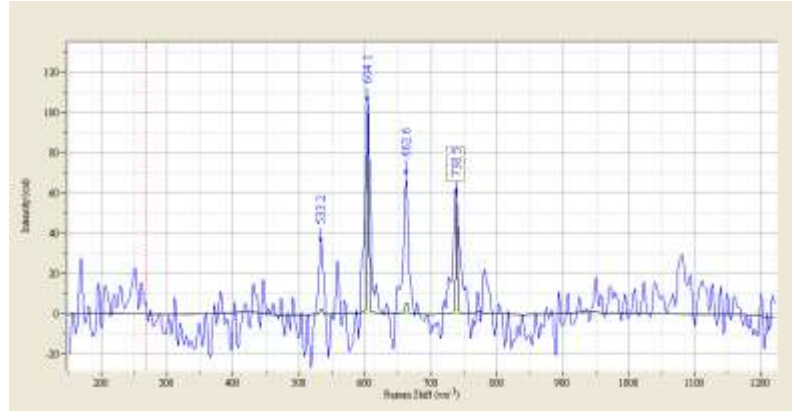
Şekil 6.34 Sondaj örneği çift nikol görüntüsü

6.1.2 Bigadiç örneklerinin Konfokal Raman Spektroskopisi incelemeleri

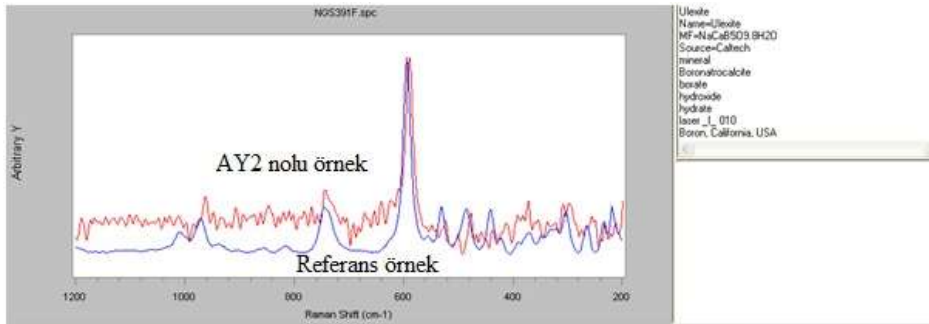
Mikroskop incelemeleriyle elde edilen sonuçlar örneklerin kolemanit ve üleksitten oluştuğunu göstermektedir. 3 farklı ocağa ait Raman spektrumları da bu sonucu desteklemektedir (Şekil 6.35–6.40).



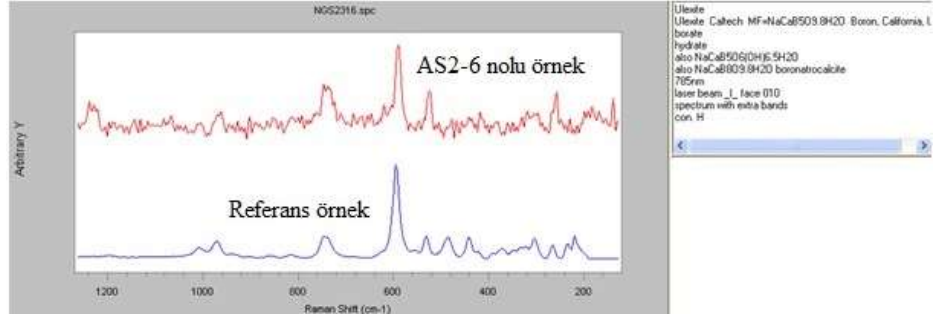
Şekil 6.35 SS2-3 örneğine ait kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu



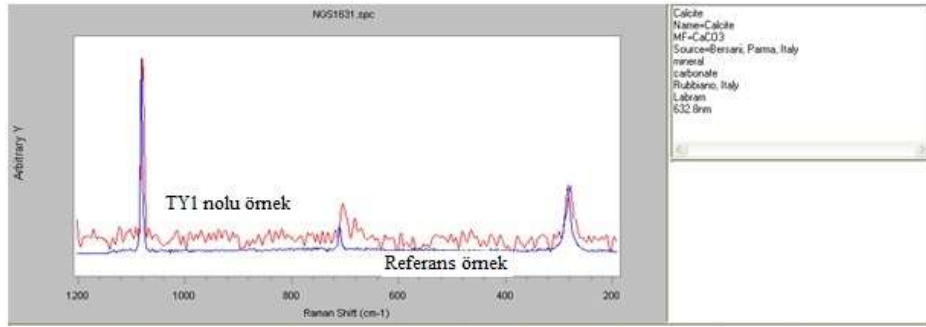
Şekil 6.36 SS2-3 cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu



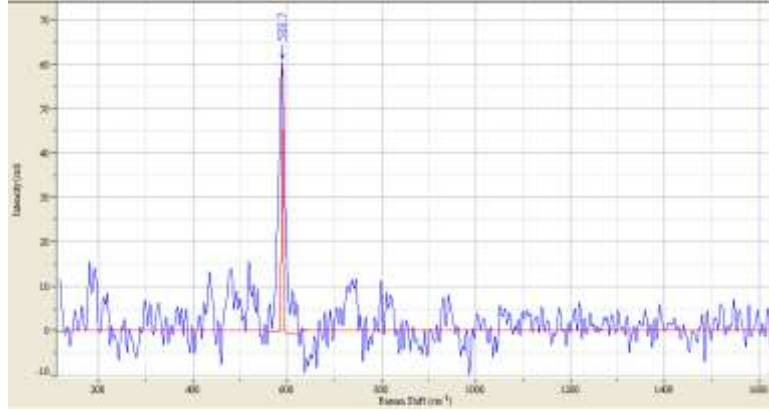
Şekil 6.37 AY2 örneğine ait üleksit pikini gösteren Raman spektrumu



Şekil 6.38 AS2-6 örneğine ait üleksit pikini gösteren Raman spektrumu



Şekil 6.39 TY1 örneğine ait kalsit pikini gösteren Raman spektrumu



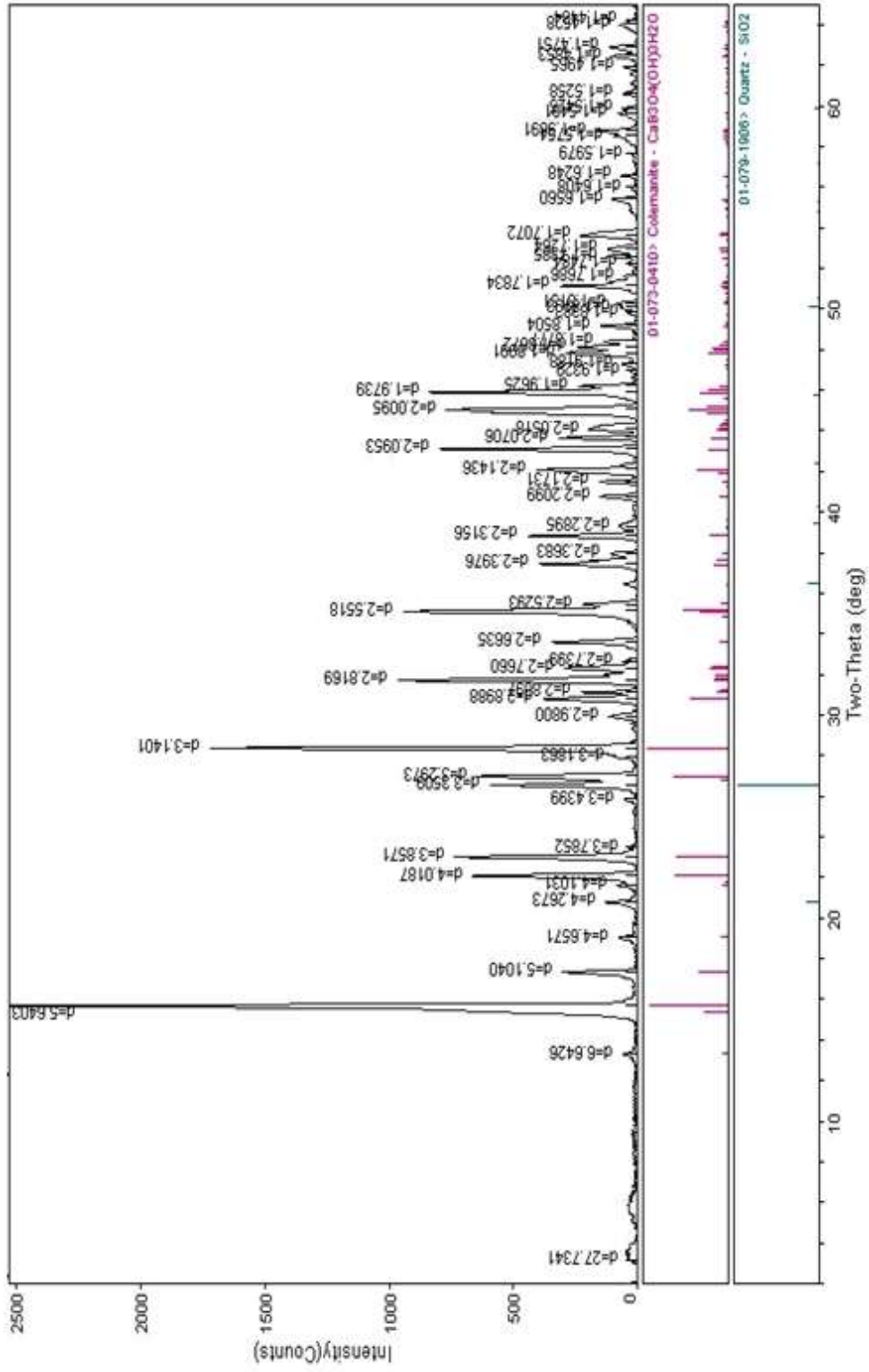
Şekil 6.40 AY1 örneğine ait üleksit pikini gösteren Raman spektrumu

6.1.3 Bigadiç örneklerinin X-Işını Difraktometresi (XRD) incelemeleri

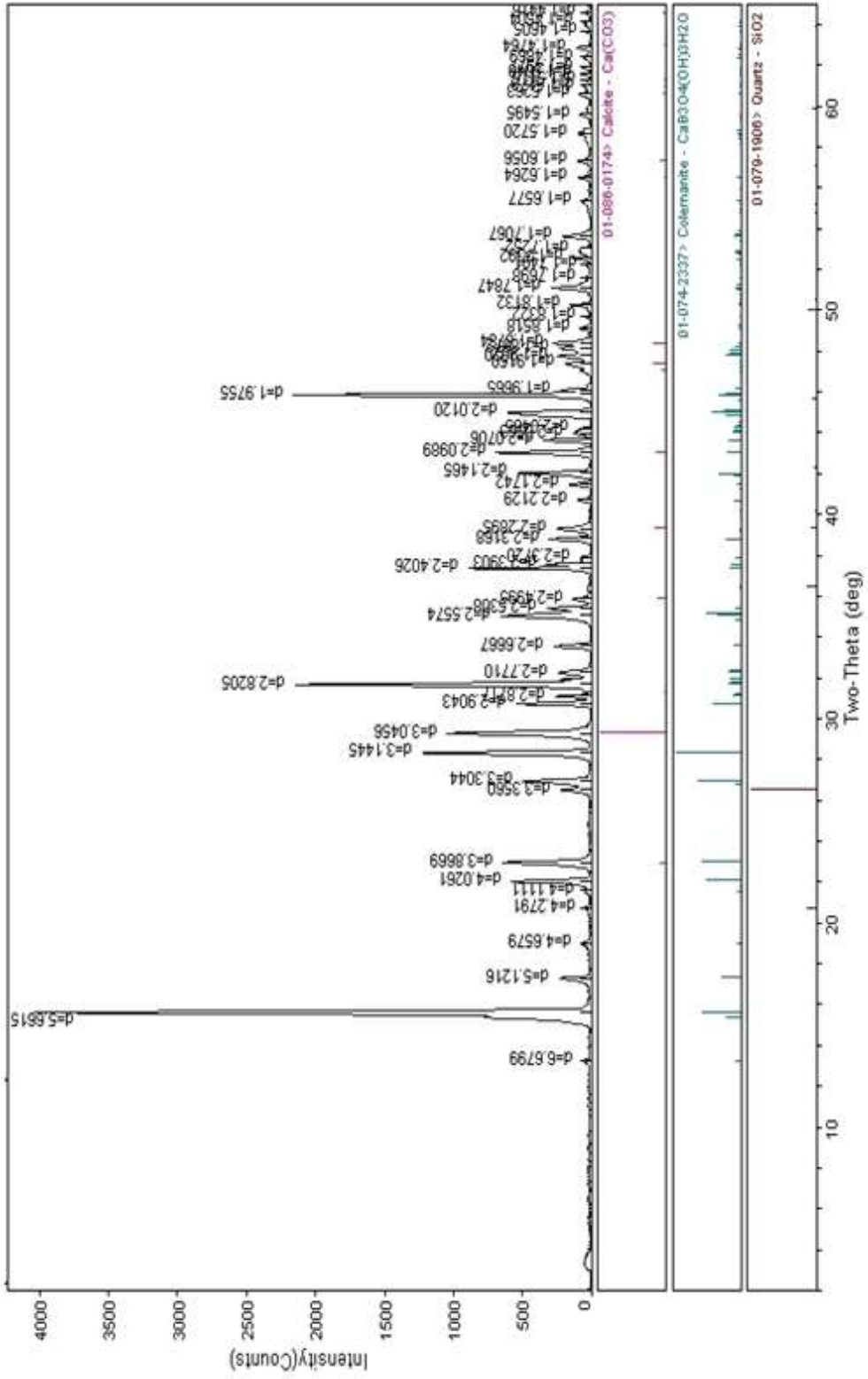
Bigadiç boratlarına ait tüm örneklerin XRD incelemeleri yapılmış ve baskın olarak kolemanit (Şekil 6.41–6.44) ve üleksit (Şekil 6.45–6.46) belirlenmiştir. Ayrıca üst boratlı zondan (Acep kesimi) alınan bir örnekte reedmergnerit (NaBSi_3O_8) ve searlesit ($\text{NaBSi}_2\text{O} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)'e rastlanmıştır. Bu mineraller NaCa bileşimli üleksitin kalın tabakalı

olarak çökelen Acep ocağında üleksit ile birlikte bulunur (Şekil 6.46). Bu iki mineral ilk defa bu çalışma kapsamında belirlenmiştir. Ayrıca Bigadiç borat yatağına ait Tülü, Acep ve Simav ocaklarına ait 13 adet örnekten kil ayrılmış, hazırlanan yönelmiş kil plaketi XRD metodu ile analiz edilmiştir. Bunların 12'sinde montmorillonite, 6'sında ise montmorillonite eşlik eden eser miktarda illite rastlanmıştır. Şekil 6.47-6.49'da Tülü, Şekil 6.50-6.52'de Acep ve Şekil 6.53- 6.55'de Simav ocaklarına ait örneklerin normal, etilen glikollü ve fırınlanmış X-ışını difraktogramları görülmektedir. Şekillerde montmorillonitin d:17 ve illitin d:10 değerleri net bir şekilde görülmektedir.

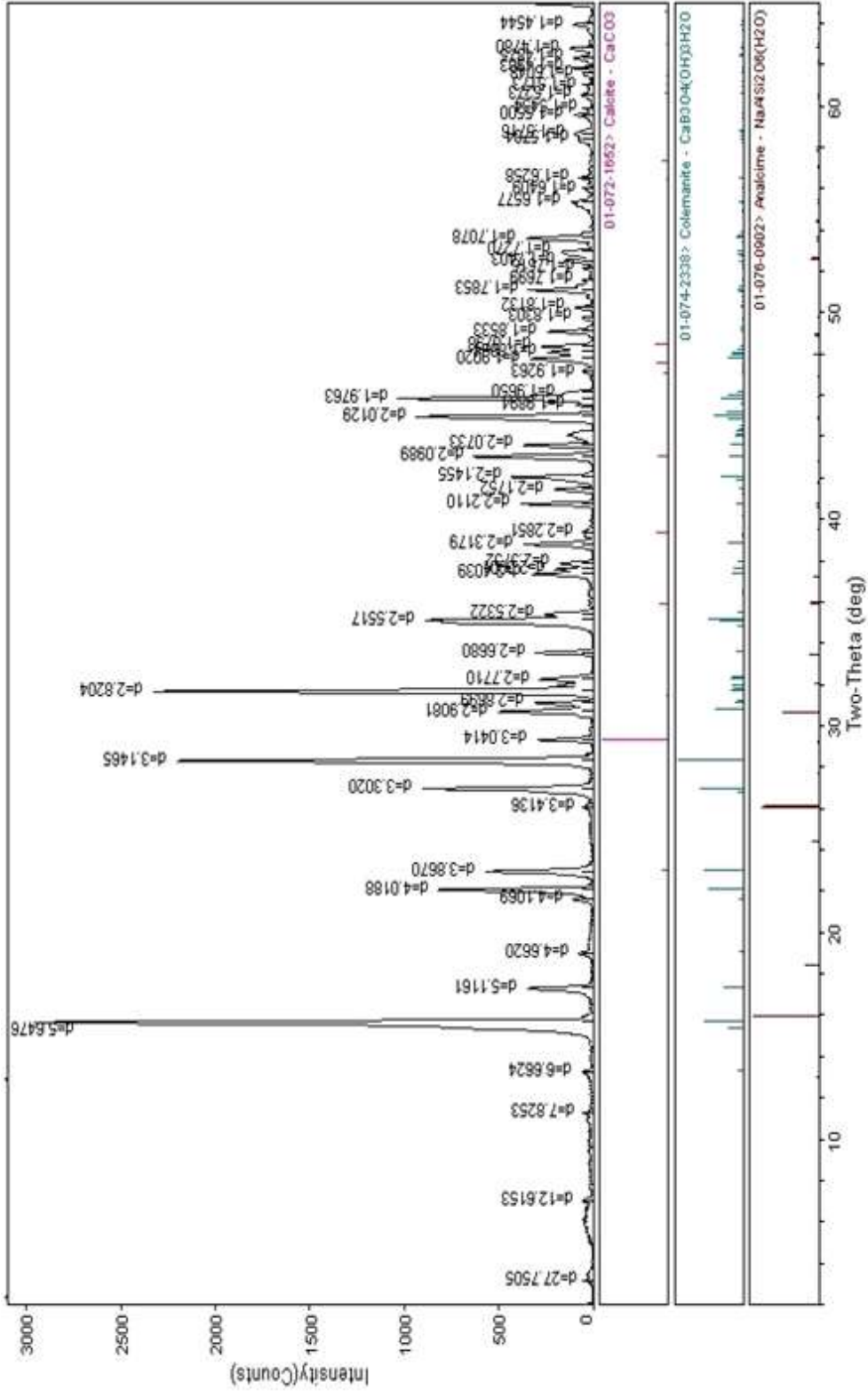
XRD incelemelerinde ayrıca kalsit, kuvars, hidrohalit ve analsim minerallerinin borat çökelimine eşlik ettiği saptanmıştır.



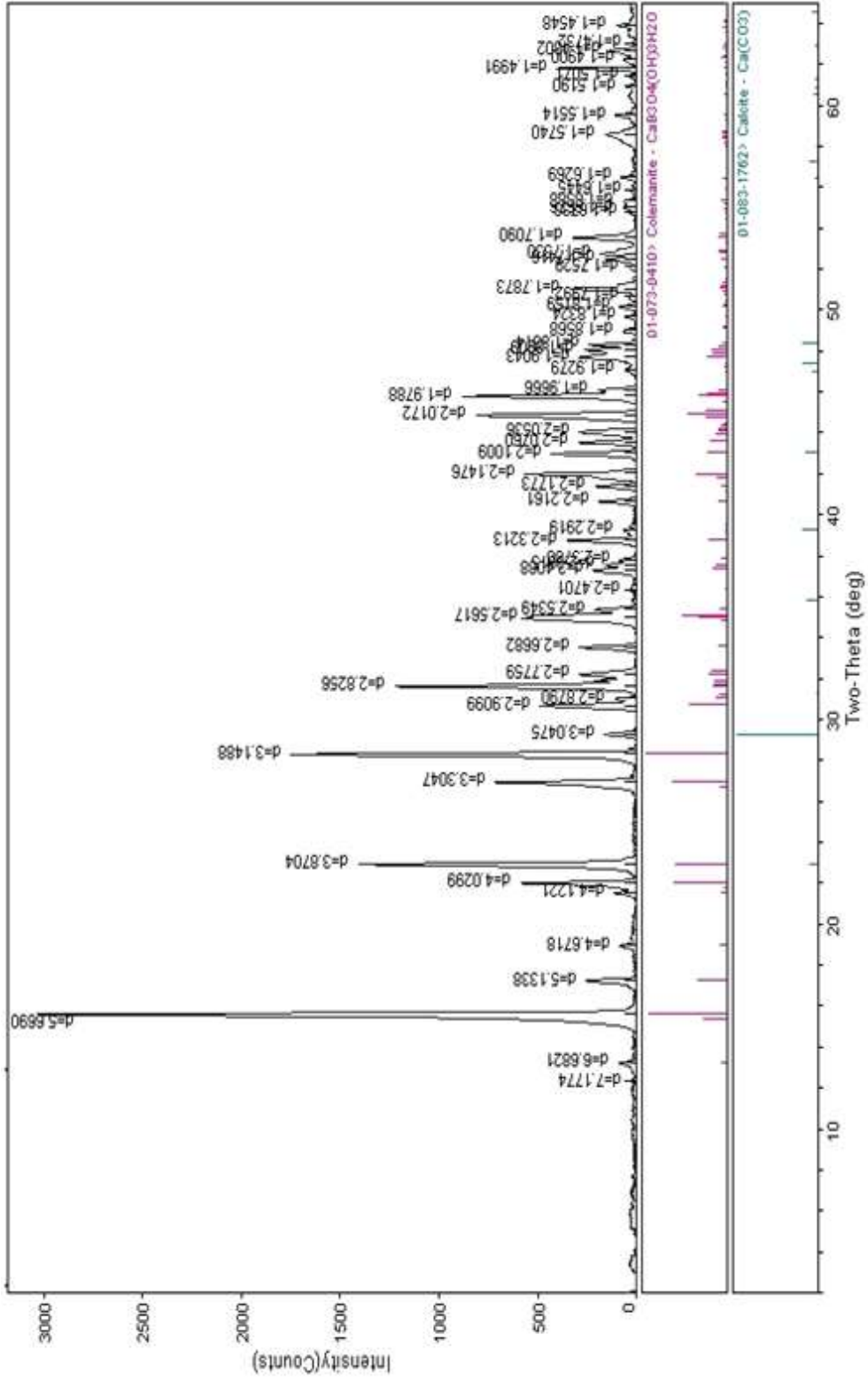
Şekil 6.41 Tülü ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı



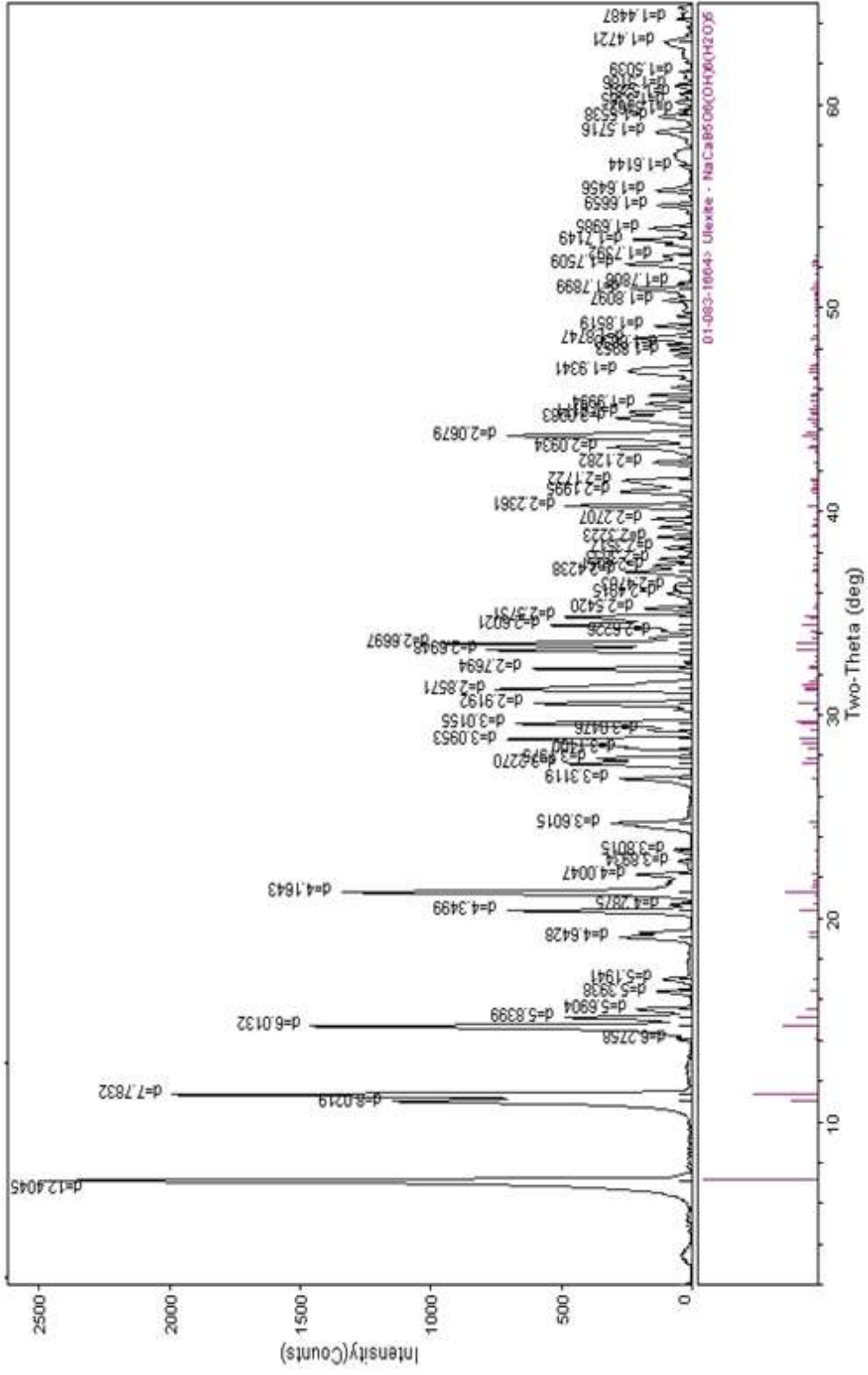
Şekil 6.42 Tülü ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı



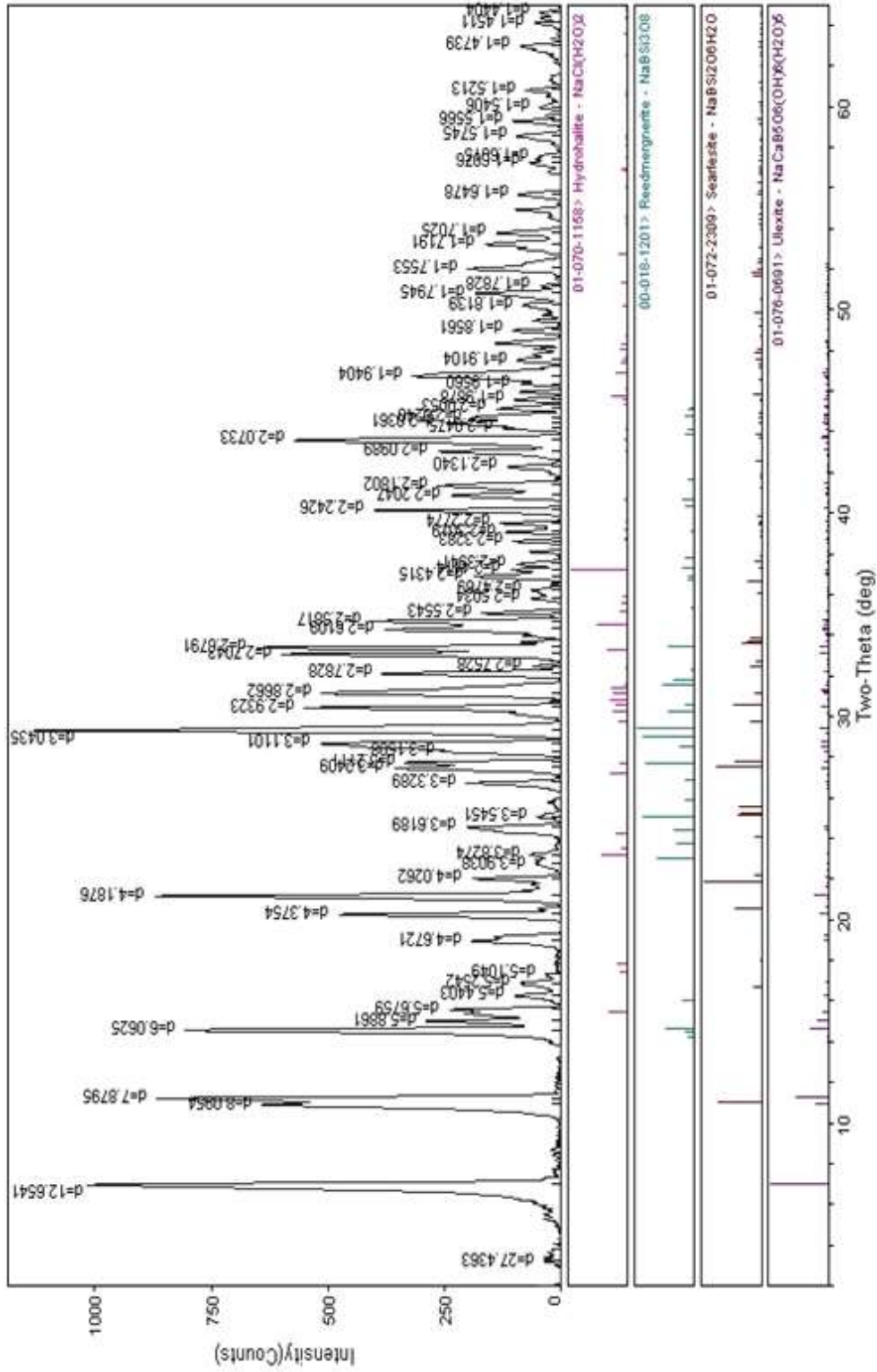
Şekil 6.43 Simav ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı



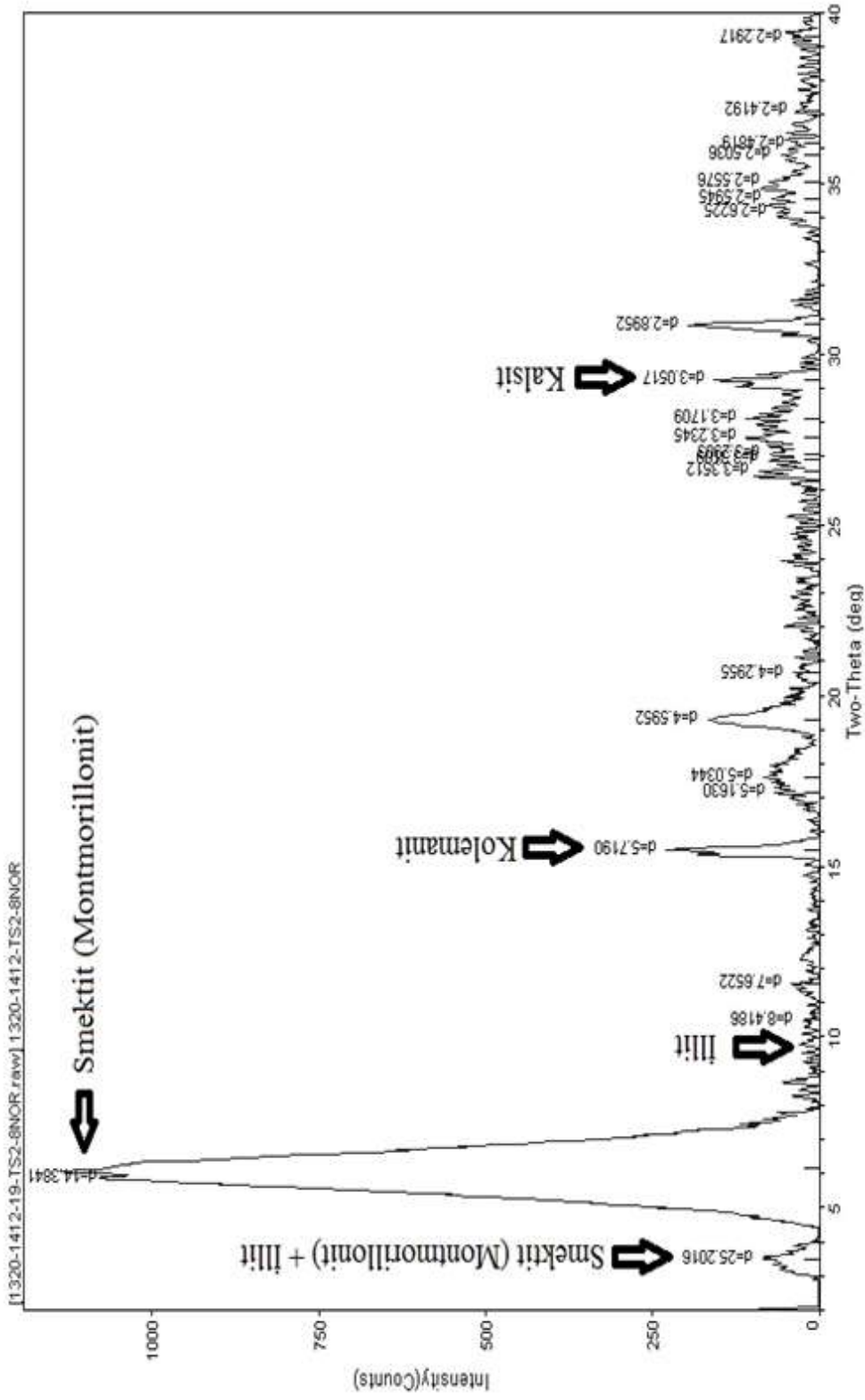
Şekil 6.44 Simav ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı



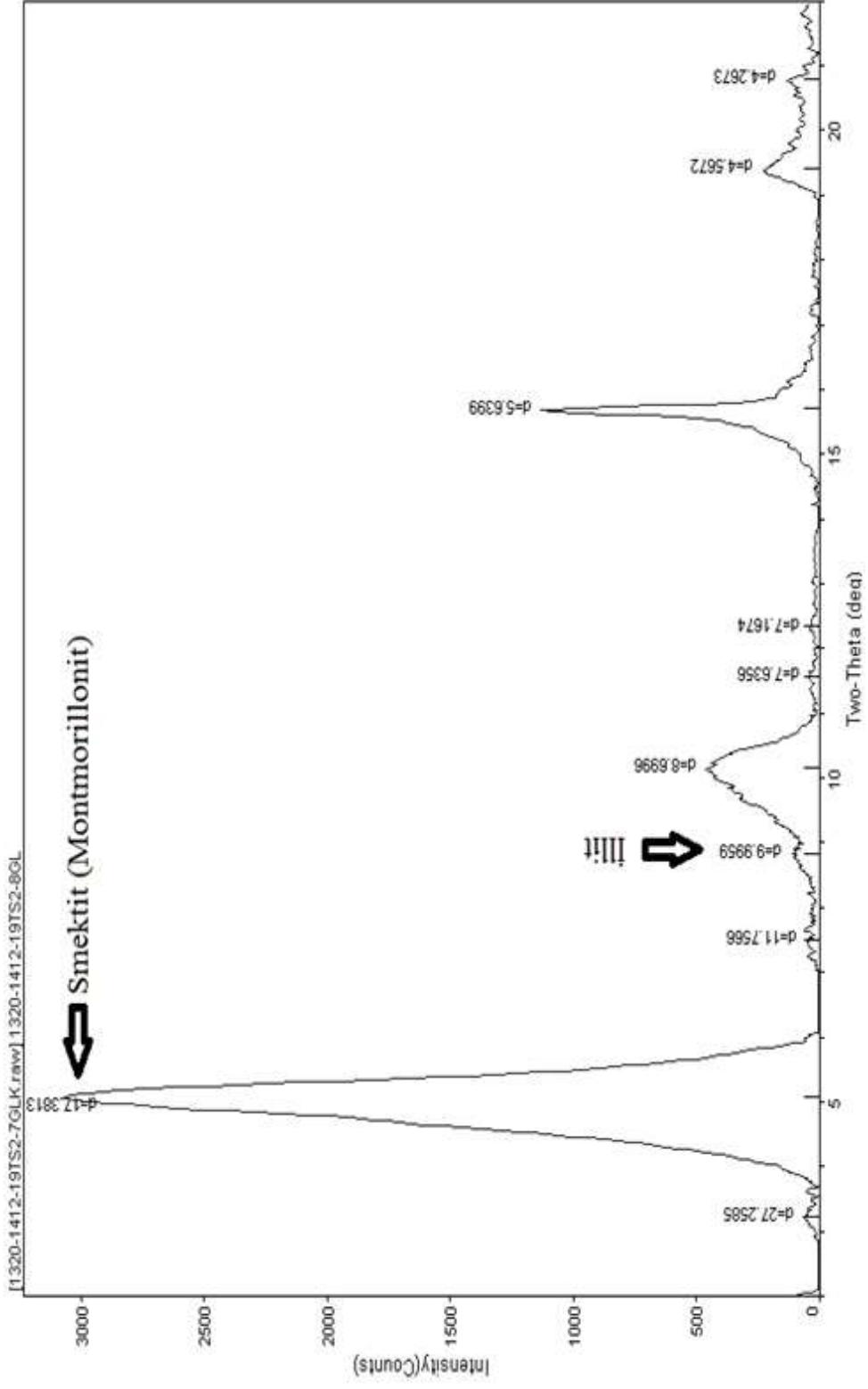
Şekil 6.45 Acep ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı



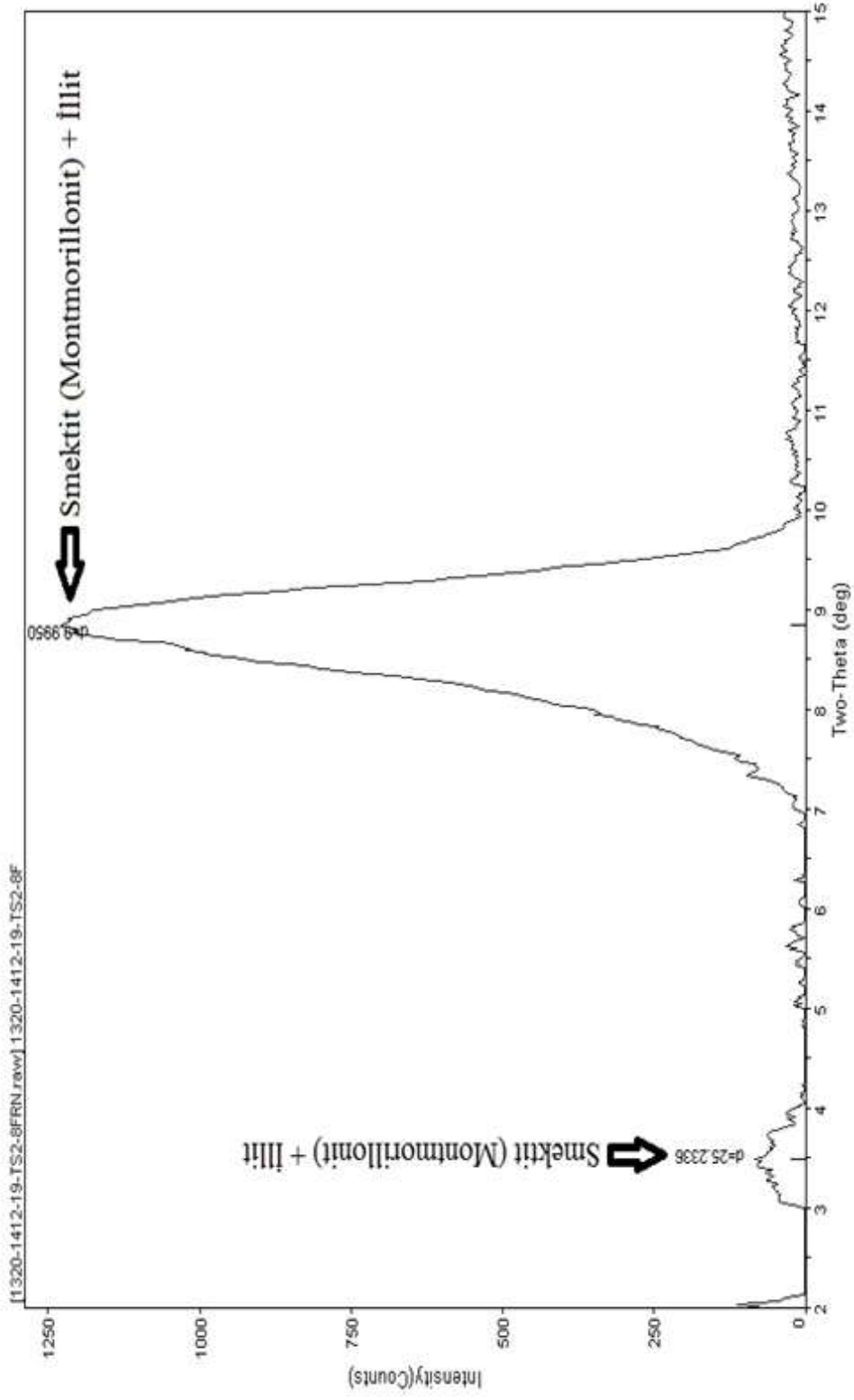
Şekil 6.46 A cep ocağı örneğine ait tüm kaya XRD diyagramı



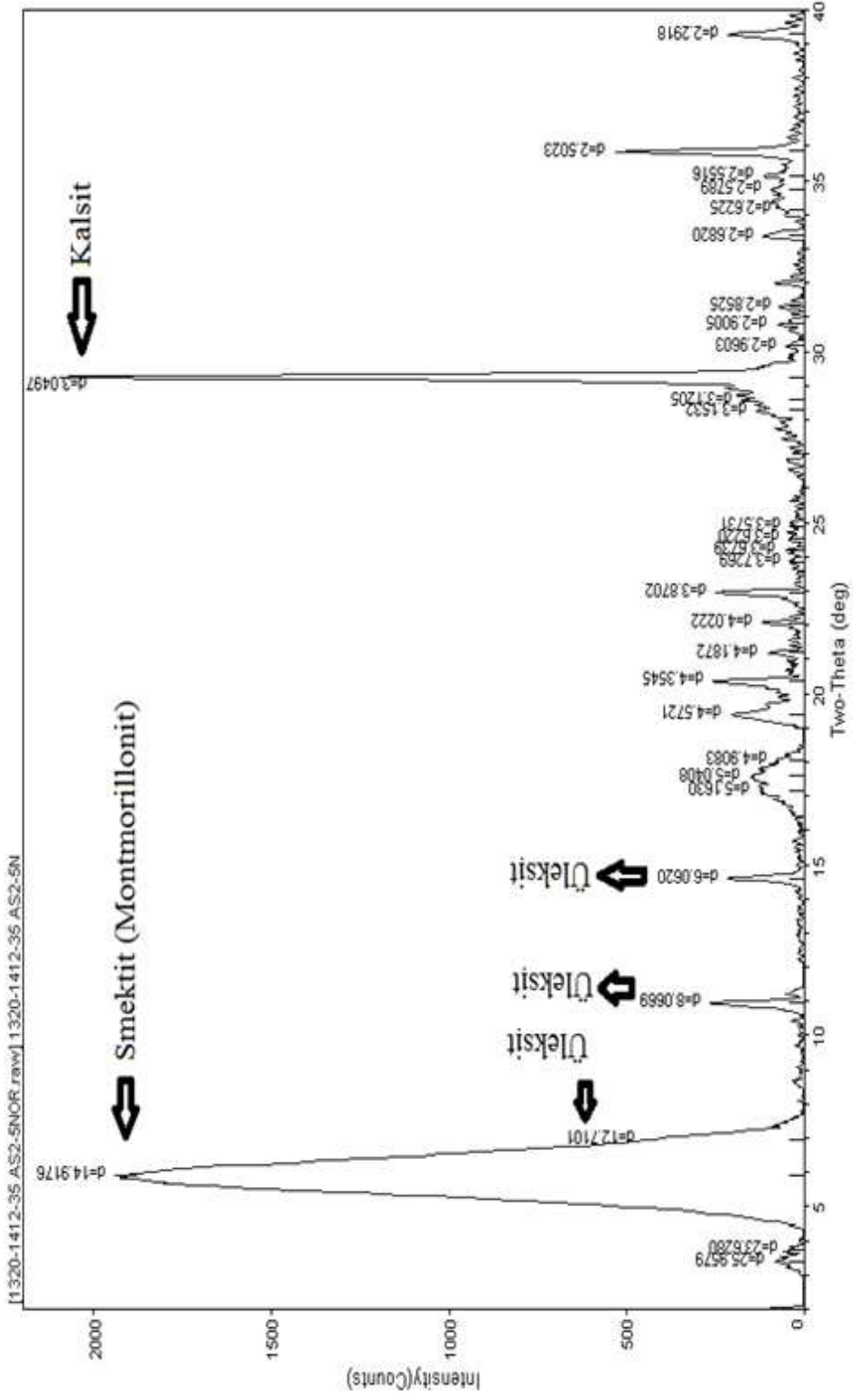
Şekil 6.47 Tülü Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı



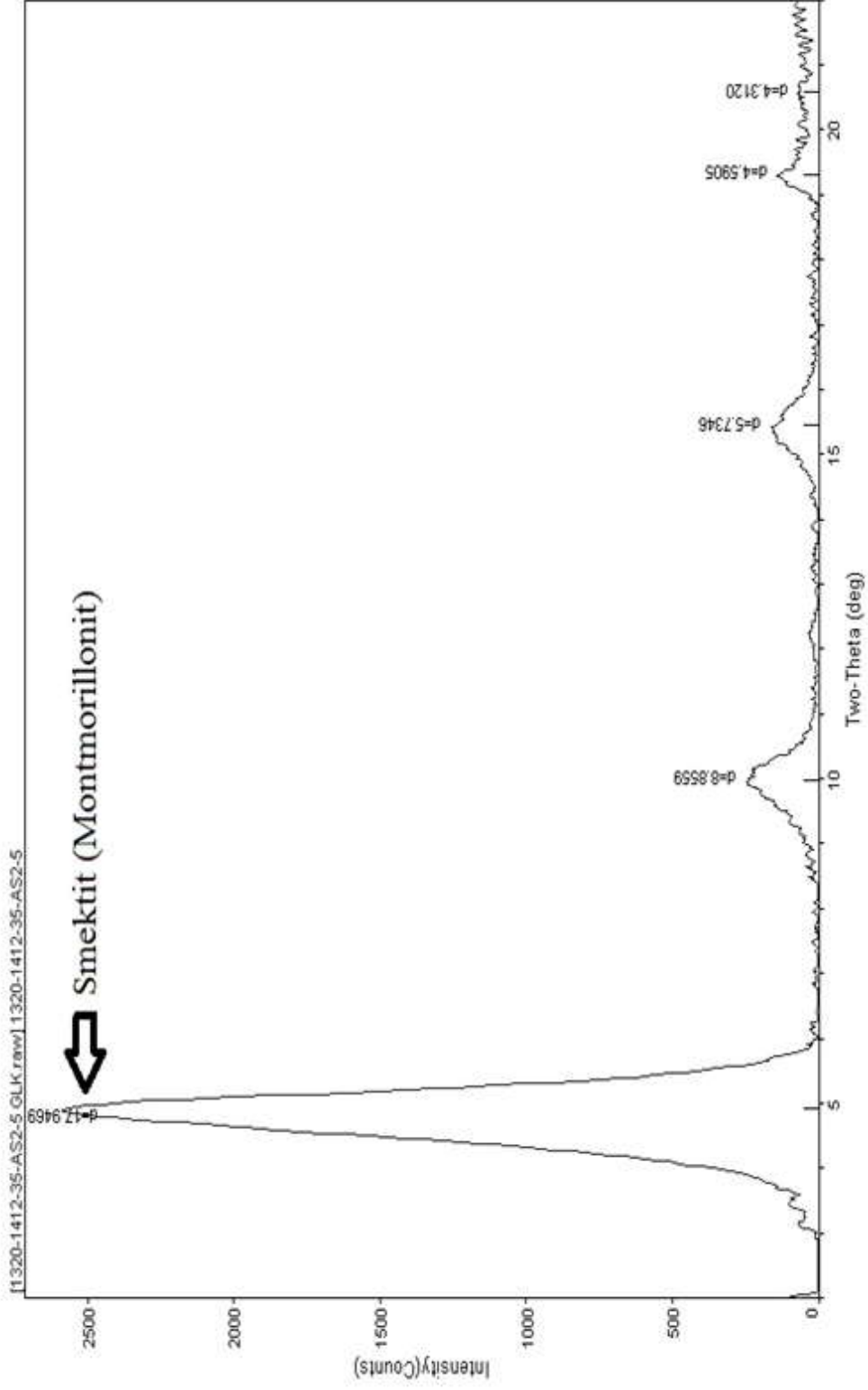
Şekil 6.48 Tülü Ocağına ait etilen glükollü kil örneği XRD diyagramı



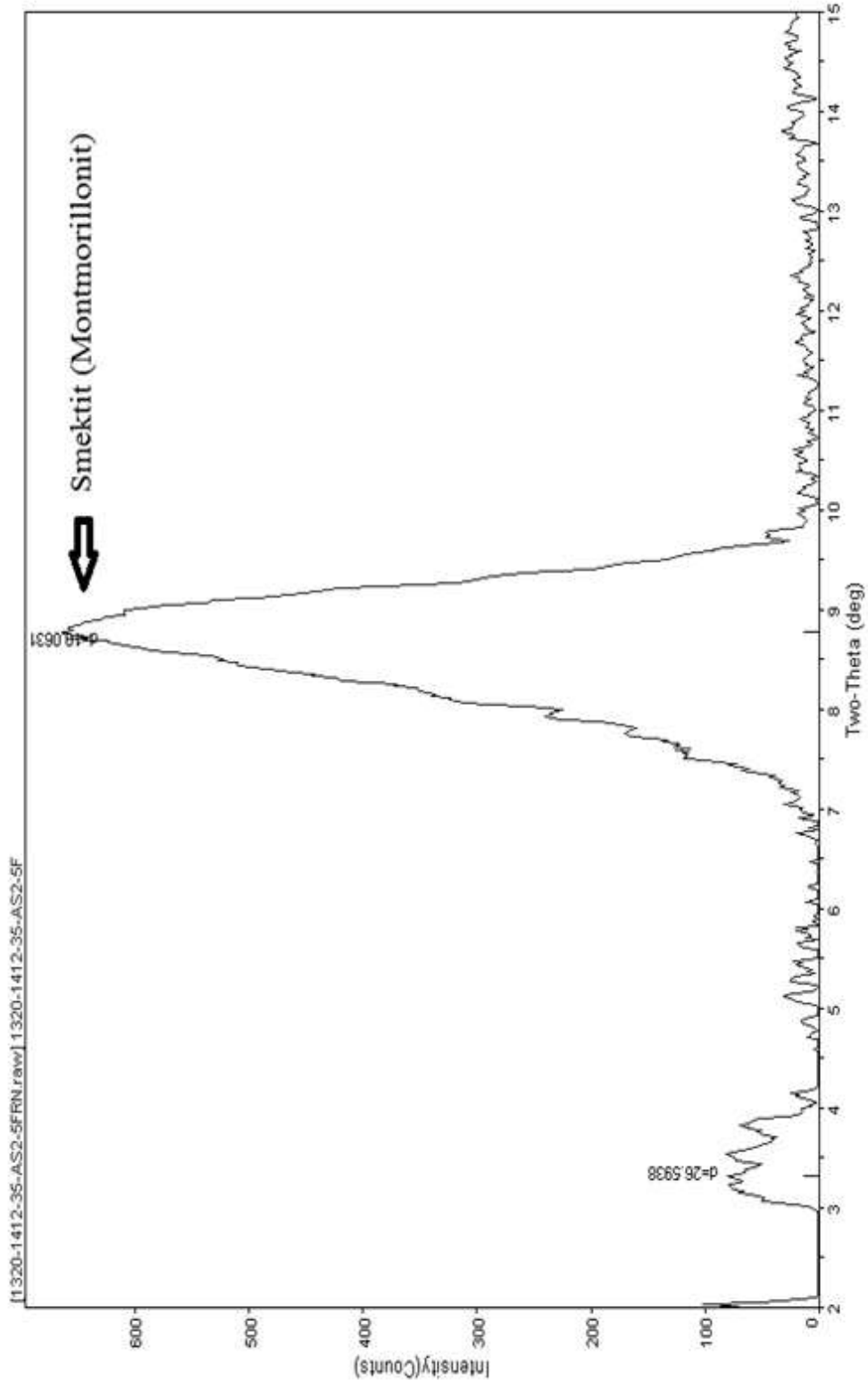
Şekil 6.49 Tülü Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı



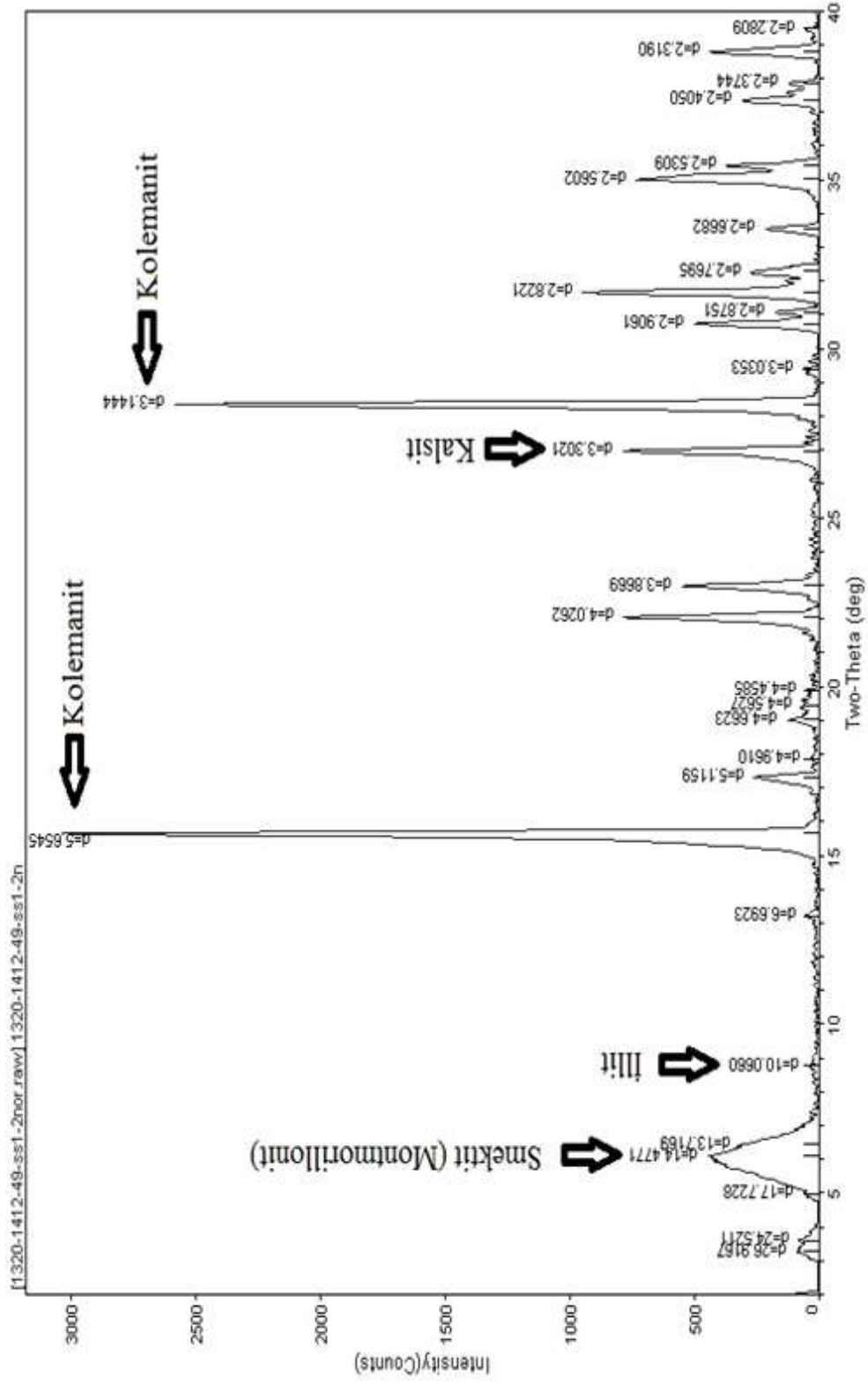
Şekil 6.50 Acep Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı



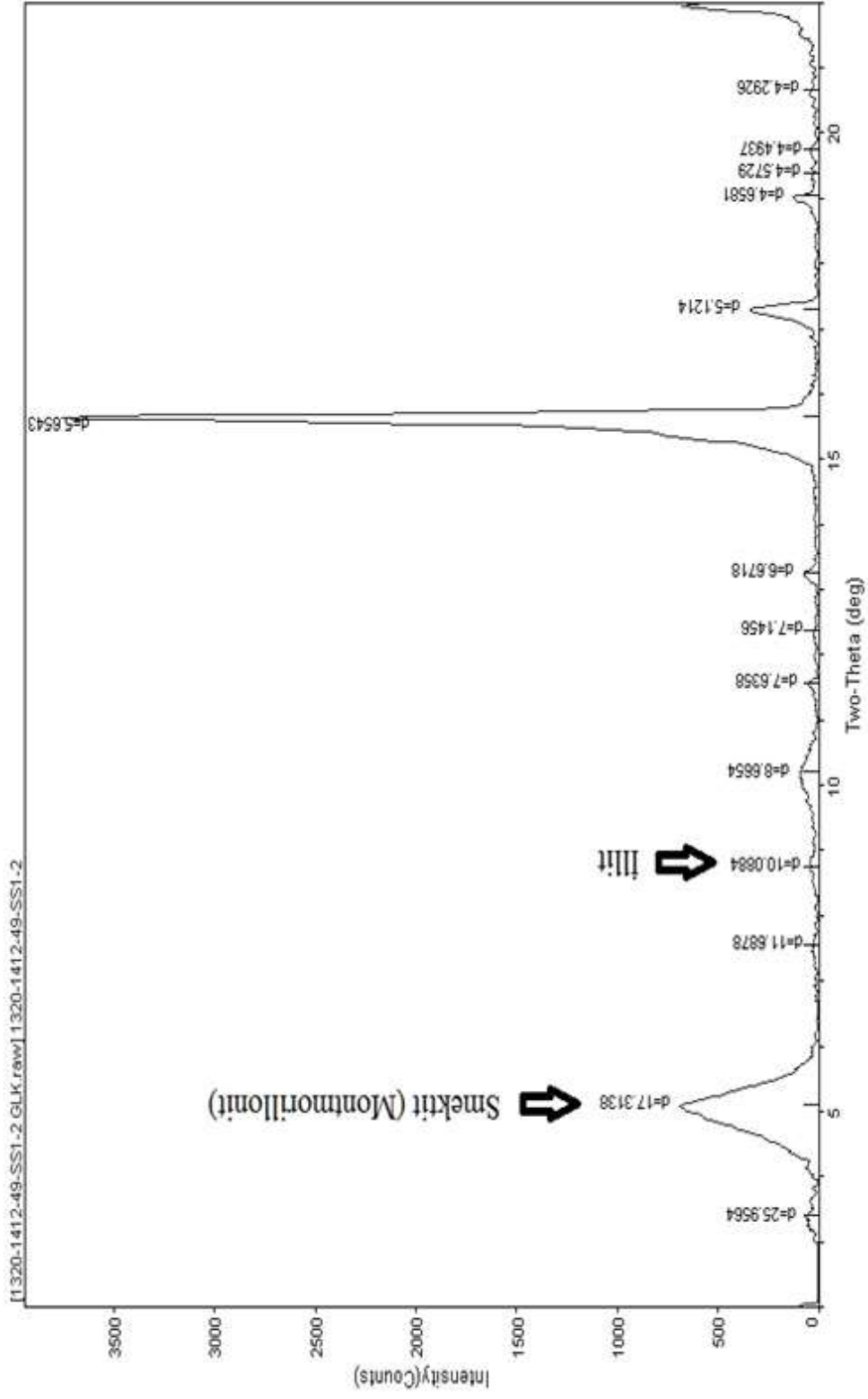
Şekil 6.51 Acep Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı



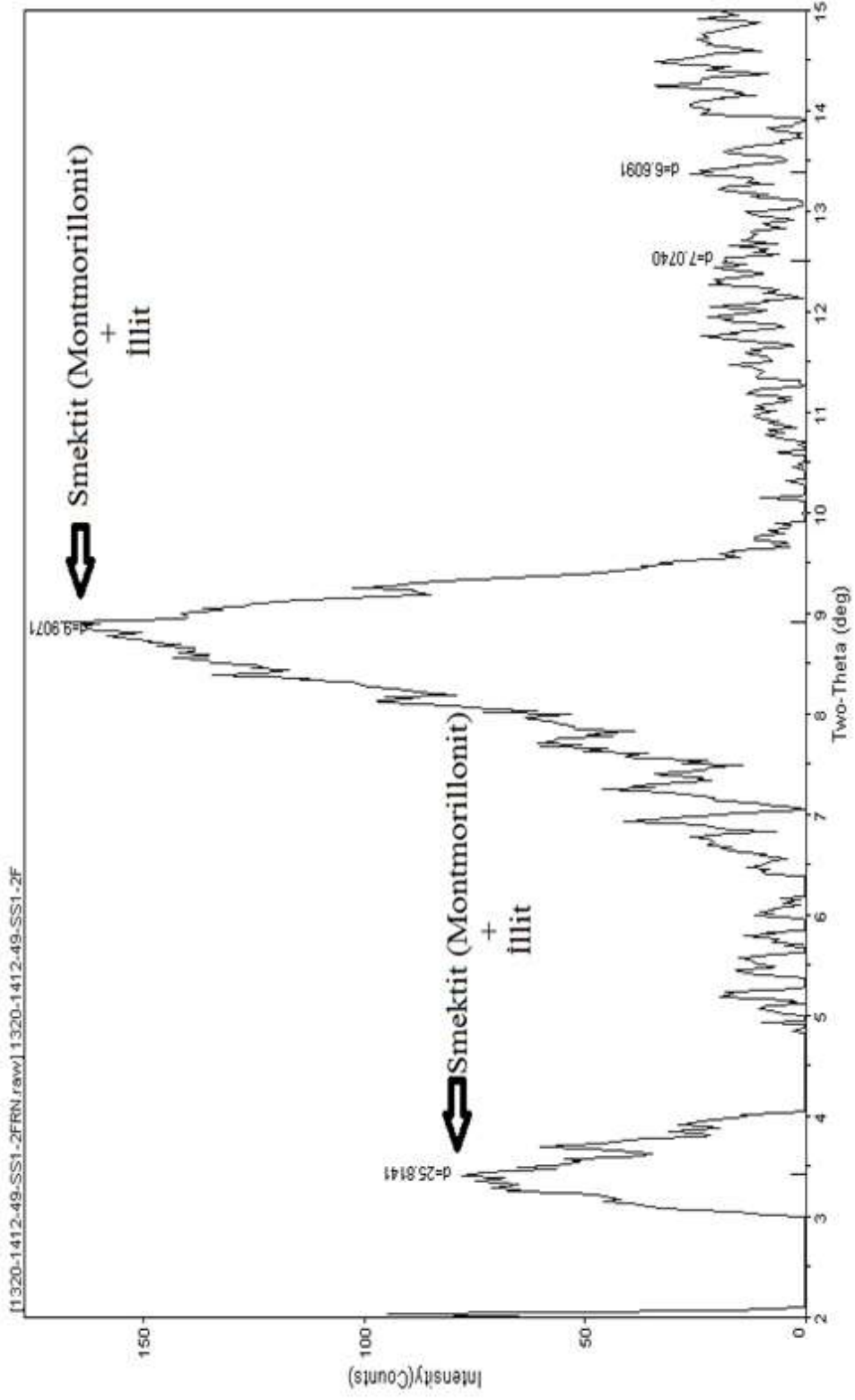
Şekil 6.52 Acep Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı



Şekil 6.53 Simav Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı



Şekil 6.54 Simav Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı



Şekil 6.55 Simav Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı

6.2 Kestelek Borat Yatağı Mineralojisi

Kestelek borat yatağında derlenen örneklerde yapılan mineralojik incelemelerde borat minerali olarak yalnızca kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda (Özpeker 1969, Koçak 1989, Helvacı 1983, 1990, 1993, 2000, 2001) ana mineral olarak kolemanit, az miktarda üleksit, daha az probertit ve çok az da hidroborasitin bulunduğu belirtilmektedir. Söz konusu çalışmalarda bu mineraller makroskobik gözlemlere dayalı olup ve minerallerin yapı-doku özelliklerine göre tespit edilmiştir. Yapılan mineralojik incelemelere göre Kestelek'teki mineral parajenezi kolemanit, kalsit, kuvars, aragonit, zeolit (höylendit), smektit (Montmorillonit), illit, klorit ve korensit şeklinde ortaya çıkmıştır.

6.2.1 Kestelek örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri

Arazi gözlemleri ve el örneklerinde bor cevheri (kolemanit) renksiz, beyaz, sarımsı ve gri renkli olup, masif, sütunsal, ışınsal ve rozet yapıları göstermektedir. Çeşitli irilikteki kolemanit kristalleri masif cevherin kovuk ve boşluklarında bulunur (Şekil 6.56). Bazı cevherler saf kolemanit kristallerinden oluşmakta olup, bazıları da karbonatlı ve killi cevher halindedir (Şekil 6.57-6.59). Boratlı zonda çeşitli kesimlerde görülen yumru şeklindeki kolemanitlerde de (Şekil 6.60) ışınsal ve rozet yapıları gözlenir. Yatakta daha önceki çalışmalarda belirlenen probertit ise sütunlar oluşturan ışınsal yapıdadır (Şekil 6.60).

Kestelek borat yatağından alınan bor cevheri örneklerinin ince kesit incelemelerinde kolemanite kalsit, aragonit ve kuvarsin da eşlik ettiği görülmüştür (Şekil 6.62). Bu mineral grubuna yer yer killeşmeler de (Şekil 6.63) katılmaktadır. Makroskobik olarak saydam kristalli, yumrulu, killi ve karbonatlı cevher olarak ayrılabilen kolemanit ince kesitte renksiz, grimsi beyaz ve kirli sarı, açık kahve renklerde izlenmekte ve pembe, turuncu, yeşil ve özellikle mavi renklerde canlı girişim renkleri göstermektedir (Şekil 6.64-6.65).

Saydam kristal kolemanit iri (Şekil 6.66) ve ince (Şekil 6.67) kristaller halindedir. Kesitlerde gözlenen zonlu yapılar (Şekil 6.68) ortamın fizikokimyasal şartlarının değiştiğini işaret etmektedir.



Şekil 6.56 Masif cevherin kovuk ve boşluklarında gelişen iri kristaller



Şekil 6.57 İri kristalli-karbonatlı kolemanit



Şekil 6.58 Beyaz renkli, saydam-yarı saydam kristaller halinde kolemanit



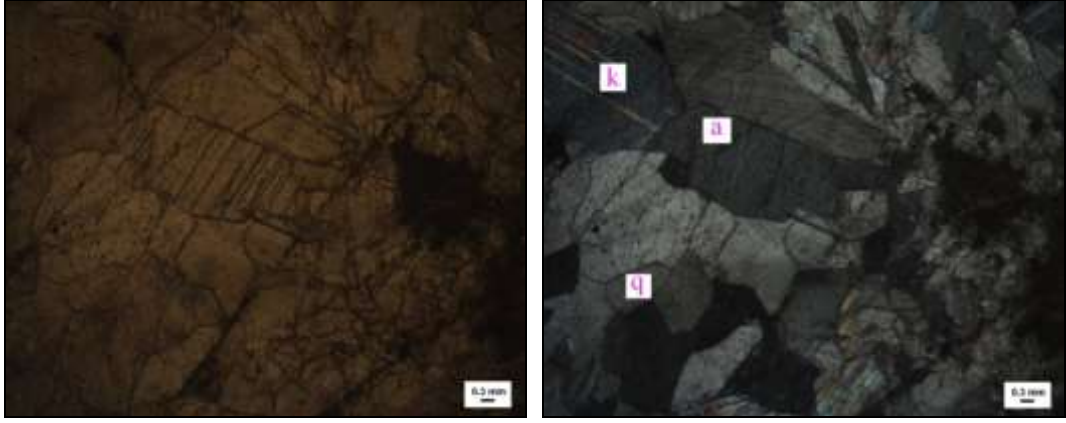
Şekil 6.59 Beyaz-sarı renkli, saydam-yarı saydam kristaller halinde saydam kolemanit



Şekil 6.60 Işınsal yapılar gösteren rozet şekilli yumrulu kolemanit

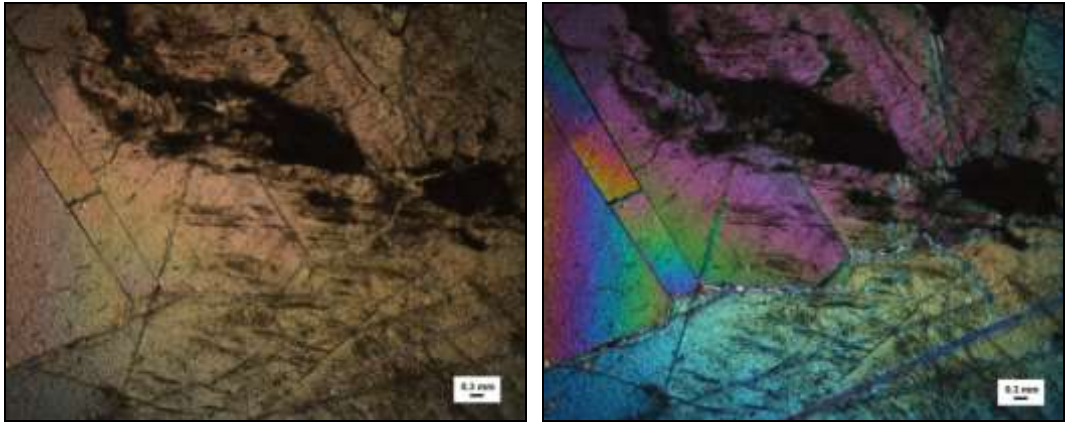


Şekil 6.60 Krem renkli iğnemsı probetit sütunlar oluşturacak şekilde meydana getirdiği lifsi-ışınsal yapıdaki probertit



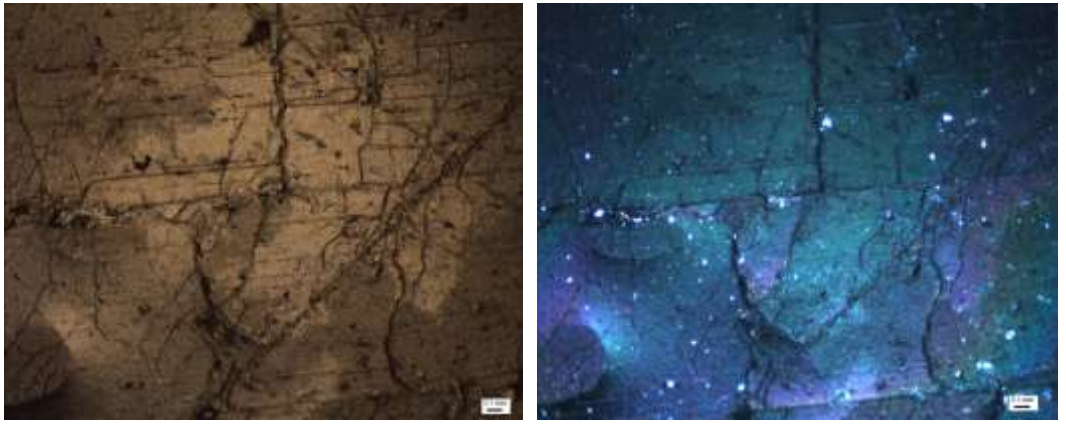
(a) (b)
Şekil 6.62 Kolemanitle birlikte bulunan kalsit (k) , aragonit (a) ve kuvars (q) taneleri

(a: tek nikol; b:çift nikol)



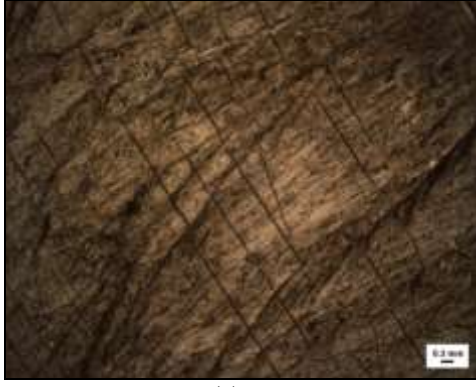
(a) (b)
Şekil 6.63 Kolemanitte killeşme (siyah kısımlar)

(a: tek nikol; b:çift nikol)



(a) (b)
Şekil 6.64 Saydam kristal kolemanitte gözlenen canlı mavi girişim rengi

(a: tek nikol; b:çift nikol)



(a)



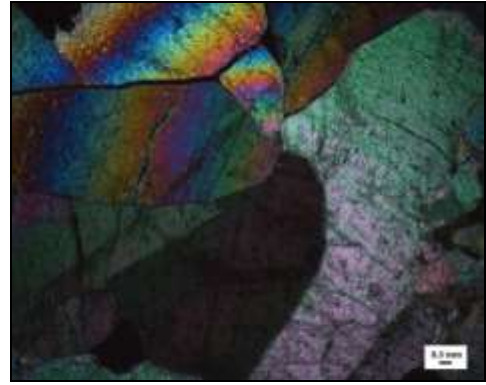
(b)

Şekil 6.65 Kirli sarı renkte kolemanitler

(a: tek nikol; b:çift nikol)



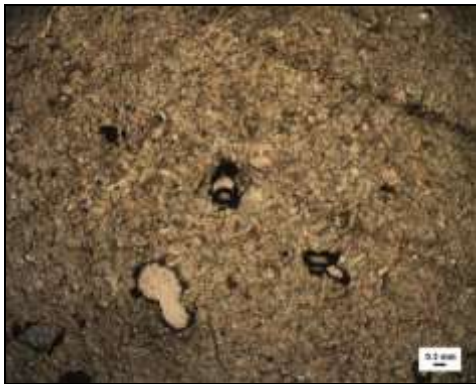
(a)



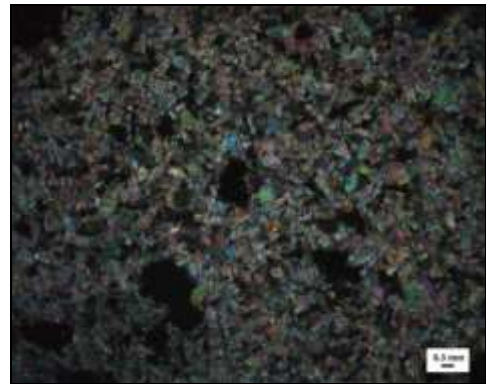
(b)

Şekil 6.66 İri kristaller halinde nodüler kolemanit

(a: tek nikol; b:çift nikol)



(a)



(b)

Şekil 6.67 Çok ince kristaller halinde kolemanit

(a: tek nikol; b:çift nikol)



(a)

(b)

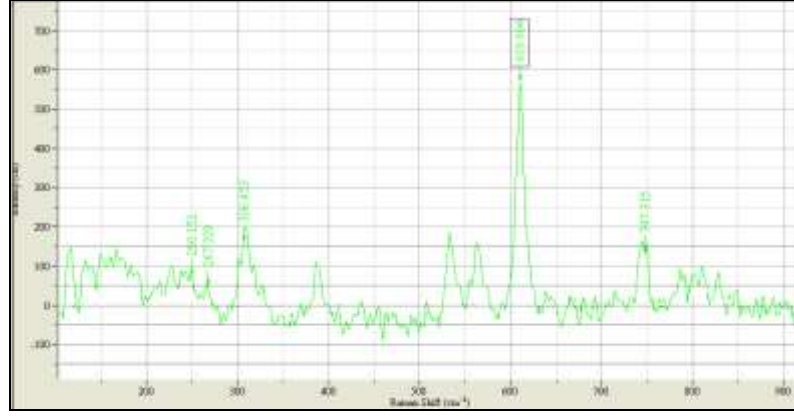
Şekil 6.68 Zonlu yapı gösteren kolemanit

(a: tek nikol; b:çift nikol)

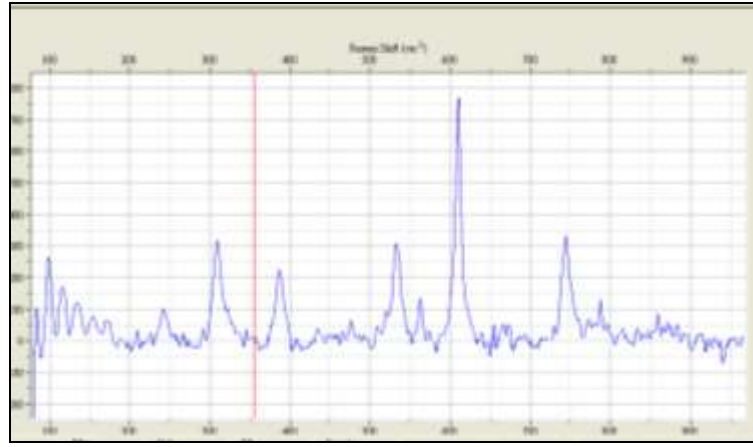
6.2.2 Kestelek örneklerinin Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri

Konfakol Raman spektroskopisinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, analizi yapılan örneklerin tamamının kolemanit olduğu ve ikincil bir bor mineralinin bulunmadığı saptanmıştır. Saydam kristal, karbonatlı, killi ve yumrulu cevherlerden seçilmiş örneklere ait Raman spektrumları bu sonucu göstermektedir (Şekil 6.69-6.73).

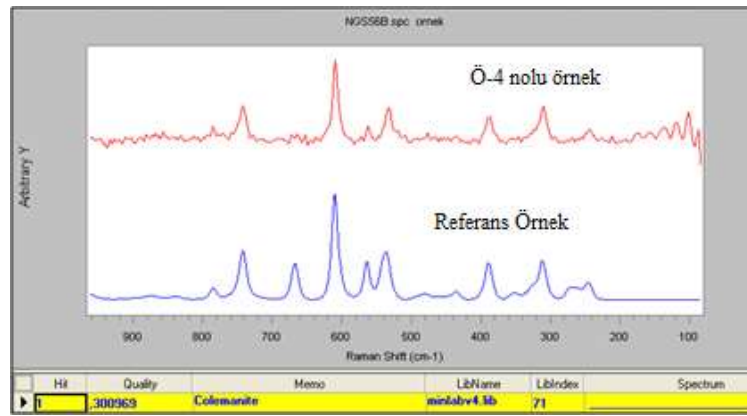
Şekil 6.69'da Ö-5 nolu saydam kristal kolemanit cevherinin Raman spektrumu görülmekte olup, bu örnekte kolemanite ait 609,904'lük pik değeri de şekil üzerinde belirtilmiştir. Ö-4 nolu killi cevher örneğine ait Raman spektrumunda ince kristalli yüzeylerden yapılan analizlerde X-ışını difraktogramında belirlenemeyen zeolit grubundan höylandit saptanmıştır (Şekil 6.72).



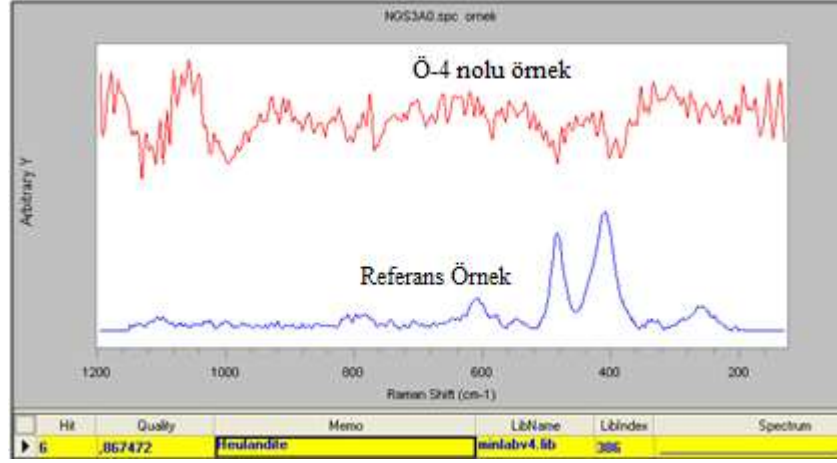
Şekil 6.69 Ö-5 nolu saydam kristal kolemanit cevherine ait Raman spektrumu ve kolemanitin 609.904'lük pik değeri



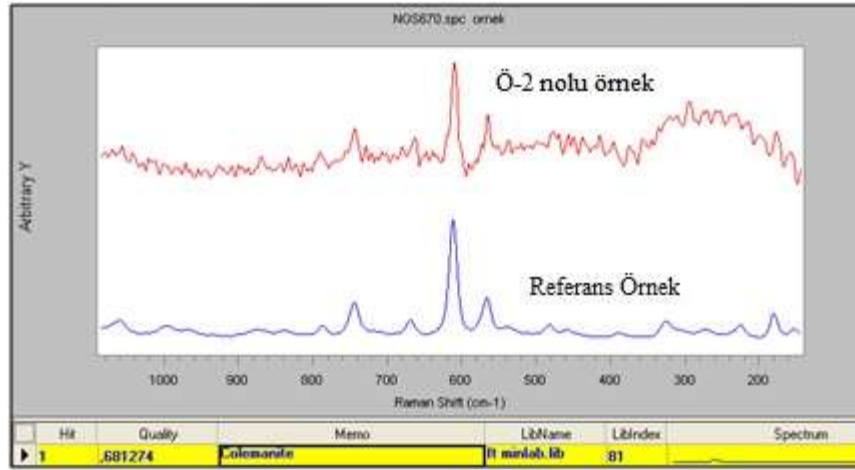
Şekil 6.70 Ö-3 nolu karbonatlı cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu



Şekil 6.71 Ö-4 nolu killi cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu



Şekil 6.72 Ö-4 nolu killi cevher örneğindeki höylandit mineralini gösteren Raman spektrumu

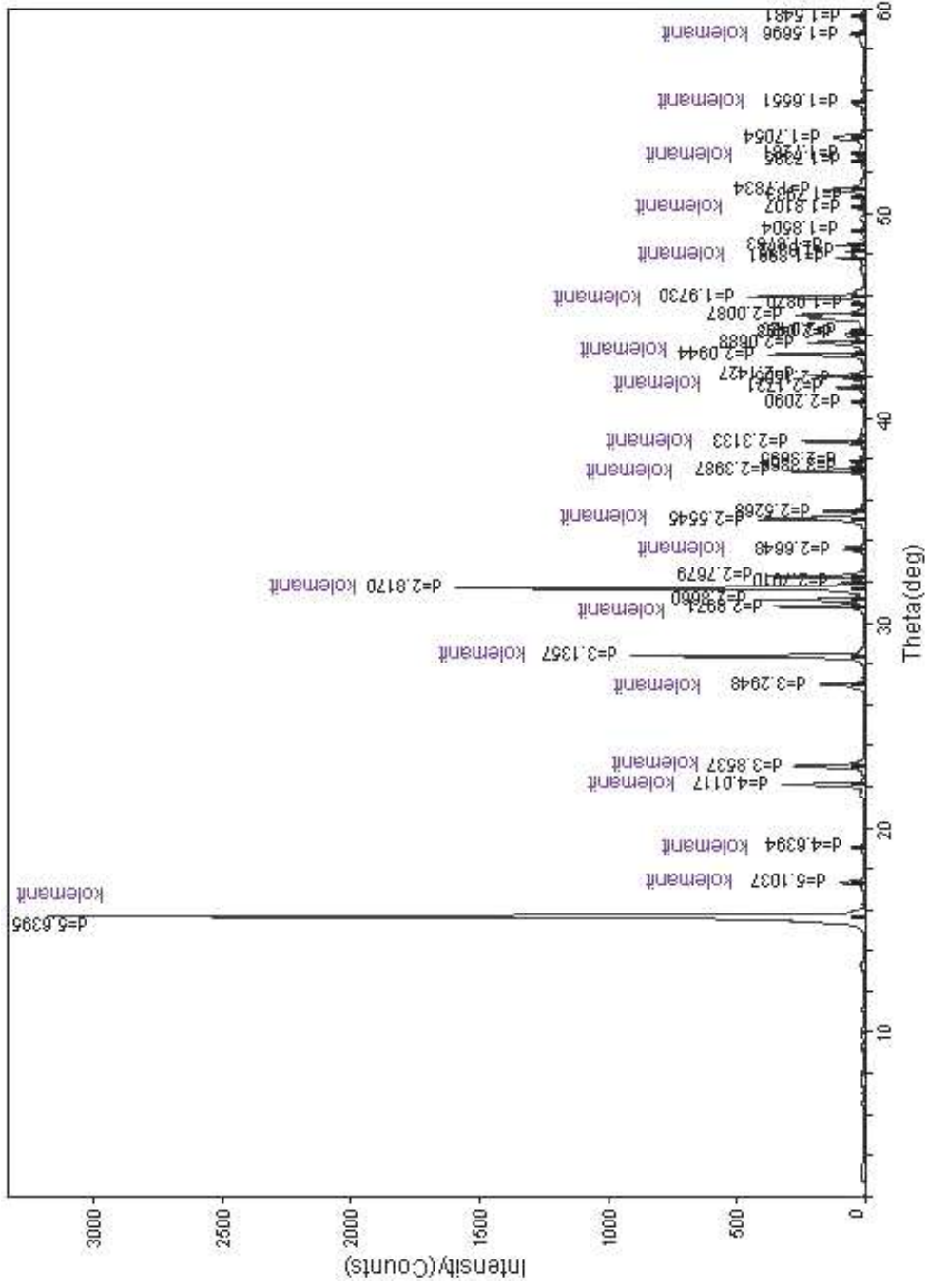


Şekil 6.73 Ö-2 nolu yumrulu cevher örneğindeki kolemanit pikini gösteren Raman spektrumu

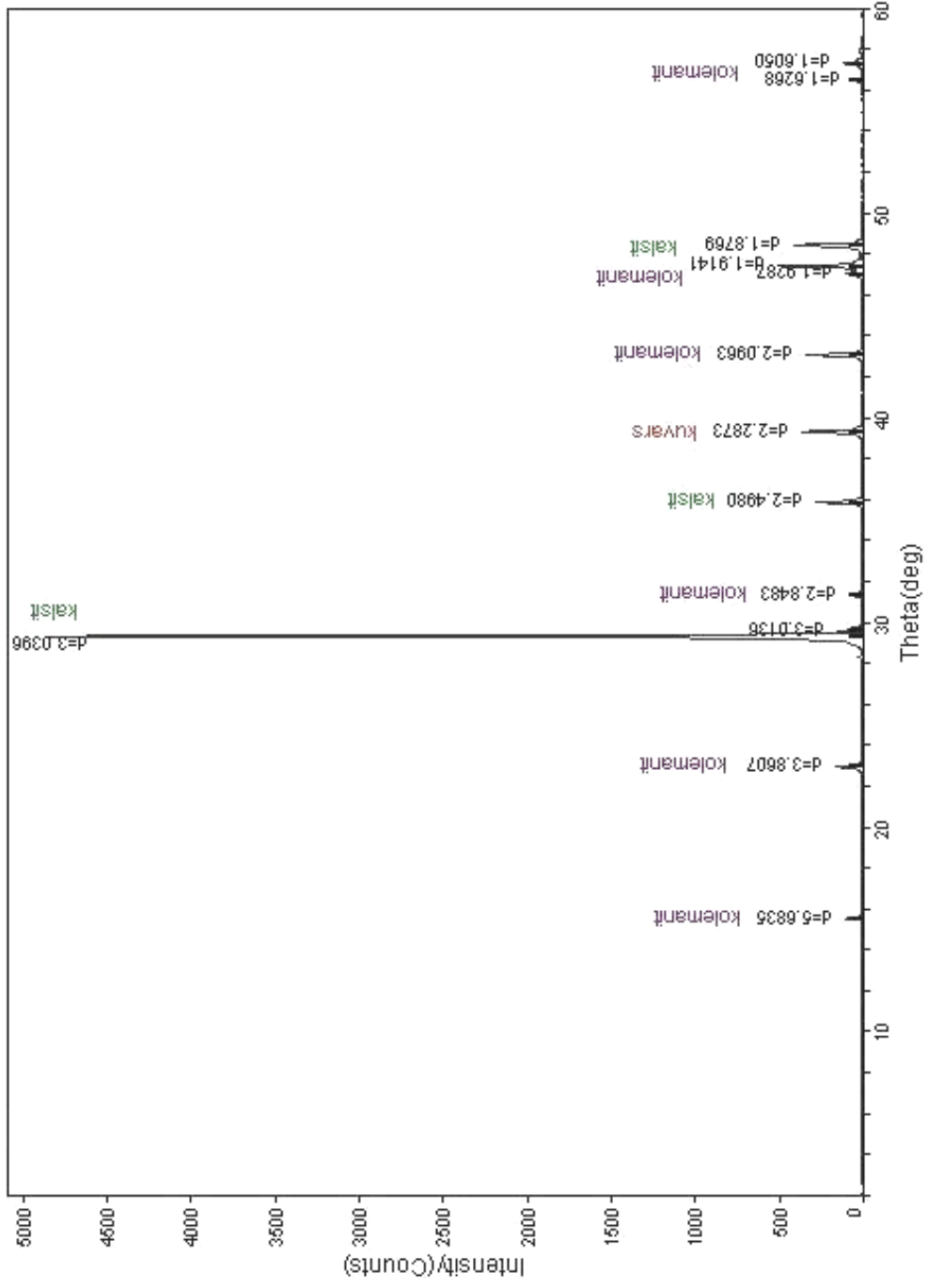
6.2.3 Kestelek örneklerinin X-Işını Difraktometresi (XRD) incelemeleri

İncelemelerde kolemanit dışında ikincil bir bor mineraline rastlanmamıştır (Şekil 6.74-6.77). Saydam kristal, karbonatlı, yumrulu ve killi cevherlerden seçilmiş örneklere ait XRD diyagramları (Şekil 6.74-6.77) bu sonucu desteklemektedir. Karbonatlı cevher örneğinde kalsit pikleri belirlenmiştir (Şekil 6.75). Killi cevher örneğinde belirgin miktarda kil minerali tespit edilmiş olup, bu örnekten yapılan kil analizinin üç adet difraktogramı Şekil 6.78-6.80'de görülmektedir. Normal, etilen glikollü ve fırınlanmış çekimlere ait bu üç difraktogram birlikte değerlendirilerek killi cevher örneğinde kil minerallerinin cinsi ve bağlı bollukları saptanmıştır. Buna göre kil minerallerinin % 80

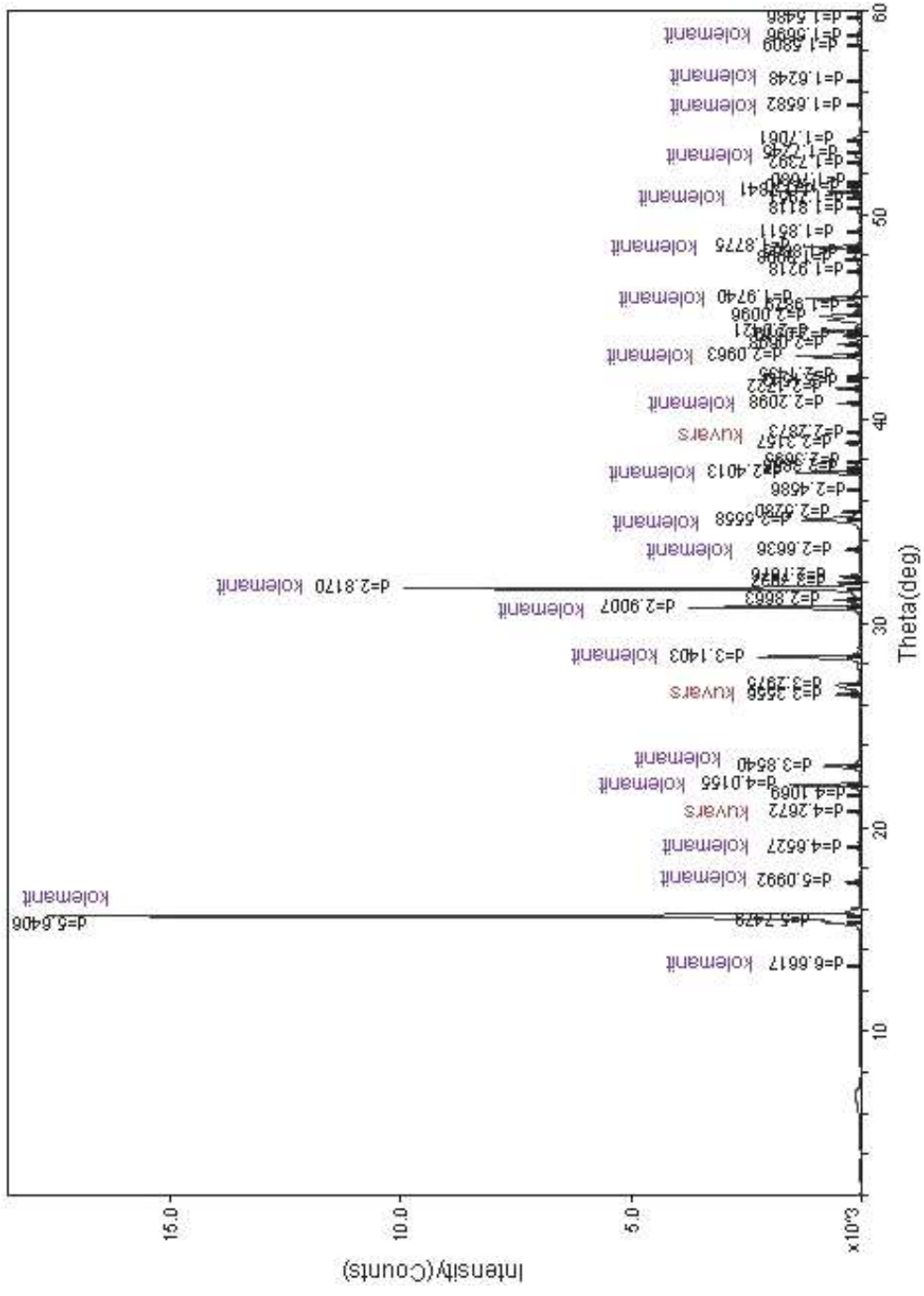
smektit, % 15 illit, yaklaşık % 5 klorit ve eser oranda korensit olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.78-6.80). Ayrıca difraktogramlarda eser miktarda kuvars mineraline de rastlanmıştır (Şekil 6.76–6.77). Böylece XRD incelemeleri sonucunda cevherleşmenin parajenezi kolemanit, kalsit, kuvars, smektit (montmorillonit), illit, klorit ve korensit olarak ortaya çıkmıştır.



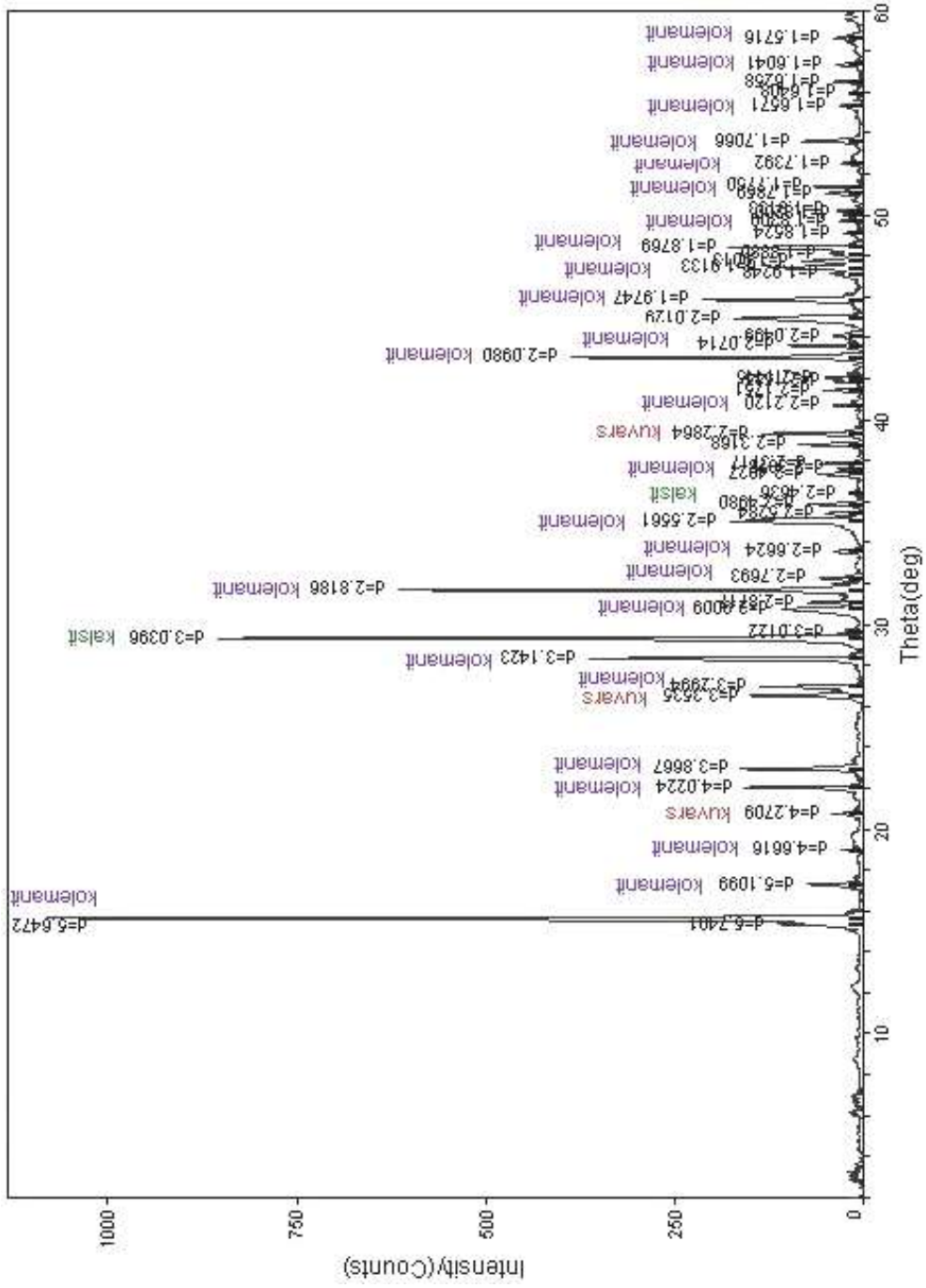
Şekil 6.74 Ö-5 nolu saf kristal kolemanit örneğine ait XRD diyagramı



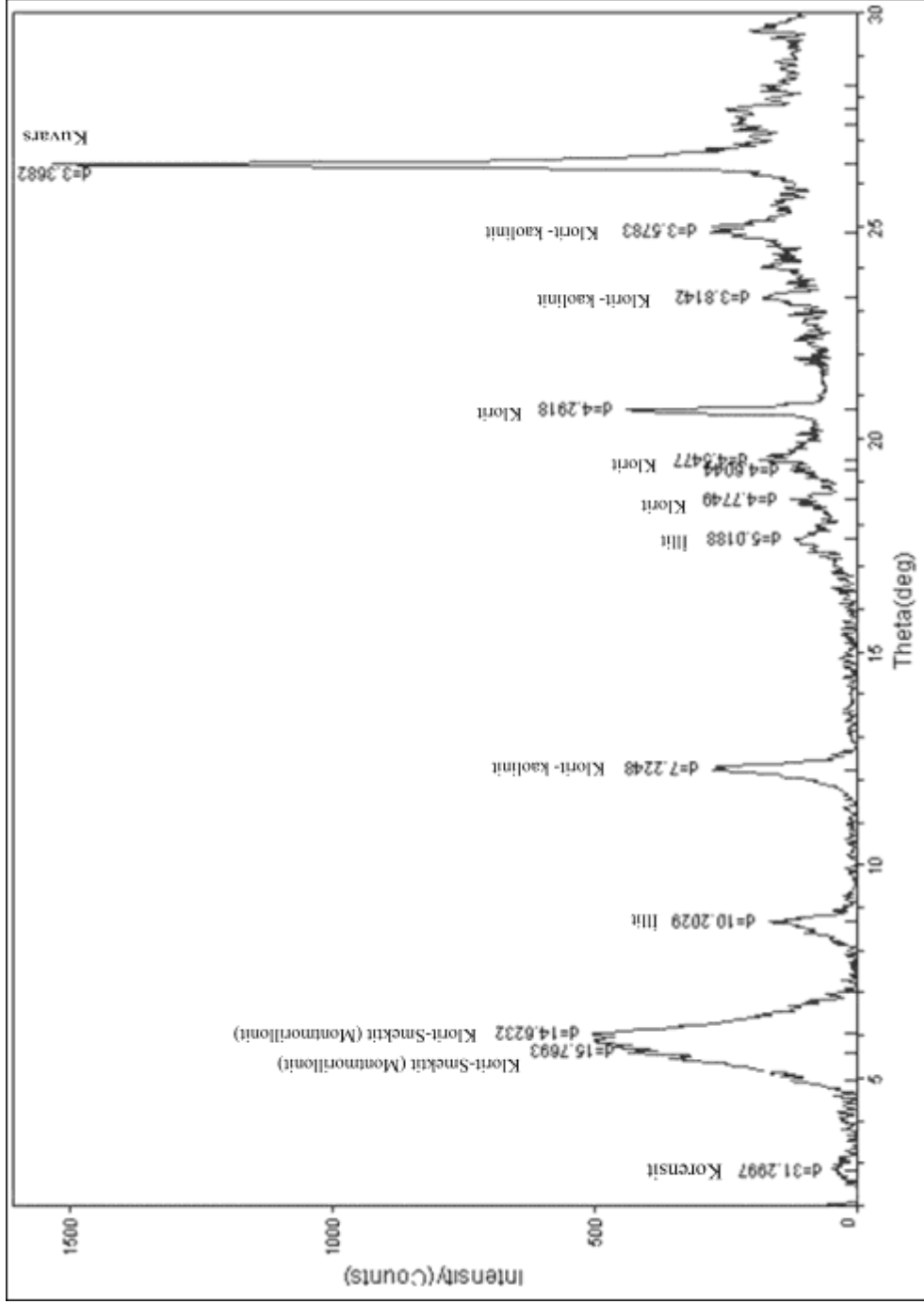
Şekil 6.75 Ö-1 nolu karbonatlı cevher örneğine ait XRD diyagramı



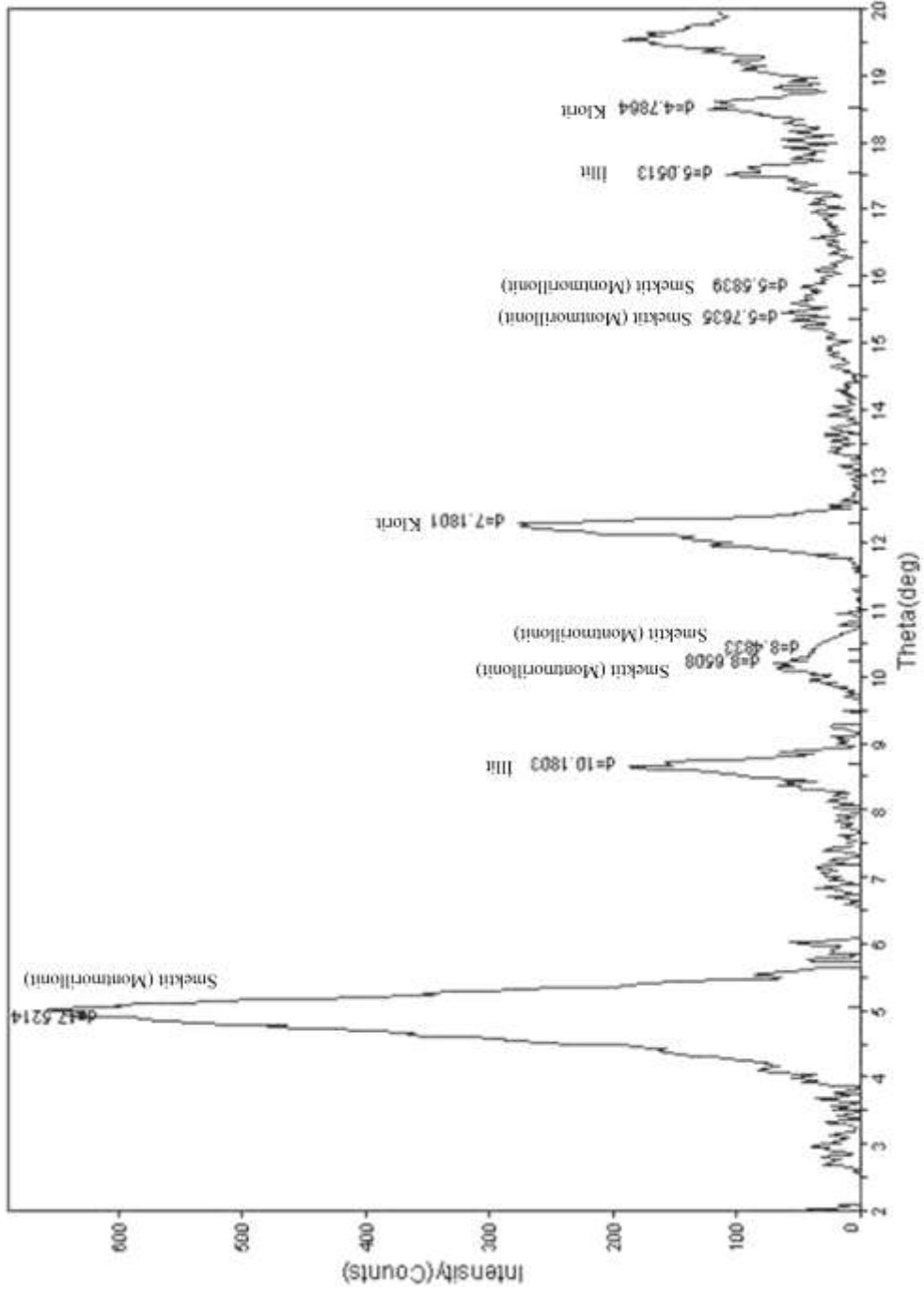
Şekil 6.76 Ö.S.1-3 nolu yumrulu cevher örneğine ait XRD diyagramı



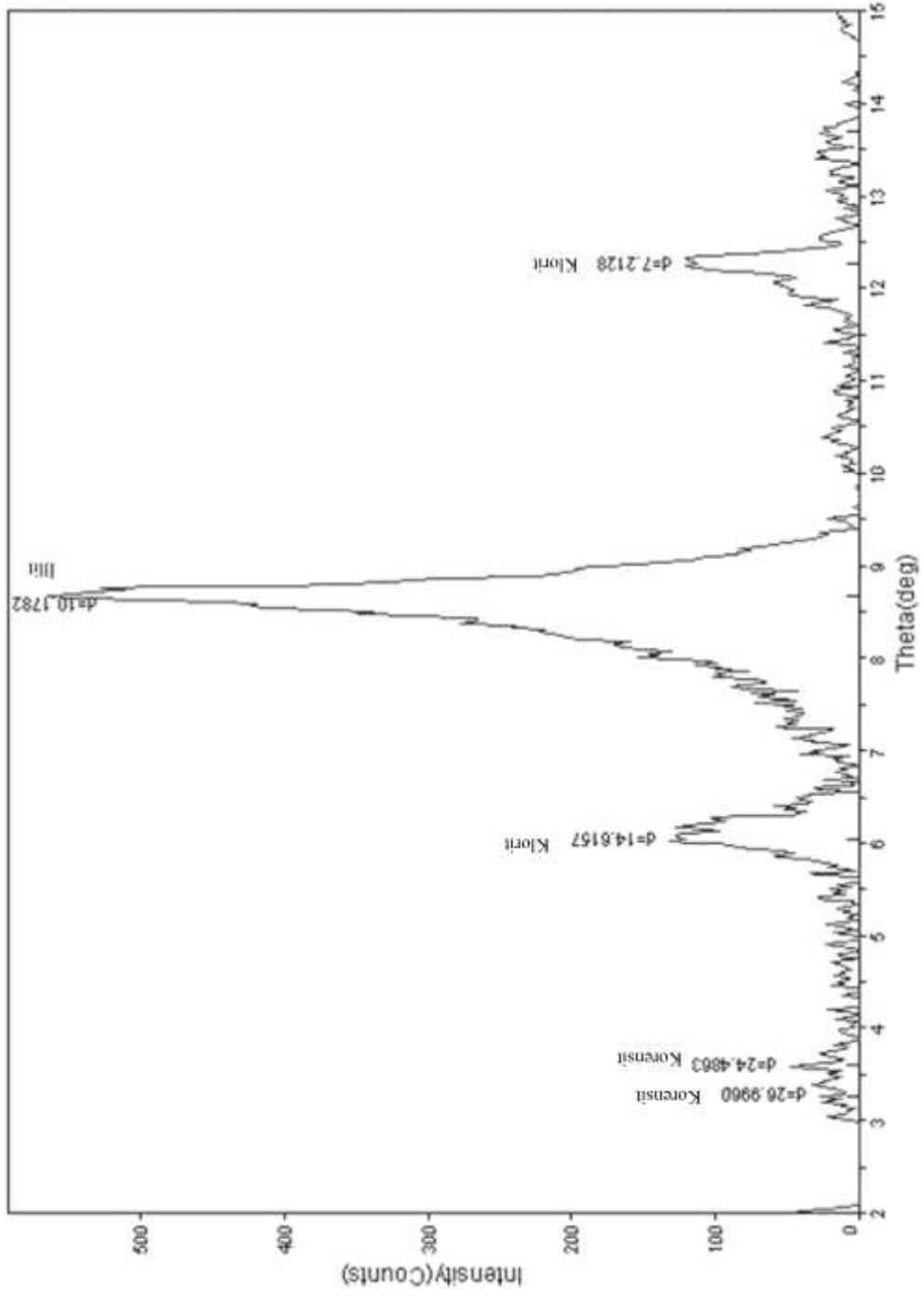
Şekil 6.77 Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğine ait XRD diyagramı



Şekil 6.78 Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğinin normal çekimli kıl analizi difraktogramı



Şekil 6.79 Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğinin etilen glikollü kil analizi difraktogramı



Şekil 6.80 Ö.S.7-3 nolu killi cevher örneğinin fırınlanmış kil analizi difraktogramı

6.3 Kırka Borat Yatağı Mineralojisi

Arazi gözlemleri ve laboratuvarında yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler ayrıca Konfakol Raman Spektroskopisi ve XRD yöntemleriyle yapılan çalışmalar sonucunda borat minerallerinin yapı-doku özellikleri ve parajenezi belirlenmiştir. Parajenezde borat minerali olarak boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), tinkalkonit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), kurnakovit ($\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$), probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), tunellit ($\text{SrB}_6\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ve kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) belirlenmiştir. Ayrıca bu yatakta Koç vd. (2012) tarafından ilk defa tespit edilen hidrokloroborit ($\text{Ca}_2[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_4\text{O} \text{ B}(\text{OH})_3]\text{Cl} \cdot 7(\text{H}_2\text{O})$), brianroulstonit ($\text{Ca}_3[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6](\text{OH})\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), hilgardit-4M ($\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$), ve searlesit ($\text{NaBSi}_2\text{O}_5(\text{OH})_2$) mineralleri belirlenmiştir. Bu minerallerden searlesit Garcia ve Helvacı (2013) tarafından da Kırka Göcenoluk kesiminde de belirlenmiştir. Ayrıca parajenezde dolomit, kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illit yer almaktadır. Sondaj örneklerinden yararlanılarak derinliğe göre mineral bileşenlerindeki değişimler takip edilmiştir. İncelenen KS1 örneklerinde çökelim NaCa-boratlarla başlamış, Na-boratlarla devam etmiş ve üst kesimlerinde ise tekrar NaCa-boratlarla sonlanmıştır. KS2 örneklerinin tabandan itibaren çökelim sırası NaCa-borat, Ca-borat, NaCa-borat ve Ca-borat şeklindedir. KY örneklerinde ise Na-borat, NaCa-borat, Na-borat, Mg-borat + NaCa-borat, NaCa-borat, Mg-borat + NaCa-borat, ve Ca-borat+ Sr-borat olarak sıralanmaktadır.

6.3.1 Kırka örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri

Na-borat zonunun hakim minerali boraks olup; başlıca breşimsi, bantlı ve camsı dokular göstermektedir. Bantlı borakslar (Şekil 6.81) renksizdir ve boraks kristalleri içerdikleri eser elementlere bağlı olarak yeşil, siyah, mavi veya balmumu rengindedir (Şekil 6.82-6.85). Camsı borakslar bantlı boraksları kesen kırık ve çatlak dolgusu şeklindedir. Breşik boraks ise bantlı dokuda olanların üst kesimlerinde, 2-4 m'lik seviyeler halindedir (Şekil 6.86). Bunlar kıltaşı/marn içerisinde 1-10 cm büyüklükte özşekilli-yarıözşekilli kristaller oluşturmaktadır.

NaCa-borat zonu Na-borat zonunun hemen üstünde ana minerali üleksit olan kesimdir. Bu zonda üleksitten başka kurnakovit, tunellit ve probertit bulunmaktadır. Üleksitler masif, yumrulu/nodüllü ve ince damarlar şeklinde olup beyaz renktedir. 1 m'ye varan kalınlıklarda tabakalar oluşturan masif üleksit ince ve iri kristallidir. Çapları 1-5 cm olan genellikle killer içinde bulunan yumrulu üleksit (Şekil 6.87) karnıbahara benzemektedir (Şekil 6.88). Çatlakları dolduran damar tipi üleksit ise lifsi doku göstermektedir (Şekil 6.89).

NaCa-borat zonunda bulunan kurnakovit killer içerisinde prizmatik, 1-20 cm büyüklüğünde tek kristal veya kristal toplulukları halindedir (Şekil 6.90). Kurnakovit üleksitle beraber veya ayrı seviyeler halinde, ardalanmalı olarak bulunmaktadır. Tunellit de üleksitle birlikte olup levhamsı dokuda ve saydamdır (Şekil 6.91). Probertit saydam görümlü ve masif biçimde gözlenmektedir.

Ca-borat zonu borat çökelinin en üst kesimini oluşturmaktadır. Hakim mineral olan kolemanit saydam tabakalar (Şekil 6.92) halindedir.



Şekil 6.81 Bantlı boraks



Şekil 6.82 Mavimsi boraks



Şekil 6.83 Balmumu renkte boraks



Şekil 6.84 Yeşilimsi boraks



Şekil 6.85 Saydam boraks



Şekil 6.86 Breşimsi boraks



Şekil 6.87 Yumru şeklindeki üleksit



Şekil 6.88 Karnıbahar şeklindeki üleksit



Şekil 6.89 Çatlak dolgusu şeklinde lifsi üleksit



Şekil 6.90 Özşekilli kurnakovit



Şekil 6.91 Şeffaf levhamsı tunellit

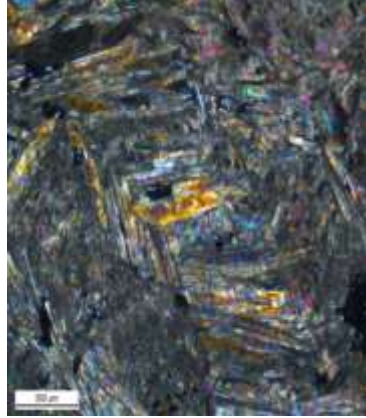


Şekil 6.92 Şeffaf kolemanit

Araziden alınan örneklerden ince kesit yapılmış ve bunların üzerinden mineralojik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Makroskobik olarak masif halde bulunan üleksit (KY26) ışınal doku göstermekte olup, grimsi beyaz ve kirli sarı, açık kahve renklerde izlenmekte ve çapraz nikelde pembe, turuncu, yeşil ve özellikle mavi renkte canlı girişim renkleri göstermektedir (Şekil 6.93-6.94).

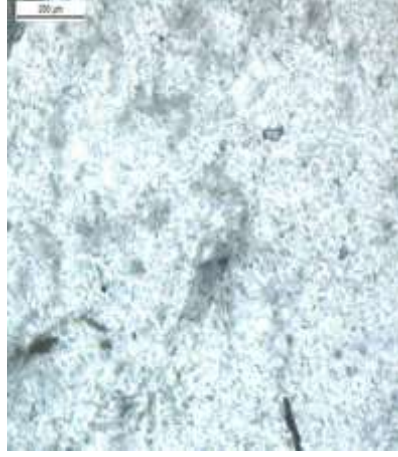


Şekil 6.93 Masif üleksit (Tek nikol)

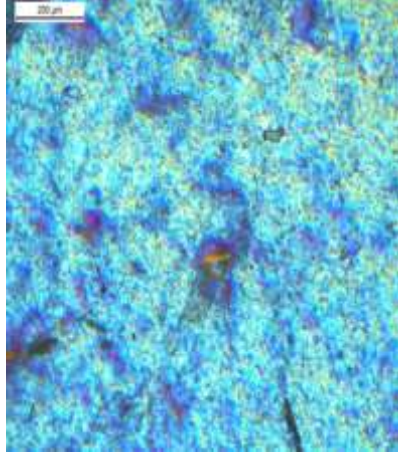


Şekil 6.94 Masif üleksitin canlı girişim renkleri (Çift nikol)

Makroskopik olarak kristal haldeki kolemanit (KS2-10 örneği) polarizan mikroskopta renksiz, grimsi beyaz renklerde izlenmekte ve çapraz nikolde özellikle mavi ve mavimsi yeşil renkte canlı girişim renkleri sergilemektedir (Şekil 6.95 ve 6.96).



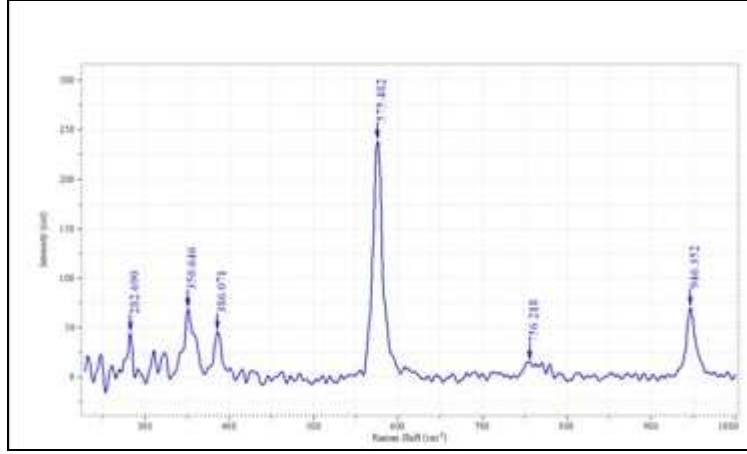
Şekil 6.95 Saydam ışınal kolemanit (Tek nikol)



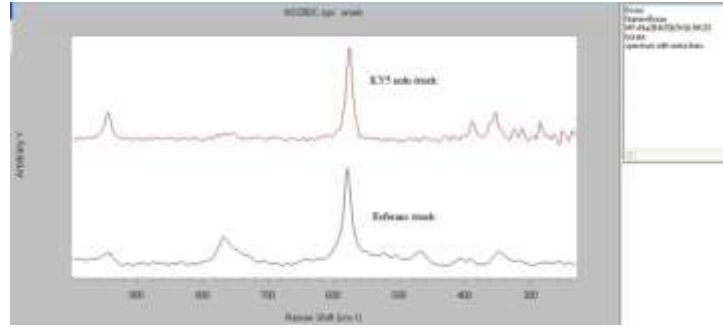
Şekil 6.96 Saydam ışınal kolemanitin canlı girişim renkleri (Çift nikol)

6.3.2 Kırka örneklerinin Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri

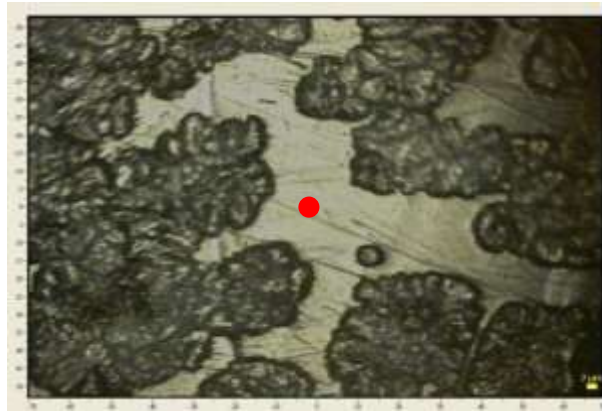
Konfakol Raman yöntemiyle boraks, üleksit, kolemanit, probertit, kurnakovit, aragonit ve dolomit minerallerinin varlığı ortaya konmuştur. Şekil 6.97’de kristal boraks mineralinin Raman spektrumu görülmekte olup bu örnekte boraksa ait 575.482’lik pik değeri de şekil üzerinde belirtilmiştir. Ayrıca bu örneğin değerlendirmesi şekil 6.98’da ve analizin yapıldığı nokta ise 6.99’de verilmiştir. Yapılan Raman analizleri sonucunda belirlenen boraks, üleksit, kolemanit, probertit, kurnakovit mineralleri ile bunlara eşlik eden aragonit, dolomit minerallerine ait spektrumlarından bazıları ve analiz noktalarının görüntüsü şekil 6.100, 6.102- 6.106 arasında belirtilmiştir. Şekil 6.101’de ise KY16 nolu üleksit mineraline ait analiz noktasının görüntüsü yer almaktadır.



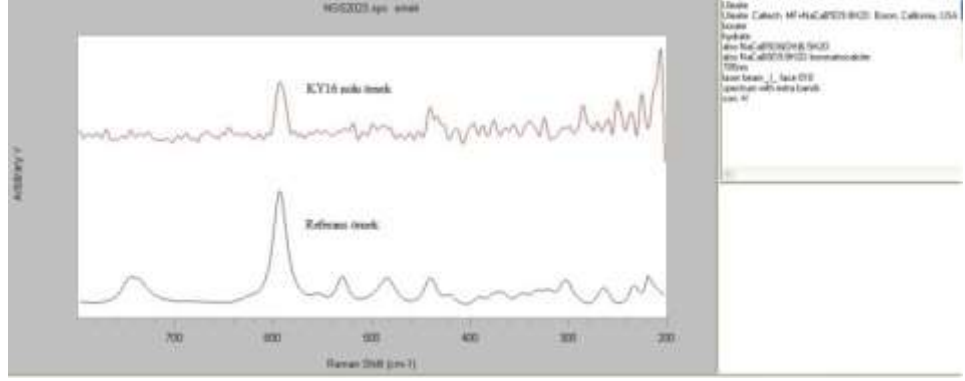
Şekil 6.97 KY5 nolu kristal boraksa ait Raman spektrumu ve pik değeri



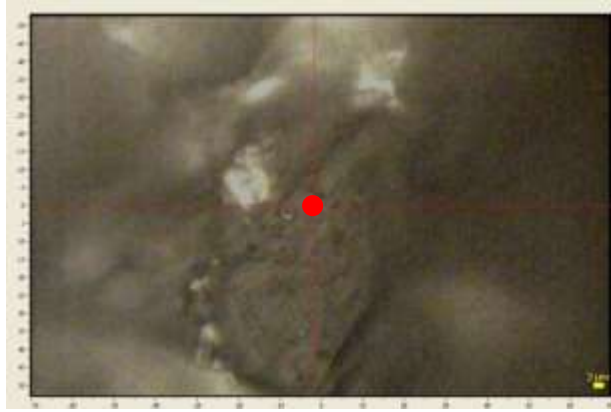
Şekil 6.98 KY5 nolu kristal boraksa ait Raman spektrumu



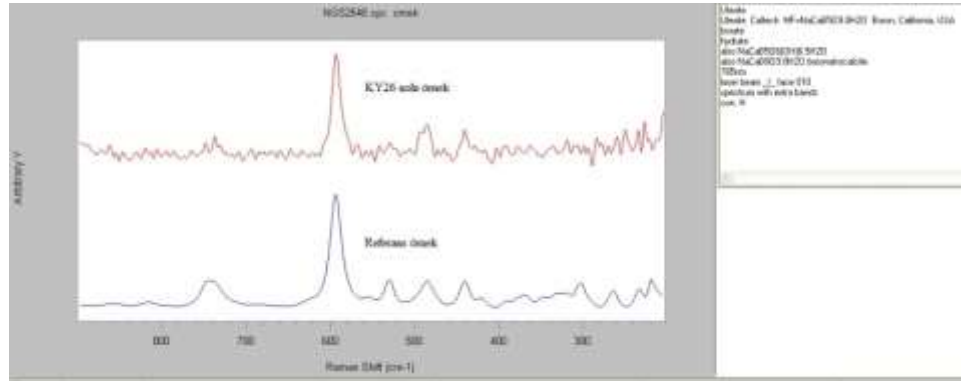
Şekil 6.99 KY5 nolu kristal borakstan analiz yapılan noktanın görüntüsü



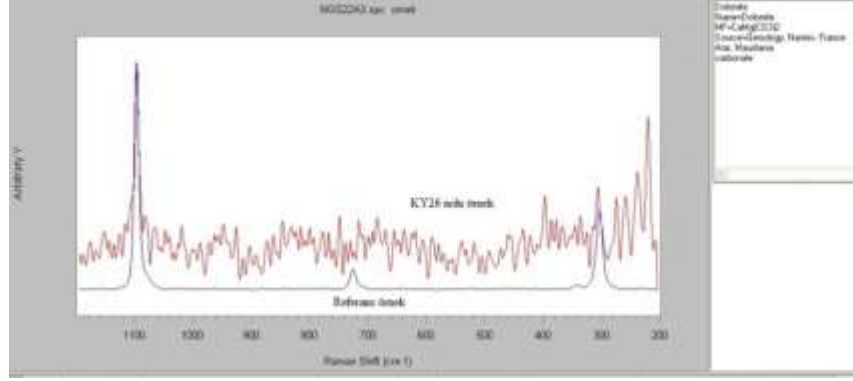
Şekil 6.100 KY16 nolu karnıbahar şeklindeki üleksite ait Raman spektrumu



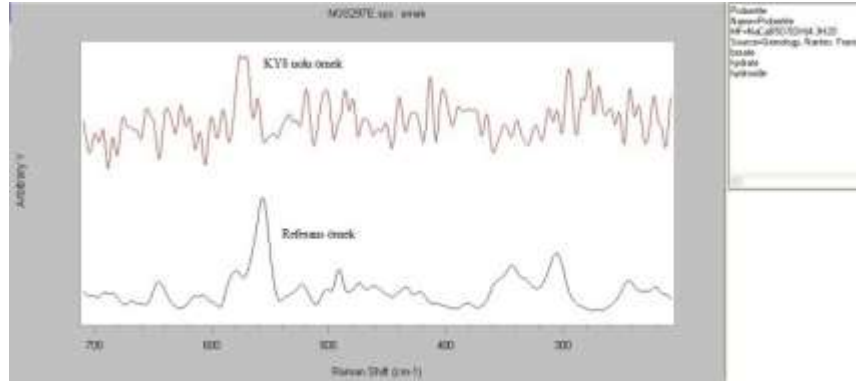
Şekil 6.101 KY16 nolu karnıbahar şeklindeki üleksitten analiz yapılan noktanın görüntüsü



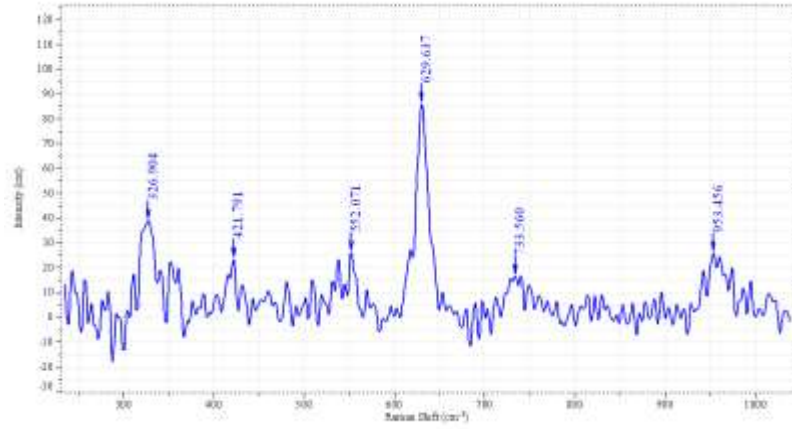
Şekil 6.102 KY26 nolu beyaz renkli masif üleksitin Raman spektrumu



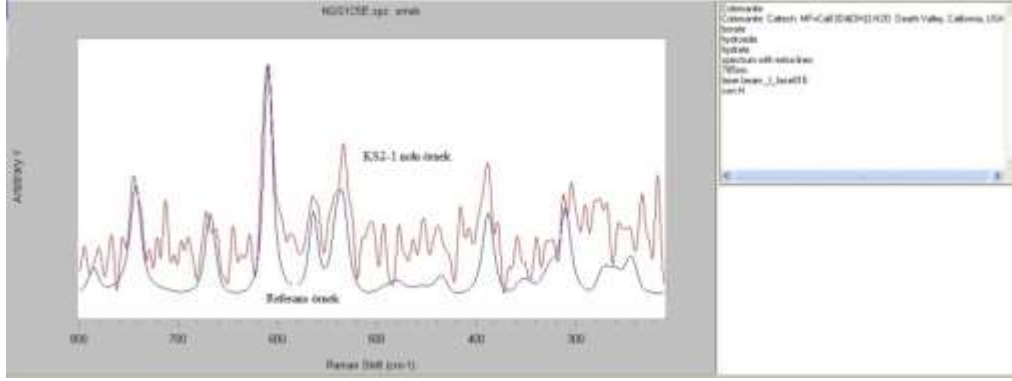
Şekil 6.103 KY26 nolu üleksite eşlik eden dolomitin Raman spektrumu



Şekil 6.104 KY8 nolu probertite ait Raman spektrumu



Şekil 6.105 KY 24 kurnakovite ait Raman spektrumu



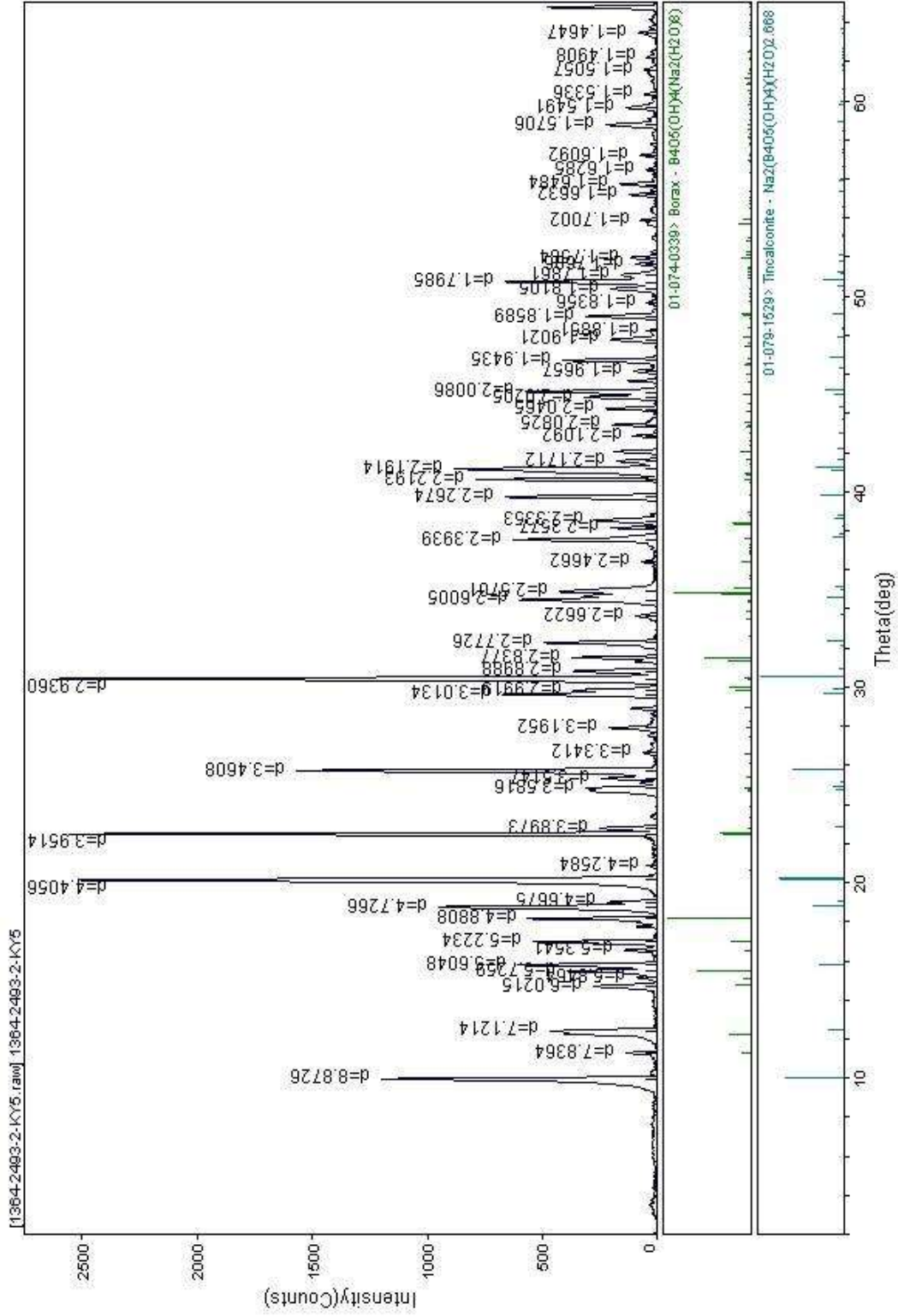
Şekil 6.106 KS2-1 nolu şeffaf kolemanite ait Raman spektrumu

6.3.3 Kırka örneklerinin X-Işını Difraktometresi (XRD) incelemeleri

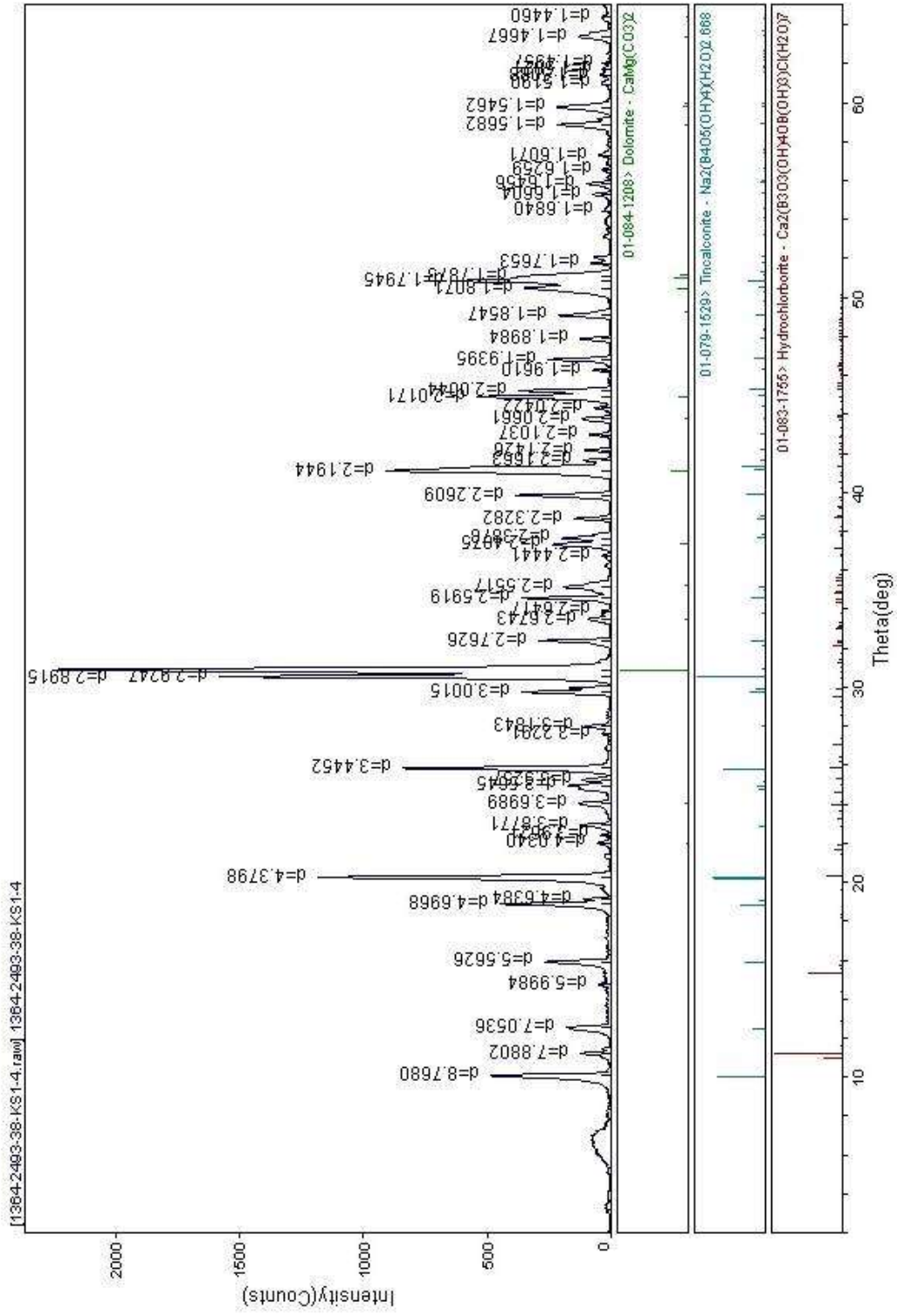
Kırka boratlarına ait XRD incelemelerinde baskın olarak boraks minerali belirlenmiştir (Şekil 6.107). Bu mineralin yüzey koşullarında dahi 5 mol suyunu vererek tinkalkonite dönüştüğü bilinmektedir (Baysal 1973, Yalçın ve Baysal 1991, Helvacı ve Orti 2004). Buna göre boraksın öğütme sırasında artan sıcaklıkla beraber muhtemelen kristal suyunu kaybettiği, bunun sonucunda tinkalkonitin oluştuğu ve boraksa eşlik ettiği söylenebilir. Bazı örneklerde ise tamamen tinkalkonit belirlenmiştir (Şekil 6.108). Borakstan sonra en fazla üleksit ve kolemanit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 6.109–6.110). Kolemanit, üleksit, probertit, kurnakovit ve tunellit belirlenen diğer bor mineralleridir (Şekil 6.109-6.112). Ayrıca bor minerallerine büyük oranda dolomitin eşlik ettiği görülmüştür (Şekil 6.108-6.110). Hidrokloroborit, brianroulstonit, hilgardit, ve searlesit gibi borat minerallerine XRD incelemelerinde rastlanılmıştır. Hidrokloroboriti Hurlbut vd. (1977) Şili'deki Antofagast üleksit borat yatağında tespit etmiştir. Bu çalışmada deneysel olarak doymuş sodyum klorür çözeltisinde ve oda sıcaklığında dört saatte 2 mm'lik kristalin tamamen çözüldüğünü saptamışlar, buna dayanarak da hidrokloroboritin Antofagast üleksit playa yatağında kuru mevsimlerde mevsimsel olarak oluştuğunu belirtmişlerdir. Brianroulstonit minerali Jambor ve Roberts (1998) tarafından New Brunswick'daki Penobsquis madenininin Missisipi tipi halit-silvin evaporitlerindeki diğer boratlarla ilişkili yeni bir mineral olarak tespit edilmiştir. Bu mineralin 0.5x.25x0.1mm boyutlarında mika taneleri gibi oluştuğunu ve 2x1x1 mm'ye kadar parçalanmış kütleler sunduğunda bildirilmiştir. Searlesit minerali

daha önce Koç vd. (2010) tarafından Bigadiç yatağında yapılan araştırmada tespit edilmiştir. Searlesit, Hay (1966)'ya göre denizel olmayan yüksek tuzluluğa sahip ortamlarda otijenik silikatlar şeklinde bulunmaktadır (Yang ve Rosenberg 1992). Searlesitin bazı alkalın göllerde (Kaliforniya'daki Searles gölü) gelişen sedimanlarda oluştuğu ve otijenik K-feldispat ve zeolitlerle birlikte bulunduğu da bilinmektedir (Hay ve Moiola 1963, Taylor ve Surdam 1981). Ayrıca searlesit Tecopa gölü tüfitlerinden alterasyonla oluşan otijenik zeolitlerle de birlikte bulunmaktadır (Sheppard ve Gude, 1968). Hilgardit-4M ise Rachlin vd. (1986) tarafından New Brunswick'daki Penobsquis madeninde oluşan boratlardan biri olarak belirtilmiştir. Bu yazarlar Hilgardit grubu minerallerin nispeten nadir olduklarını ve yalnızca birkaç oluşumunun kabul gördüğünü vurgulamıştır. Ayrıca kristallerin renksiz, hafif kırmızımsı kahverengi ve beyaz çizgi rengine sahip olduğunu söylemiştir.

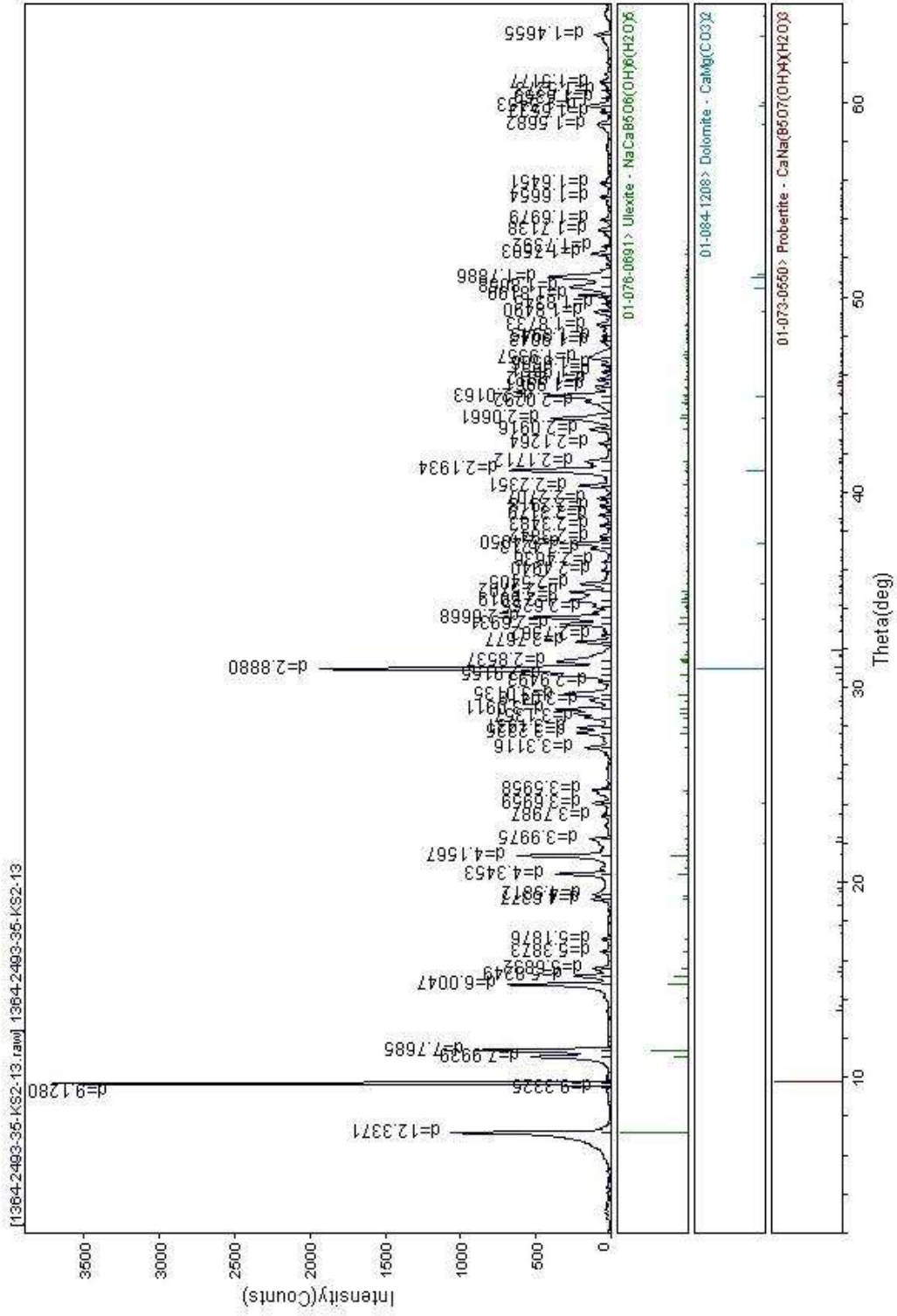
Kırka borat yatağına ait 10 adet örnekten kil ayrılmış, hazırlanan yönelmiş kil plakeleri XRD metodu ile analiz edilmiştir. Killerin cinsi ve bolluğu çökeltme ortamları için veri sağlayabilir. İncelenen örneklerin tamamında kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illit belirlenmiştir. Şekil 6.113-6.121'de Kırka ocağına ait örneklerin normal, etilen glikollü ve fırınlanmış X-ışını difraktogramları görülmektedir. Şekillerde smektit grubu (montmorillonit) d:17 ve illitin d:10 değerleri net bir şekilde görülmektedir.



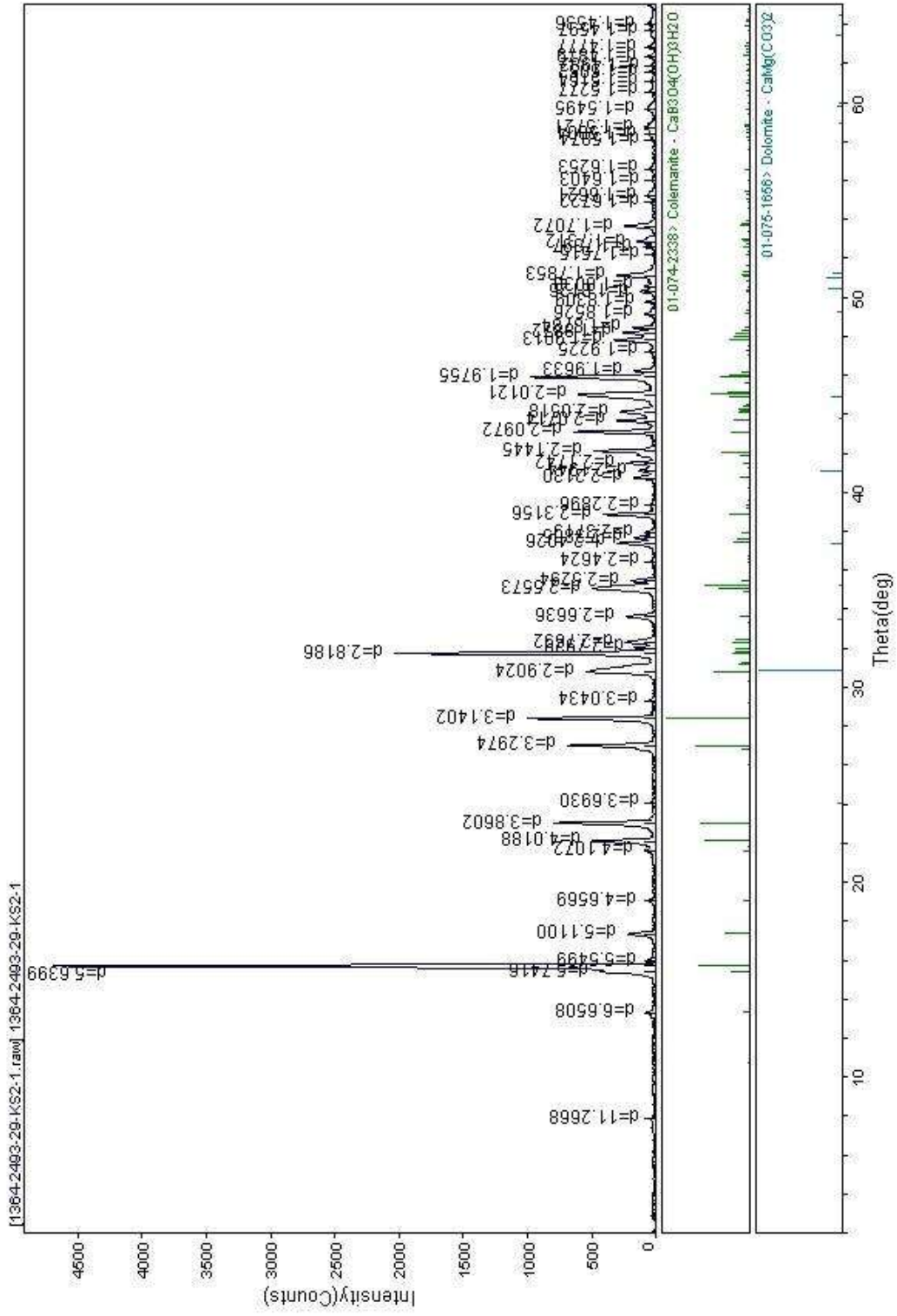
Şekil 6.107 Kırka KY5 örneğine ait XRD diyagramı



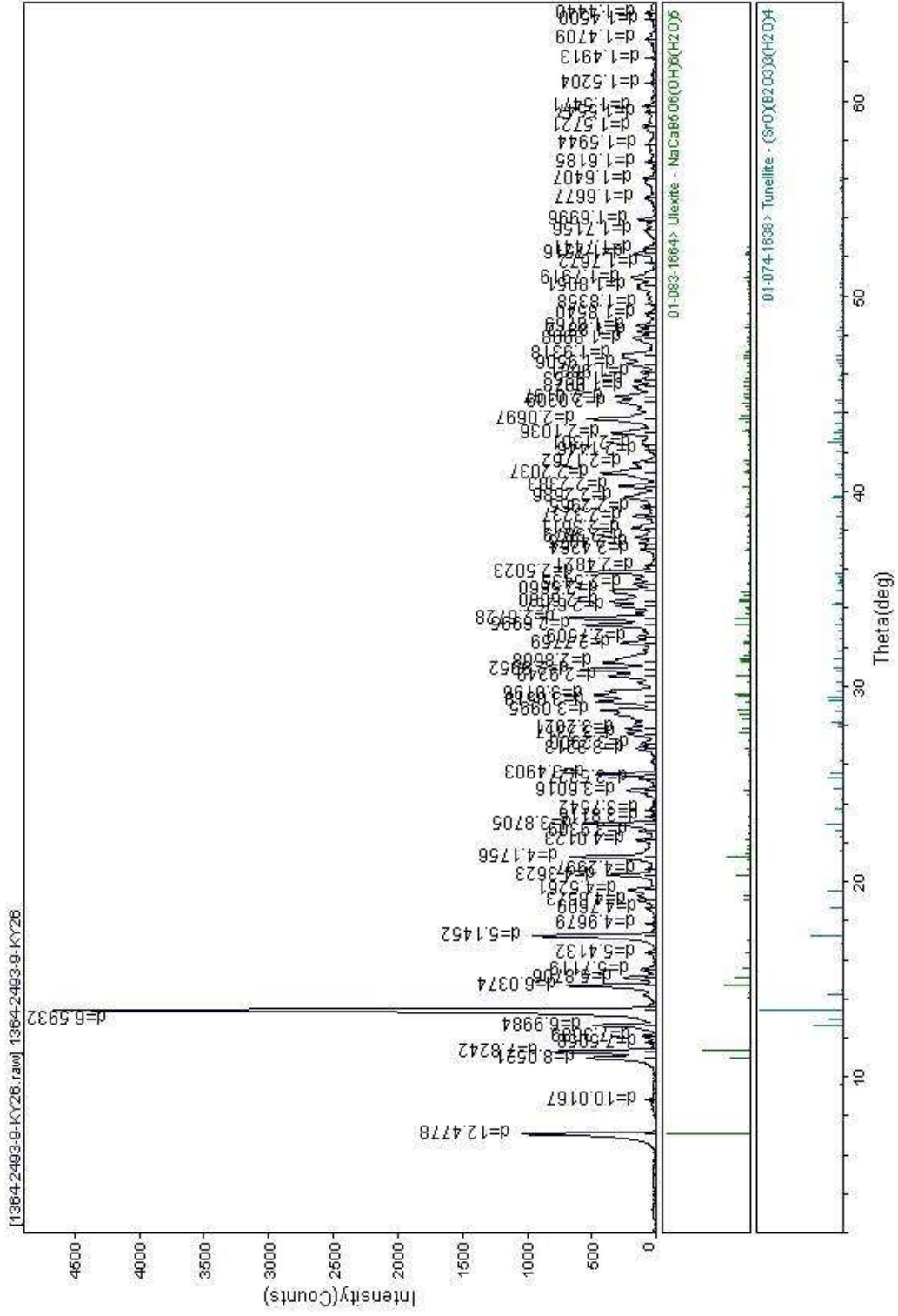
Şekil 6.108 Kırka KS1-4 örneğine ait XRD diyagramı



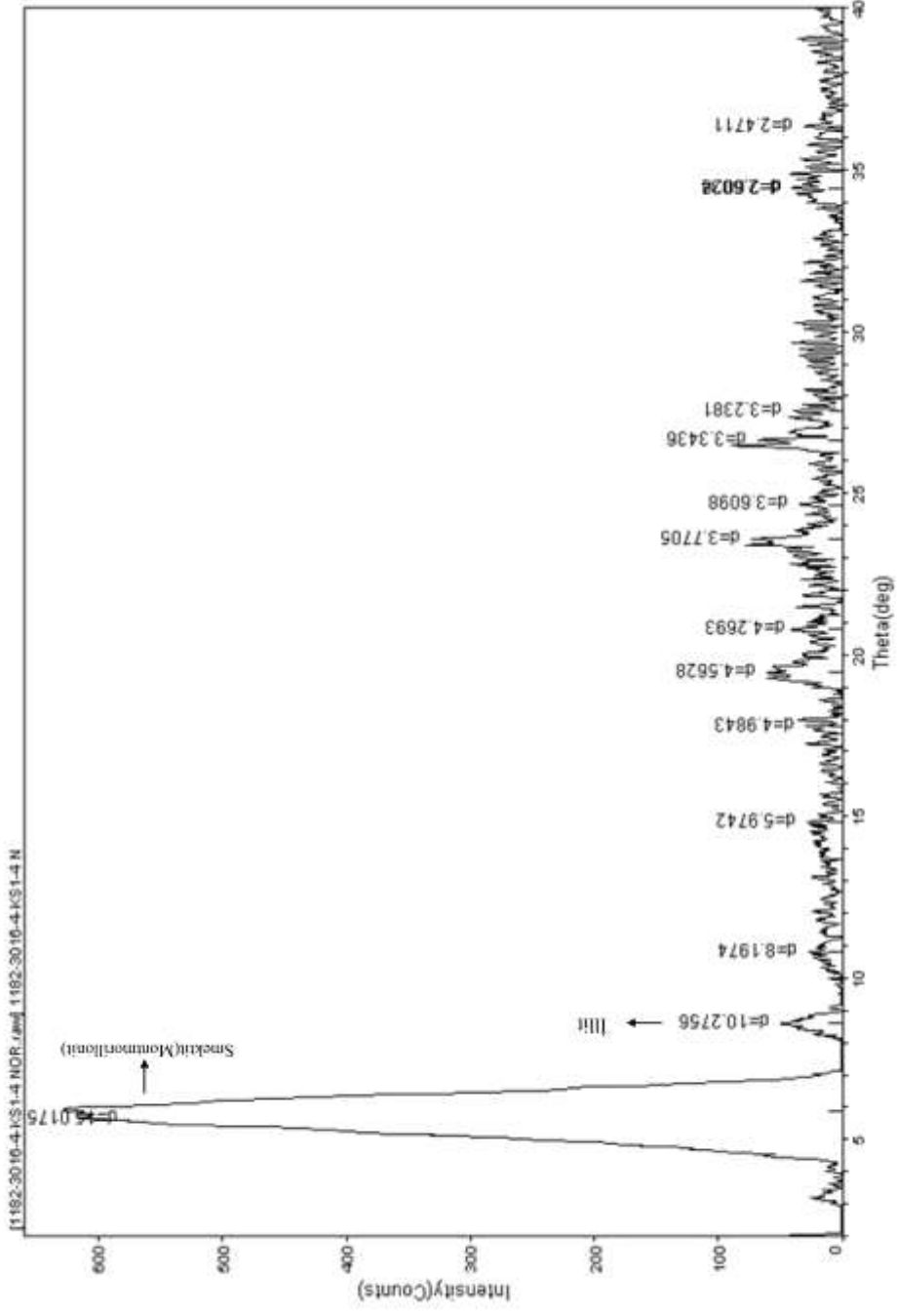
Şekil 6.109 Kırka KS2-13 örneğine ait XRD diyagramı



Şekil 6.110 Kırka KŞ2-1 örneğine ait XRD diyagramı



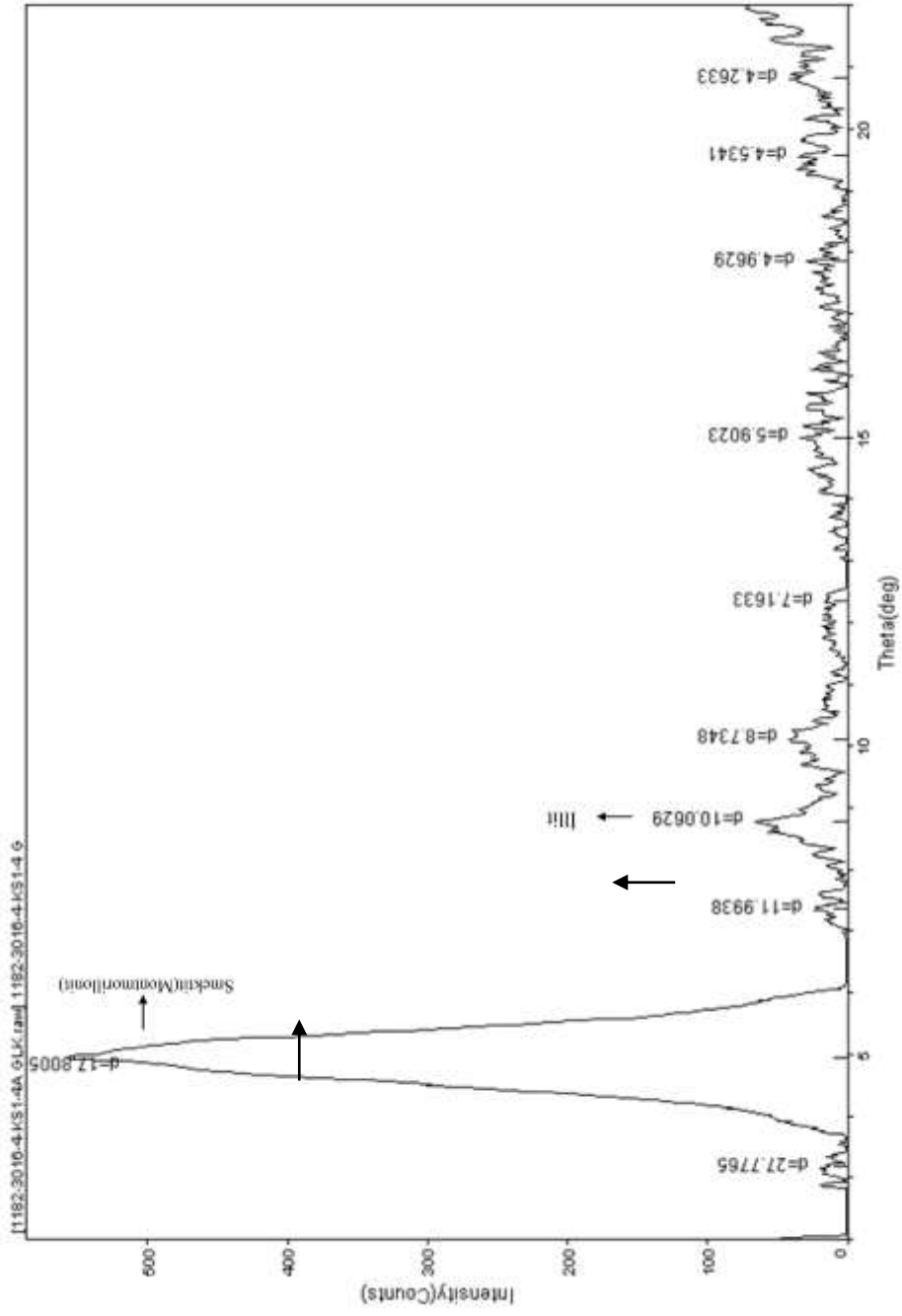
Şekil 6.112 Kırka KY26 örneğine ait XRD diyagramı



IPAO

[BT00-0119]gawuj-C:\ETRD231182-3010-4-KS1-4 NOR> Friday, Jan 06, 2012 04:56p (MDI/JADE)

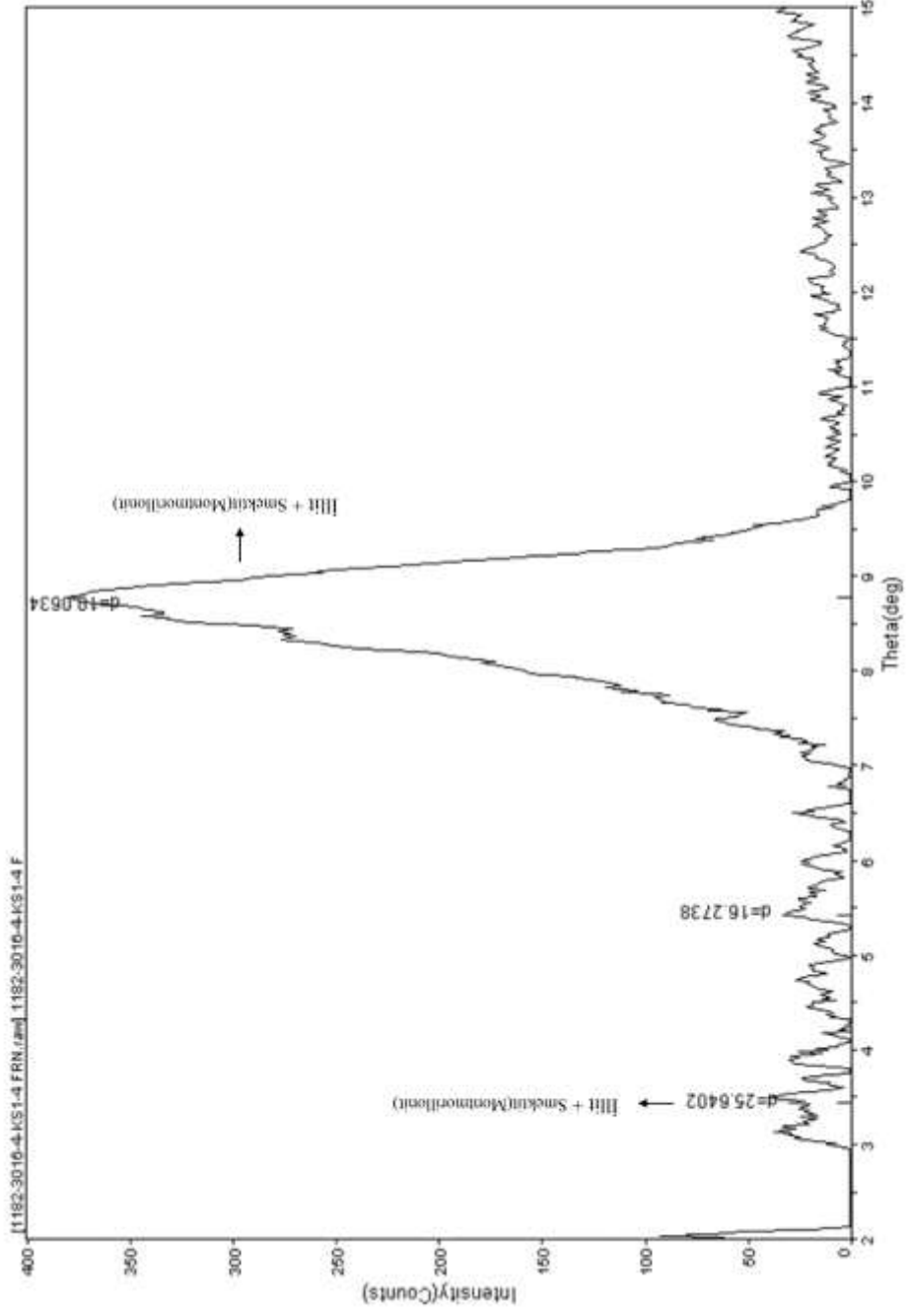
Şekil 6.113 Kırka KS1-4 örneğine ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı



TPAO

[P:\00411\papak\G:\ETK\825\1182-3010-4.KS1-4.GLK] Friday, Jan 08, 2012 04:56p (MOLUAD07)

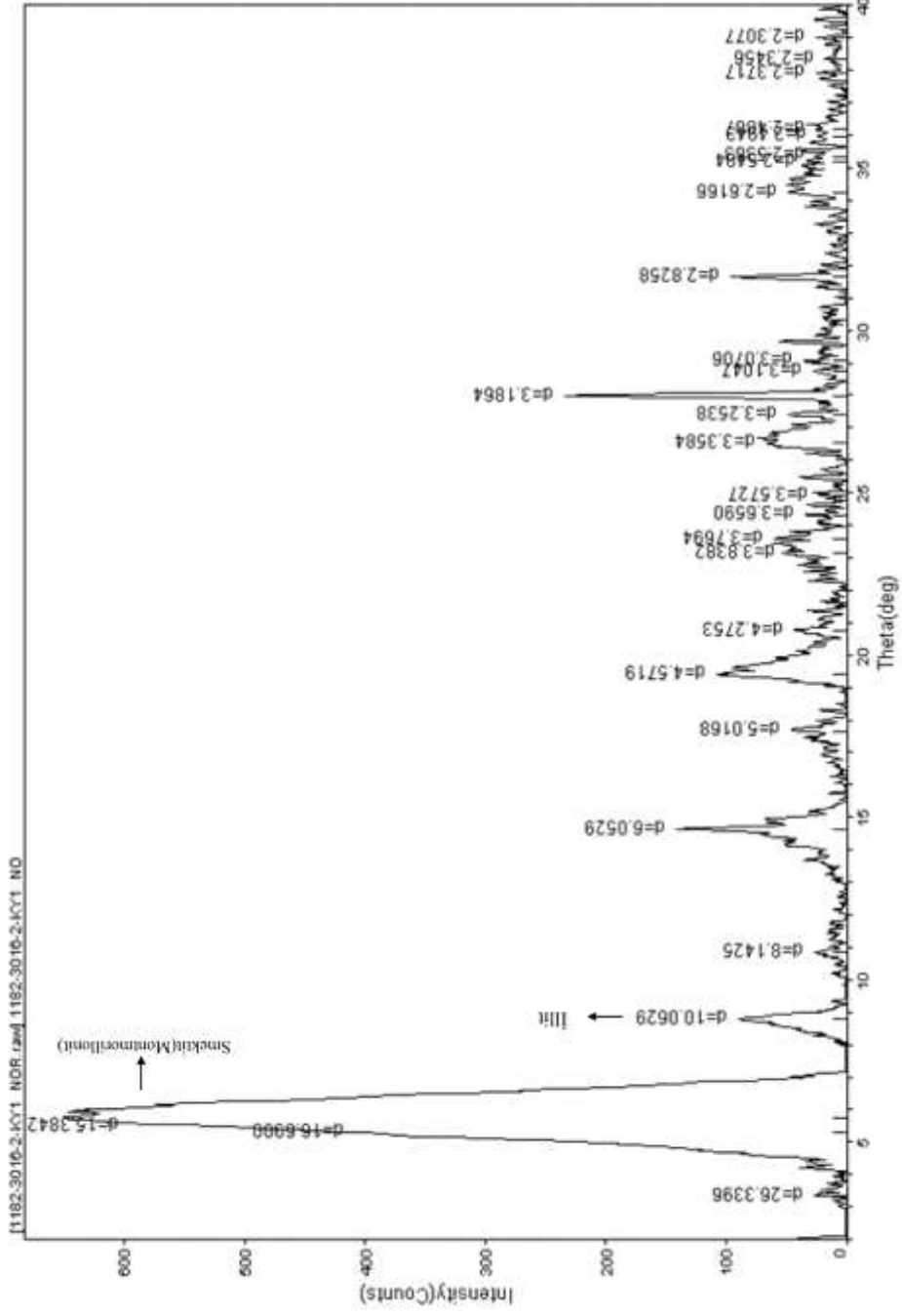
Şekil 6.114 Kırka KS1-4 örneğine ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı



PAO

[E:\00411\yagaj\0-1\ETX8231182-3010-4 KS1-4 FRN> Friday, Jan 06, 2012 04:29p (NDIUJADET,

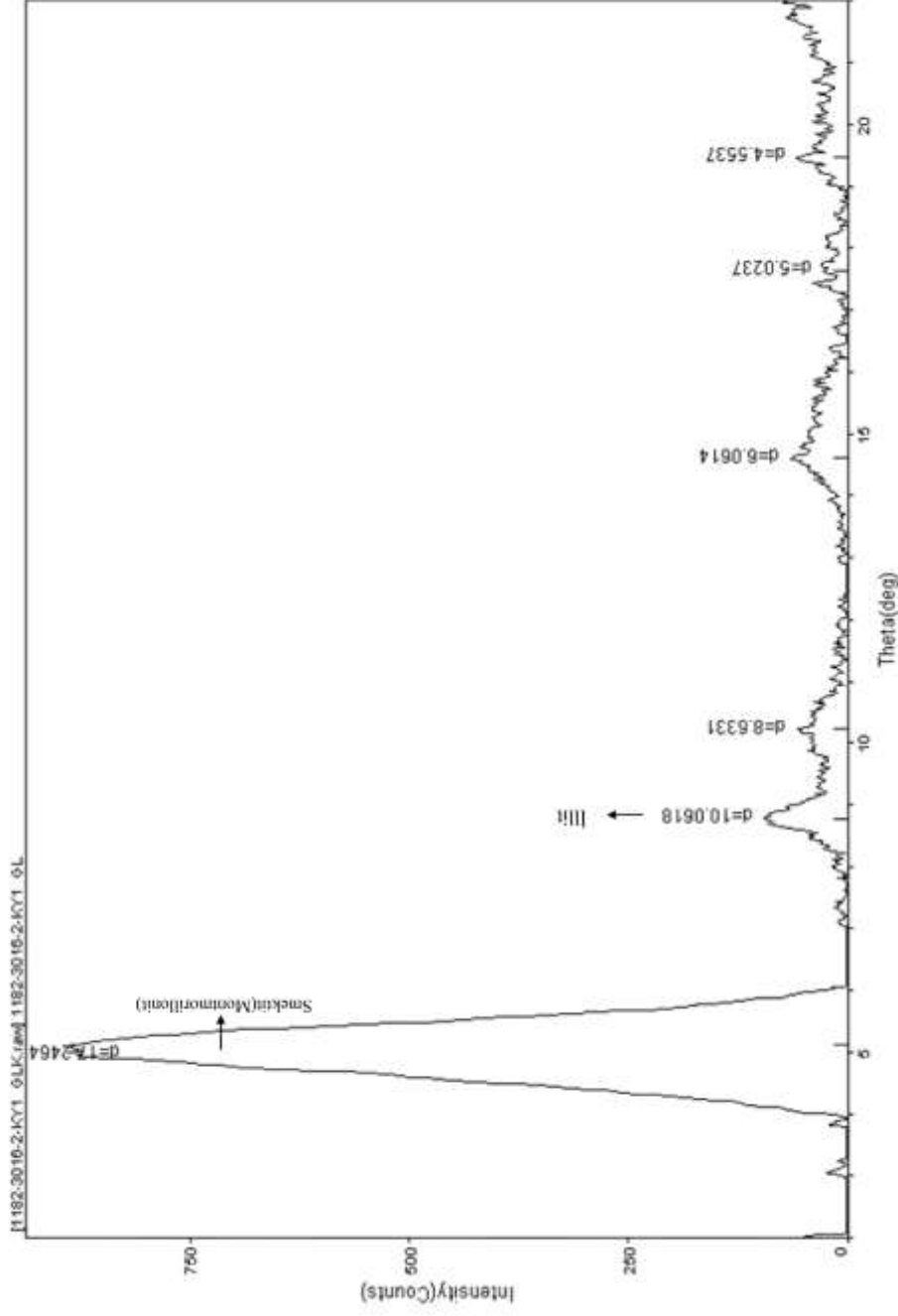
Şekil 6.115 Kırka KS1-4 örneğine ait firınlanmış kil örneği XRD diyagramı



TPAO

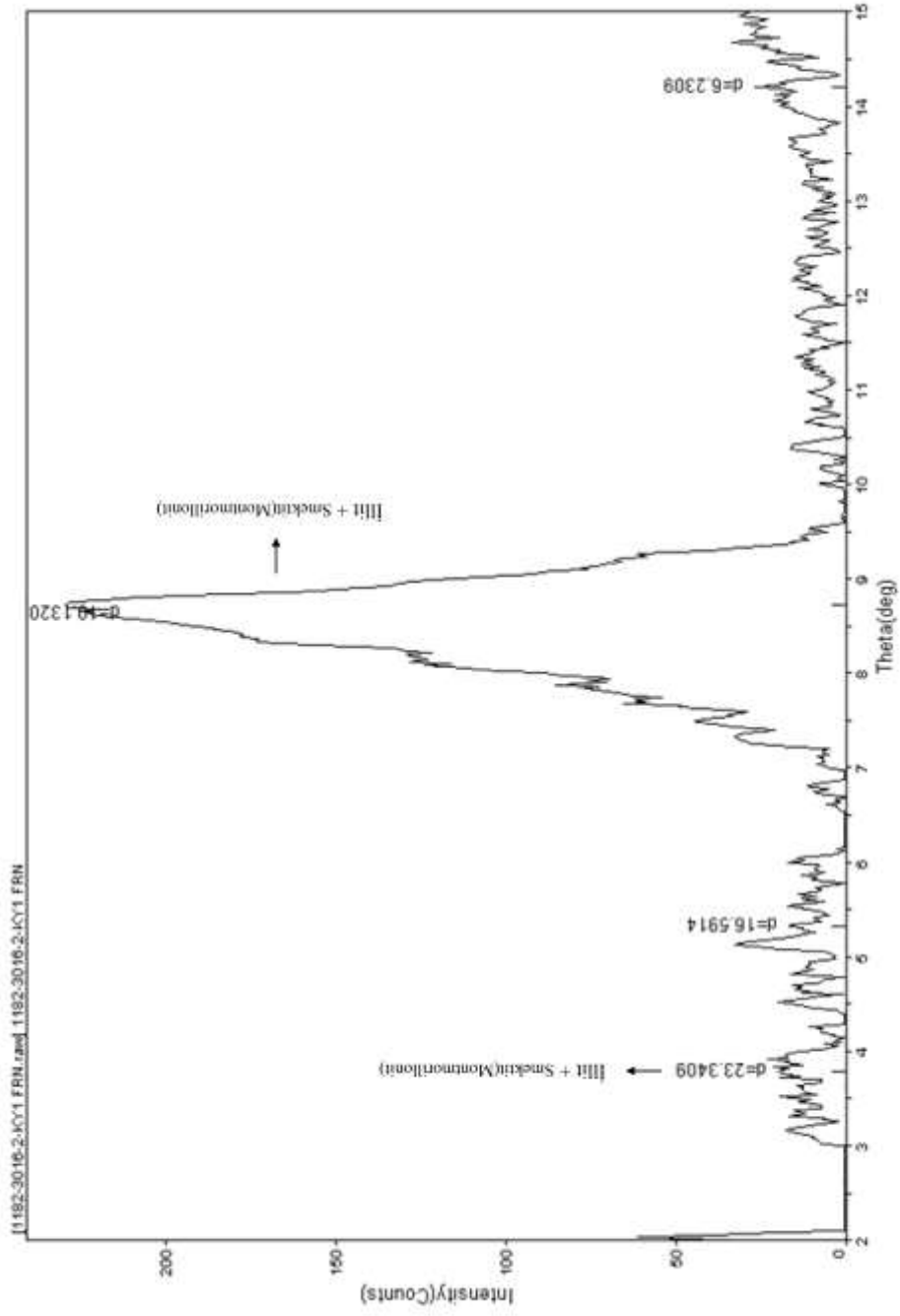
[B:\0041\Inpakuj\0-1\ETK\0231182-3016-2-KY1_NOR.FRIDAY, Jan 06, 2012 04:26p (MDI)JADE7

Şekil 6.116 Kırka KY1 örneğine ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı



[B7004119gaku]C:\ETK\B231182-3016-2-KY1 GLK Friday, Jan 06, 2012 04:20p (MOJUHDE)

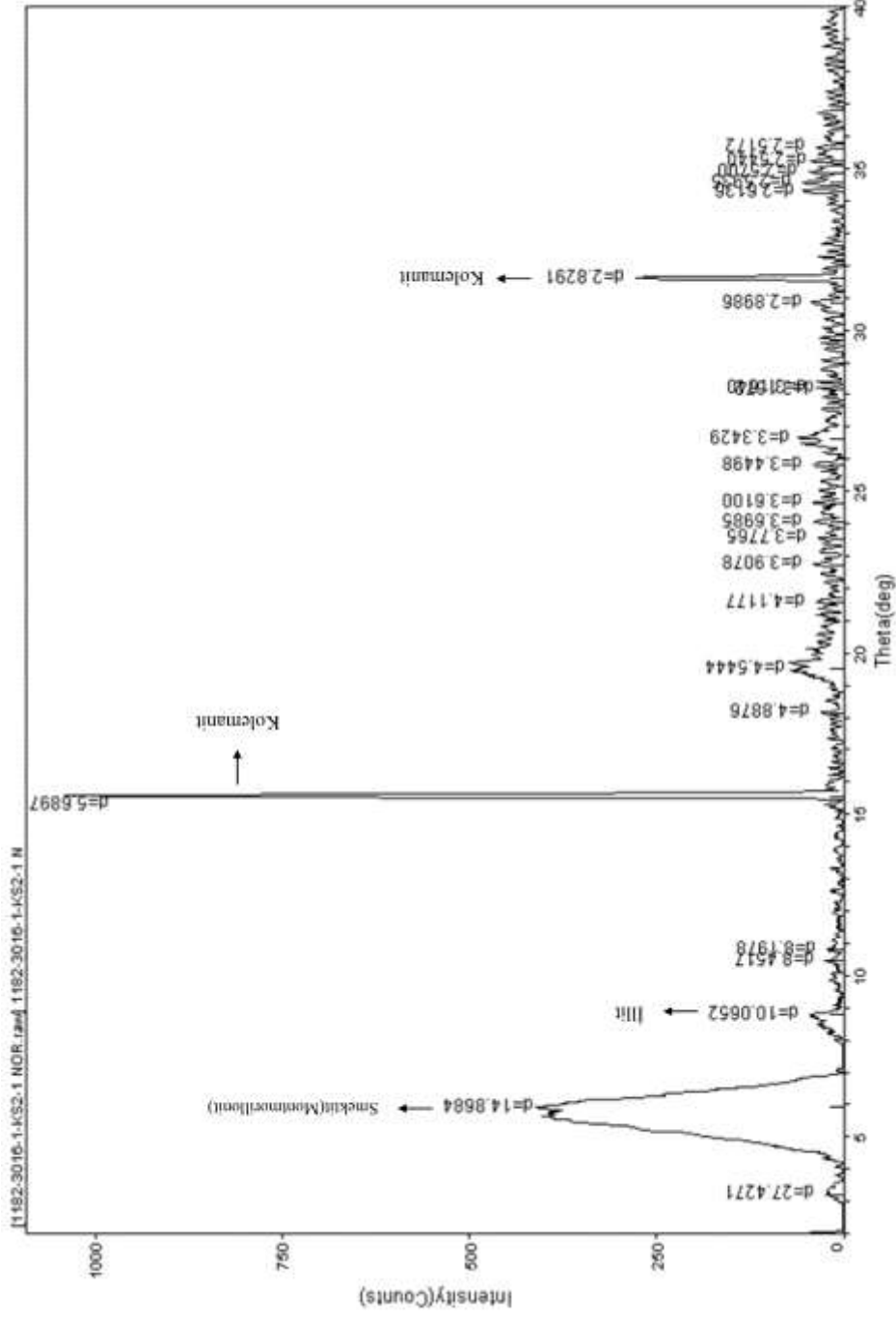
Şekil 6.117 Kırka KY1 örneğine ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı



IPAO

[E:\0041\mgakuj\0\NETYB231182-3016-2-KY1.FRN] Friday, Jan 06, 2012 04:20p (MDI/JADE)

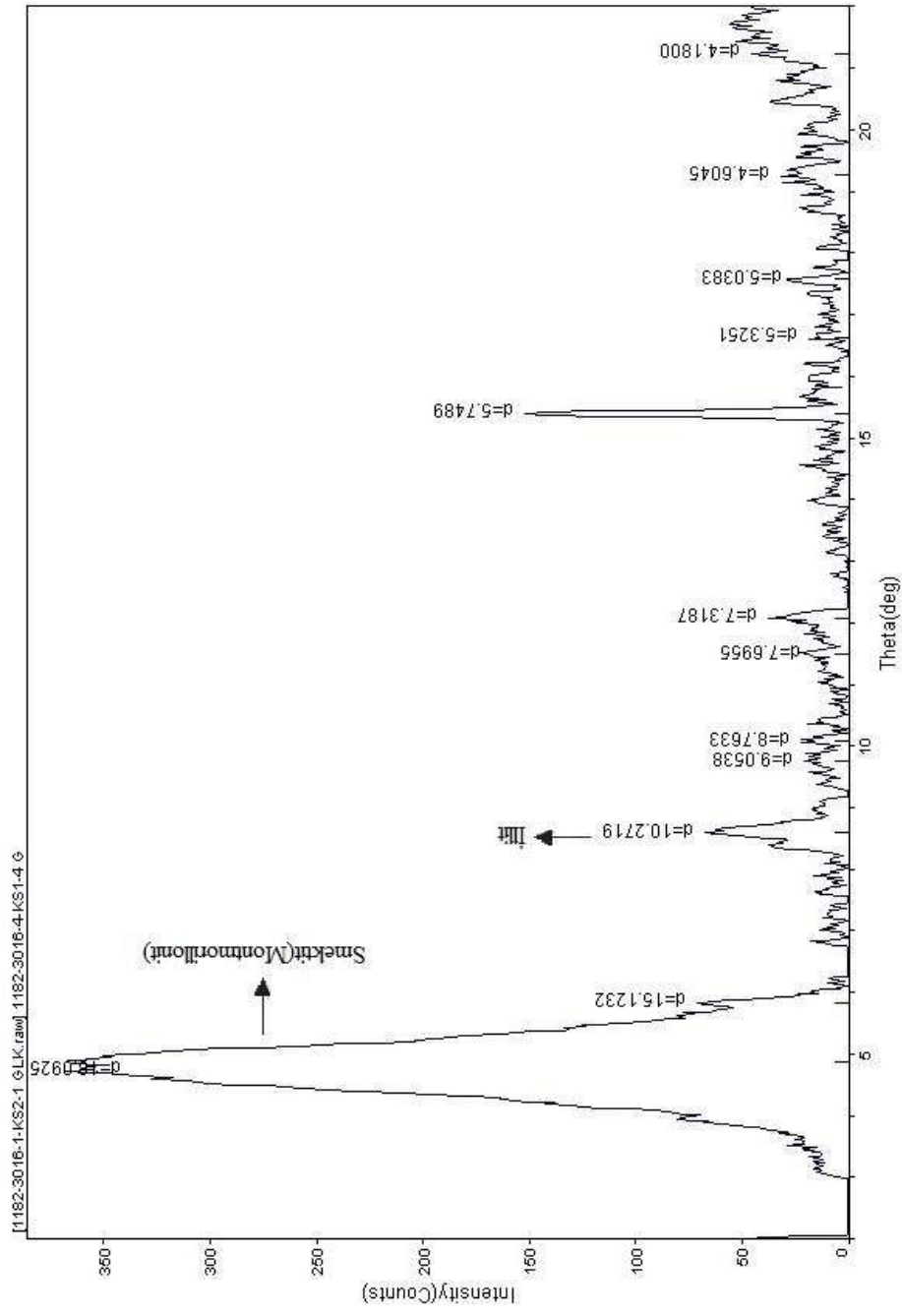
Şekil 6.118 Kırka KY1 örneğine ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı



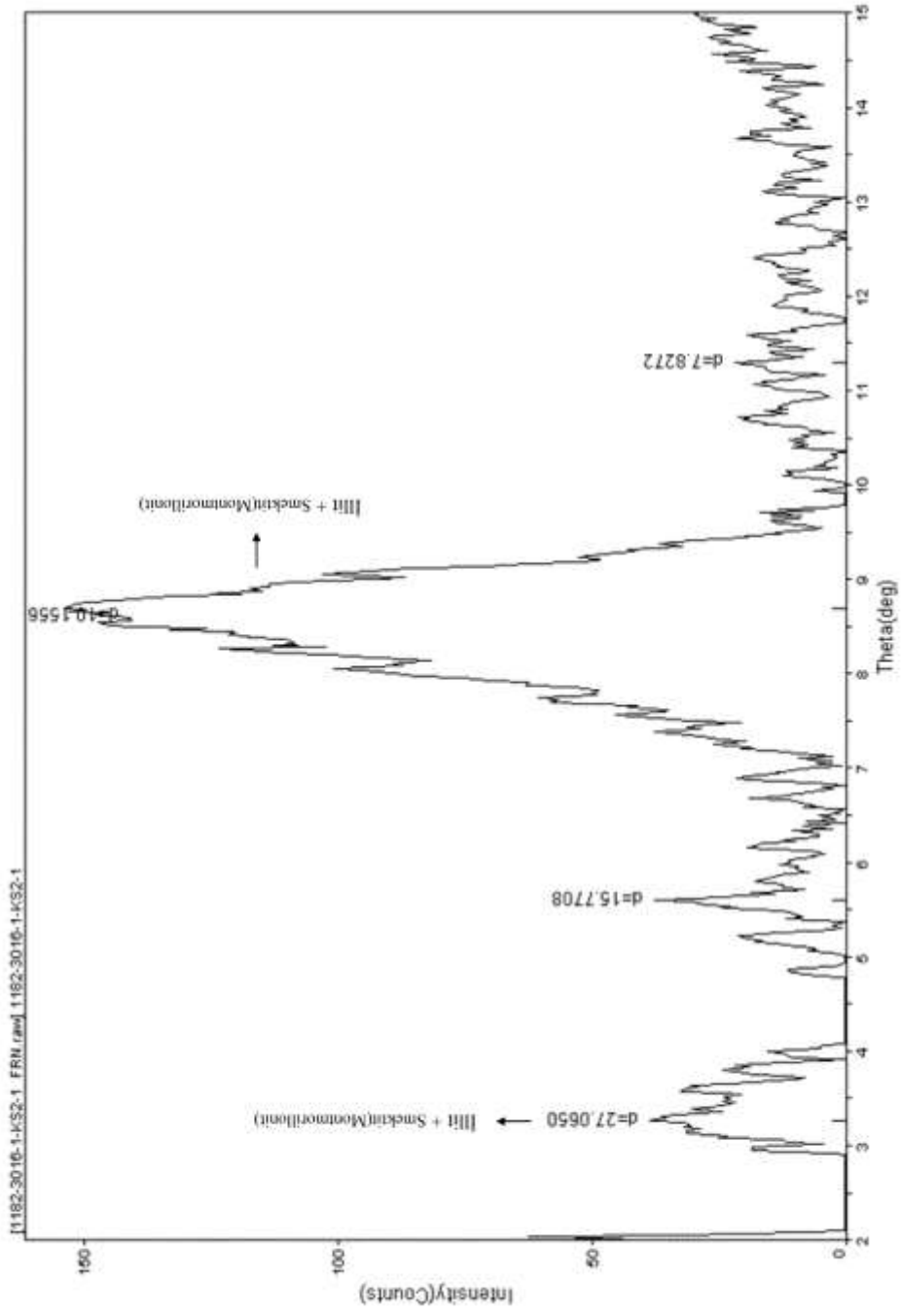
PAO

[E:\00411\ingaku\1\NET\K23\1182-3016-1.KS2-1.NOR\Friday, Jan 06, 2012 04:22p (MDJ\JADE).]

Şekil 6.119 Kırka KS2-1 örneğine ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı



Şekil 6.120 Kırka KS2-1örneğine ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı



TPAO

[P:\0041\Nigakuj\0-1\ETX\B25\1182-3016-1-KS2-1 FRN- Friday, Jan 06, 2012 04:24p (ND\JJADET)]

Şekil 6.121 Kırka KS2-1 örneğine ait firınlanmış kıl örneği XRD diyagramı

6.4 Emet Borat Yatağı Mineralojisi

Arazi gözlemleri ve laboratuvarında yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemelerin yanı sıra Konfakol Raman ve XRD yöntemleri de kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda borat minerallerinin yapı-doku özellikleri belirlenmiştir. Borat minerali olarak kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$), hidroborasit ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ve P-viçit ($\text{Sr}_2\text{B}_{11}\text{O}_{16}(\text{OH})_5\cdot (\text{H}_2\text{O})$) belirlenmiştir. Ayrıca parajenezde dolomit, kalsit, kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illit yer almaktadır.

6.4.1 Emet örneklerinin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri

Hakim mineral olan kolemanit yumrular halindedir. Yumruların çapı 5–45 cm boyutlarındadır. Özkul (2008), bu yumruların 60 cm'ye kadar ulaştığını belirtmiştir. Kolemanit ışınsal bir görünüm sergilemektedir (Şekil 122- 123). Kolemanit içeriklerine ve kırık-çatlaklarını dolduran bileşenlerin varlığına göre beyaz, grimsi, mavimsi, kırmızımsı, turuncumsu ve sarımsı renkler sergilemektedir (Şekil 122-124). Kolemanit belli bir merkezden başlayarak dışarı doğru ışınsal büyümüş olup, kristaller birbirinden bağımsızdır.

Bir diğer bor minerali olan hidroborasit küçük yumrular halinde ve ışınsal yapıdadır (Şekil 6.125). Kolemanite oranla hidroborasit daha küçük ve düzensiz ışınsallık sergilemektedir. Helvacı (2003) hidroborasit mineralinin büyük ölçüde kolemanit ile Mg'ca zengin killerin reaksiyonu sonucu oluştuğunu belirtmiştir. Yine kolemanite eşlik eden eser miktardaki P-viçit minerali XRD incelemelerinde belirlenmiştir. P-viçit mineralinin kolemanit ile katmanlar arası stronsiyum ve borca zengin çözeltilerin reaksiyonları sonucu oluştuğunu söylenebilir. Nitekim Helvacı (2003) Emet yataklarında ender olarak gözlenen vicit-A minerali için de aynı vurguyu yapmıştır.

Önceki çalışmalarda Emet havzasında yer alan borat yataklarında; yerel oluşumlar şeklinde üleksit, tünellit, terujit, kahnit, meyerhofferit, probertit ve viçit-A gibi borat mineralleri de belirlenmiştir (Helvacı ve Firman 1977, Helvacı ve Orti 1998, Helvacı

1984, Çolak vd. 2000, Özkul 2008). Kalsit, jips, elementer kükürt, realgar, orpiment, feldispat, kuvars, globerit, mika, opal-CT, anhidrit ve halit borat olmayan ana minerallerdir (Helvacı 2003, Hatipoğlu 2010). Arazi gözlemlerinde yatak içerisinde belirgin şekilde elementer kükürt, realgar ve orpiment oluşumları gözlenmiştir (Şekil 127-128).



Şekil 6.122 Espey Ocağındaki ışınal turuncumsu kolemanit



Şekil 6.123 Hisarcık Ocağındaki grimsi ışınal kolemanit



Şekil 6.124 Espey Ocağındaki ışınal mavimsi kolemanit



Şekil 6.125 Hisarcık Ocağındaki hidroborasit



Şekil 6.126 Bor mineralleri arasında kükürt oluşumları

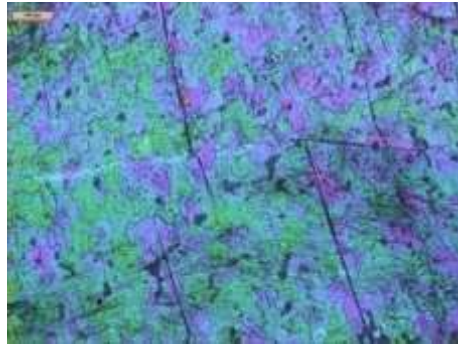


Şekil 6.127 Hisarcık ocağında realgar

Espey ve Hisarcık ocaklarının yüzeylerinden derlenen örneklerden ince kesit yapılmış ve bunların üzerinde mineralojik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Espey EY6 nolu örnek makroskobik olarak yumru halde bulunmakta ve ışınsal doku göstermekte olup, turuncumsu renkte izlenmektedir (Şekil 6.122). Tek nikelde kirli beyaz, çapraz nikelde ise pembe, yeşil ve özellikle mavimsi mor renkte canlı girişim renkleri göstermektedir (Şekil 6.128-6.129).



Şekil 6.128 Espey Ocağındaki turuncu kolemanit (tek nikel)



Şekil 6.129 Espey Ocağındaki turuncu kolemanit (çift nikel)

Espey ocağından alınan EY9 nolu kolemanit örneği makroskobik olarak yumru halde bulunmakta ve ışınal doku göstermekte olup, kirli beyaz renkte izlenmektedir. Tek nikelde kirli beyaz, çapraz nikelde ise yeşil tonları ve mavimsi mor renklere canlı girişim renkleri göstermektedir (Şekil 6.130-6.131).



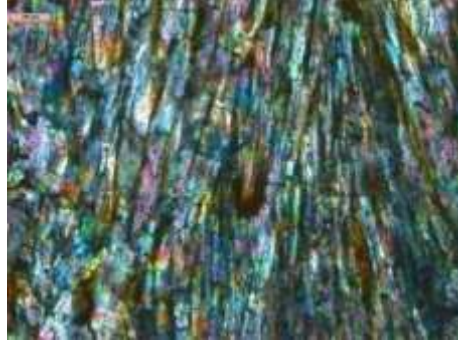
Şekil 6.130 Espey Ocağındaki beyaz kolemanit(tek nikel)



Şekil 6.131 Espey Ocağındaki beyaz kolemanit (çift nikol)



Şekil 6.132 Espey Ocağındaki kirli beyaz hidroborasit (tek nikol)



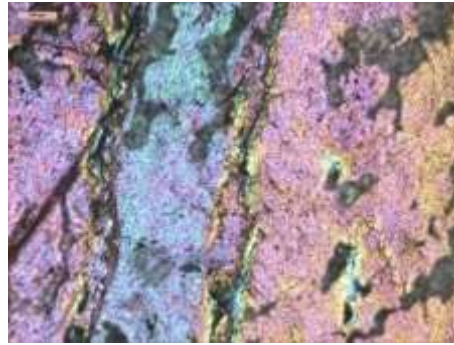
Şekil 6.133 Espey Ocağındaki kirli beyaz hidroborasit (çift nikol)

Hisarcık ocağı örneklerinden HY3 hidroborasit örneği de tıpkı EY9 kolemanit örneğine benzemektedir (Şekil 6.125). Tek nikolde kirli beyaz-gri, çapraz nikolde ise yeşil, turuncu, mavi ve pembe renklerde canlı girişim renkleri göstermektedir (Şekil 6.132-6.133).

Hisarcık ocağı örneklerinden HY5 nolu kolemanit örneği makroskobik olarak yumru halde bulunmakta ve ışınsal doku göstermekte olup, mavimsi beyaz renkte izlenmektedir. Tek nikelde kirli beyaz-gri, çapraz nikelde ise mavimsi mor, turuncu, mavi ve pembe renklerde canlı girişim renkleri göstermektedir (Şekil 6.134-6.135).



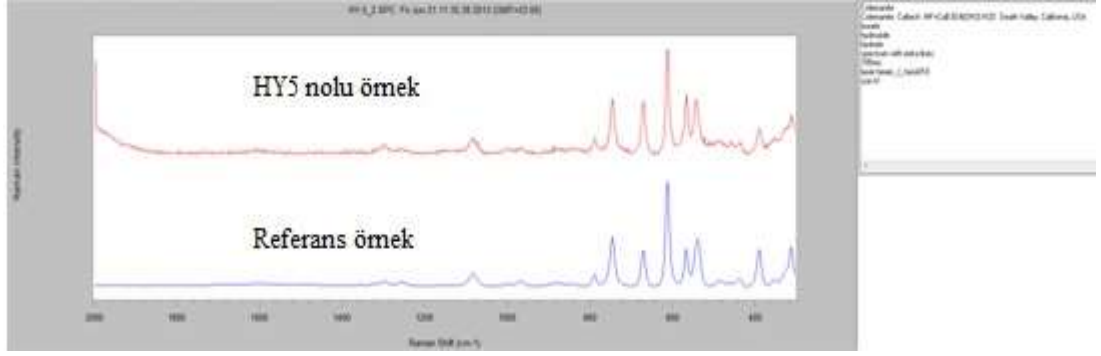
Şekil 6.134 Espey Ocağındaki mavimsi beyaz kolemanit (tek nikel)



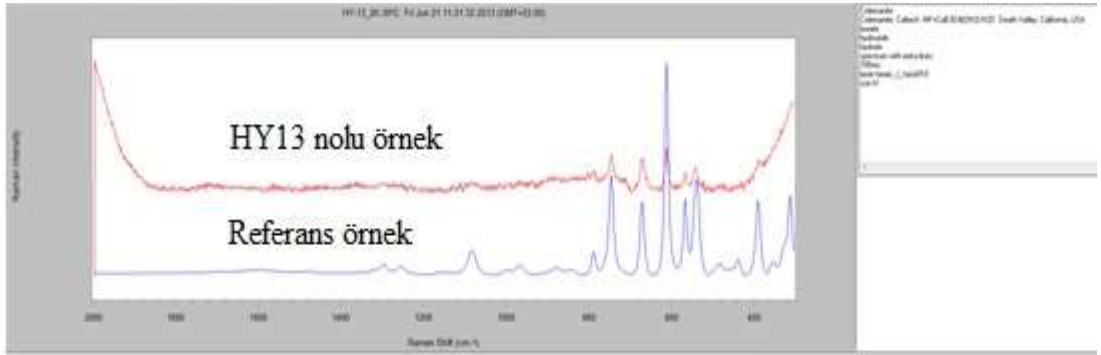
Şekil 6.135 Espey Ocağındaki mavimsi beyaz kolemanit (ift nikel)

6.4.2 Emet örneklerinin Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri

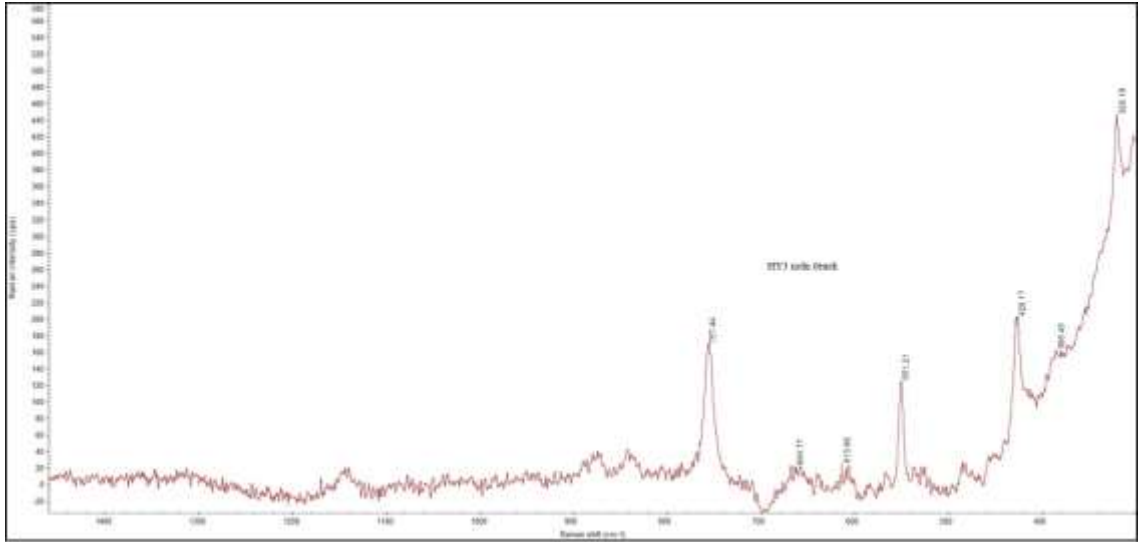
Şekil 6.138’de kirli beyaz renkli hidroborasit (HY3) mineralinin Raman spektrumu görülmekte olup bu örnekte hidroborasit ait 613.32’lik pik değeri de şekil üzerinde belirtilmiştir. Ayrıca mavimsi beyaz renkli kolemanit (EY3) örneğine ait 609.68’lik pik değeri şekil 6.140’da görülmektedir. Yapılan Raman analizleri sonucunda belirlenen kolemanit ve hidroborasitlere ait spektrumlarından bazıları ve analiz noktasının görüntüsü şekil 6.136-6.141 arasında belirtilmiştir. Şekil 6.142’de ise EY6 nolu kolemanite ait analiz noktasının görüntüsü yer almaktadır.



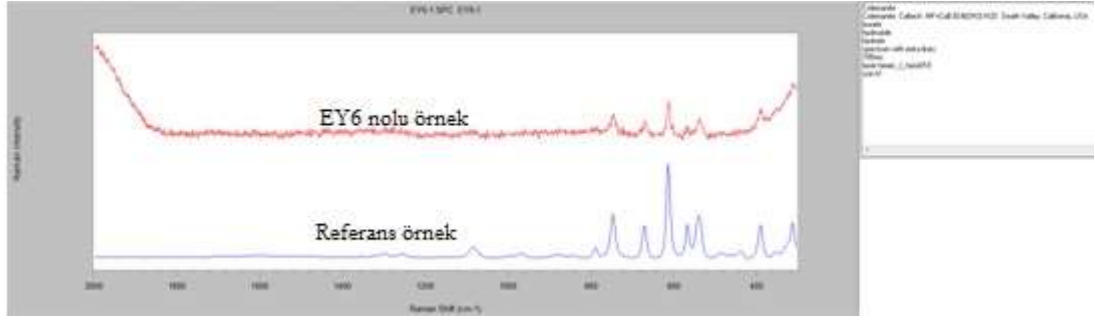
Şekil 6.136 HY5 nolu kolemanite ait Raman spektrumu



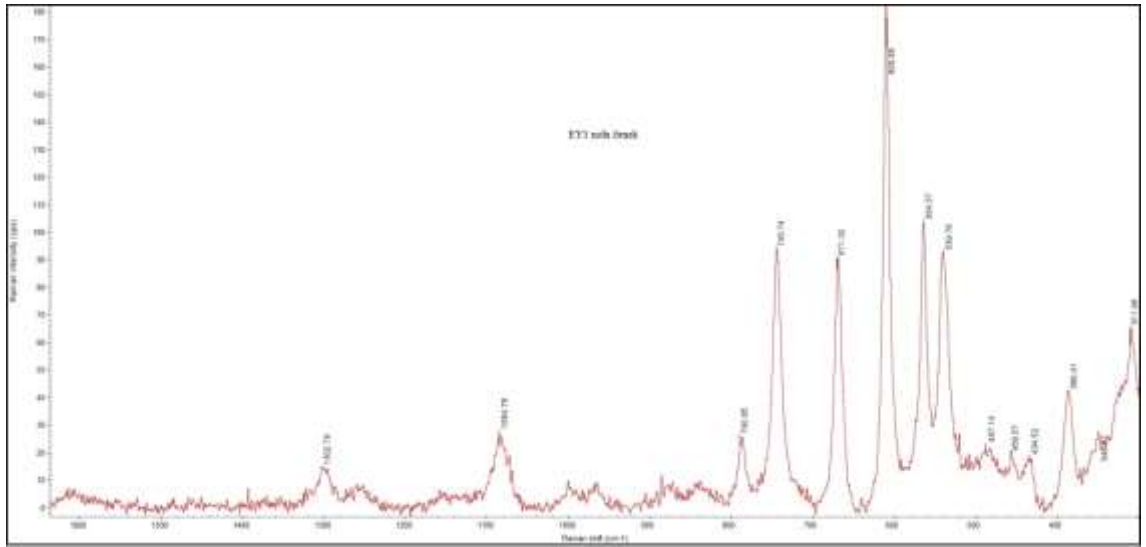
Şekil 6.137 HY13 nolu kolemanite ait Raman spektrumu



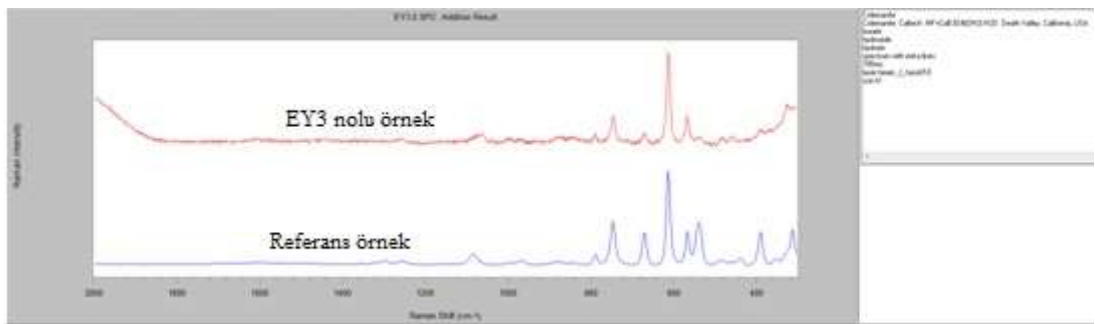
Şekil 6.138 HY3 nolu hidroborasite ait Raman spektrumu



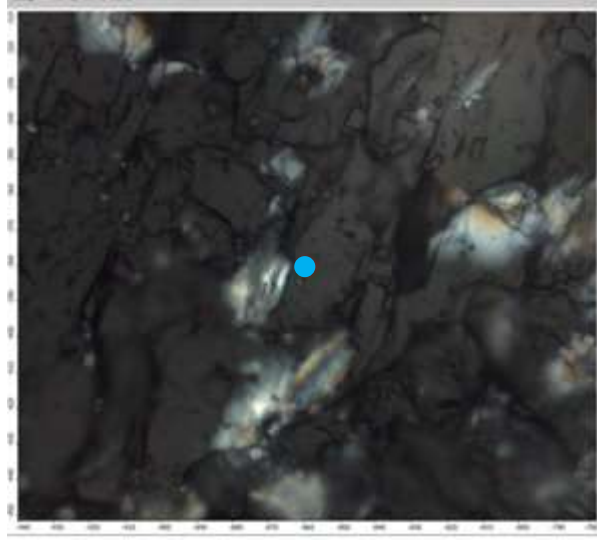
Şekil 6.139 EY9 nolu kolemanite ait Raman spektrumu



Şekil 6.140 EY3 nolu kolemanite ait Raman spektrumu ve pik değerleri



Şekil 6.141 EY3 nolu kolemanite ait Raman spektrumu

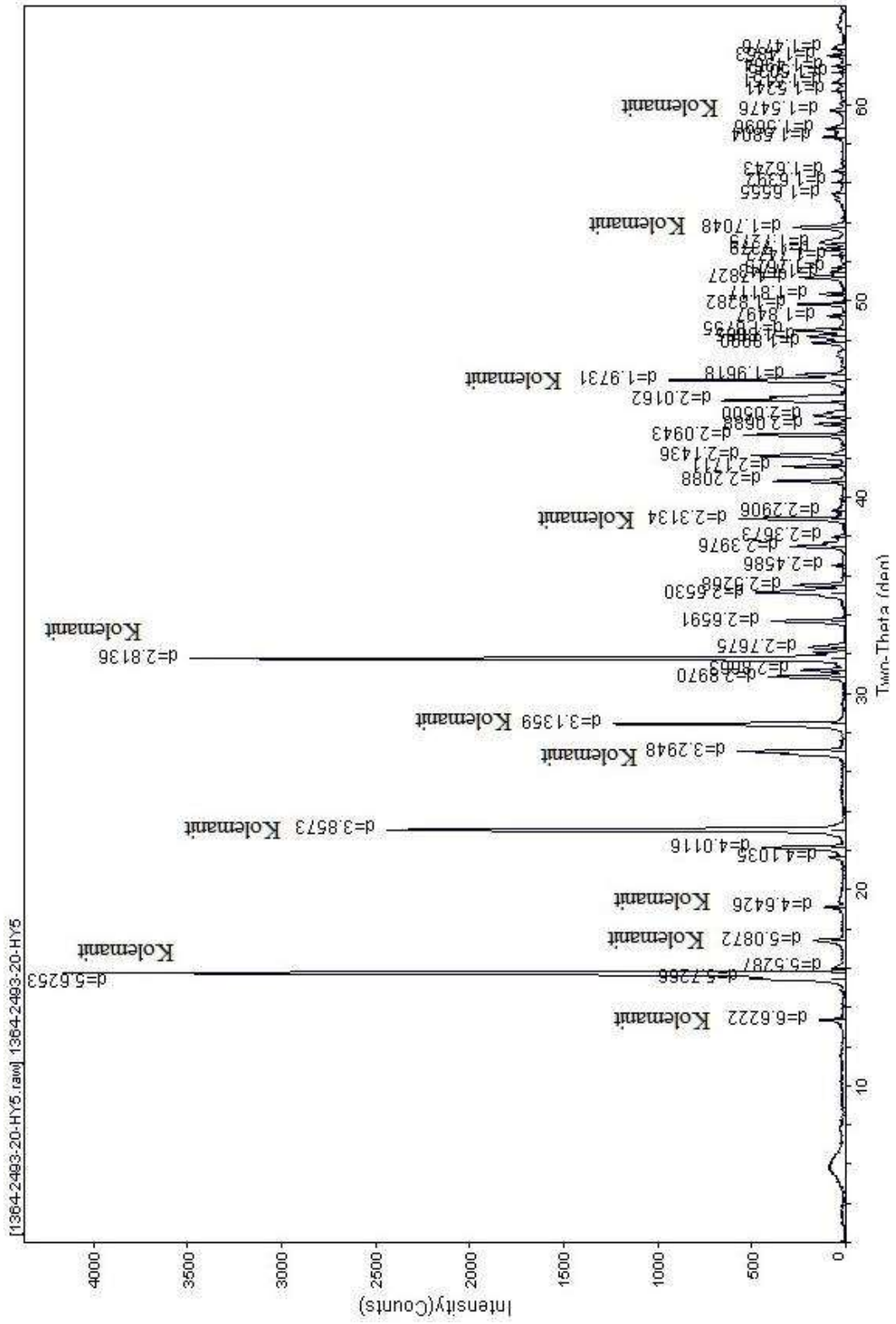


Şekil 6.142 HY6 nolu kolemanitten analiz yapılan noktanın görüntüsü

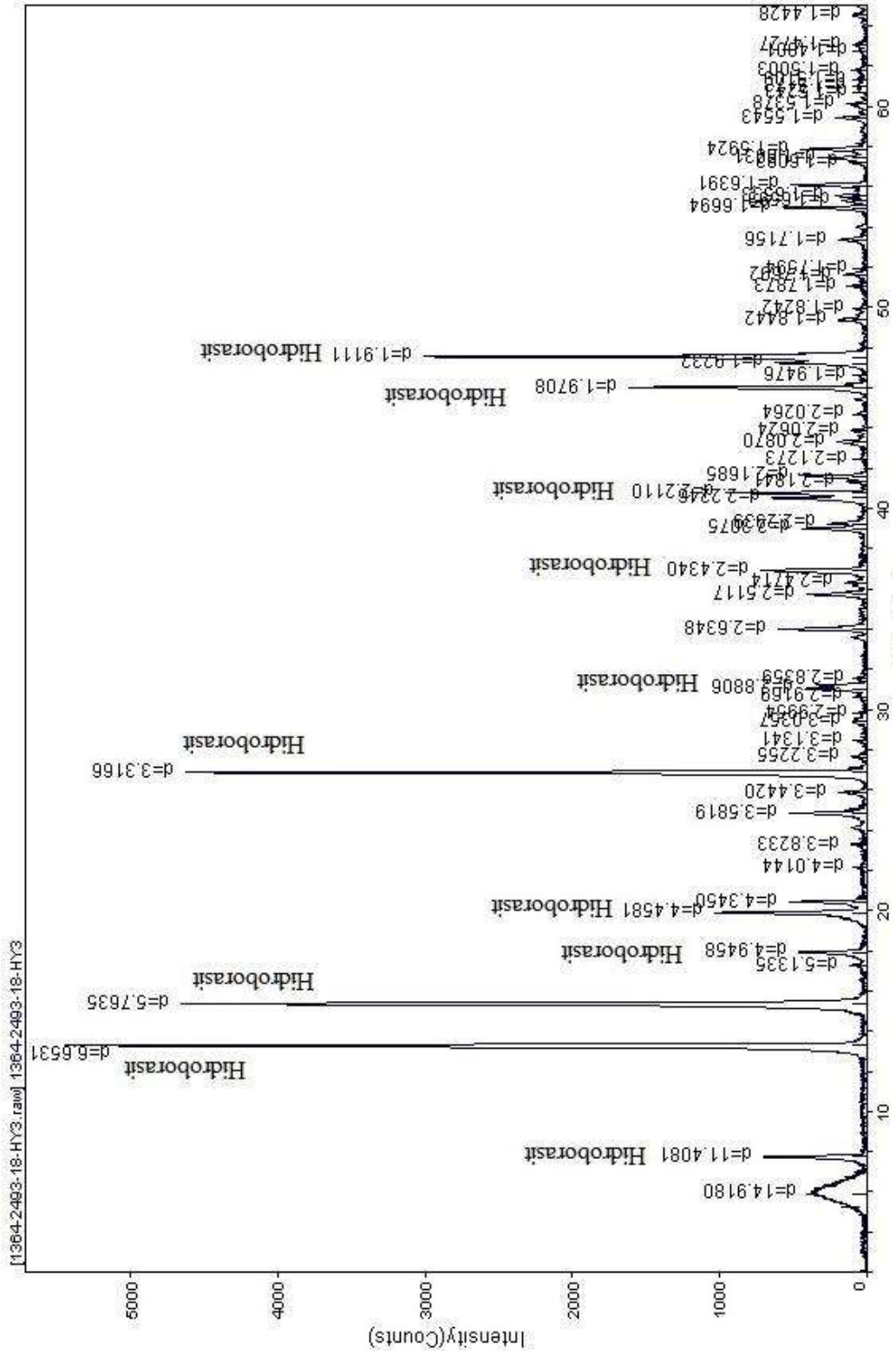
6.4.3 Emet örneklerinin X-Işını Difraktometresi (XRD) incelemeleri

Emet boratlarına ait XRD incelemeleri örneklerde hâkim olarak kolemanit olduğunu göstermiştir (Şekil 6.143, 6.145-147). Ayrıca bor minerali olarak hidroborasit (Şekil 6.144) ve kolemanite eşlik eden eser miktardaki P-viçit belirlenmiştir (Şekil 6.145). Bor minerallerine dolomit ve kalsitin eşlik ettiği saptanmıştır (Şekil 6.146-6.147).

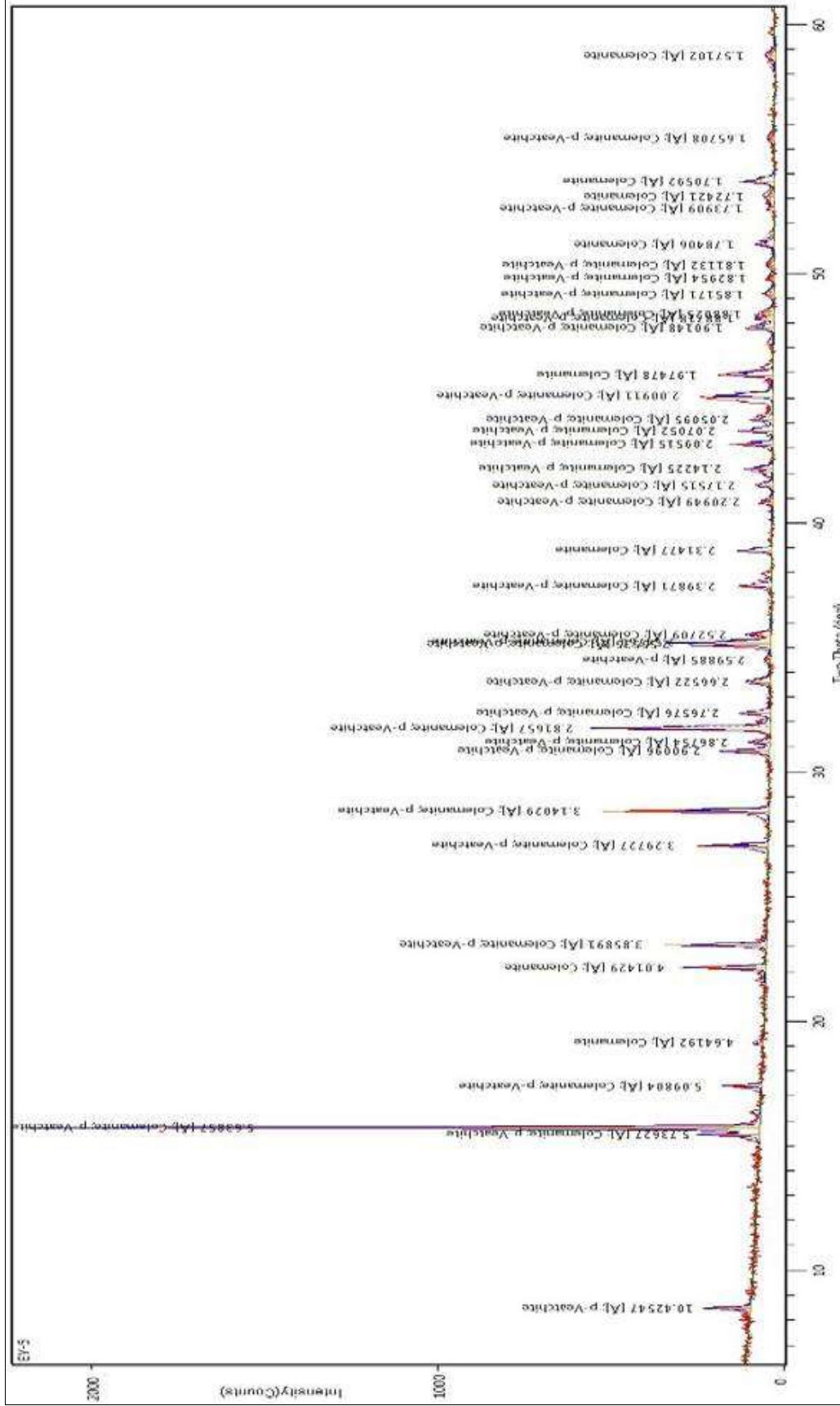
Killerin ortamsal özellikleri bor çökelim ortamları için Emet borat yatağına ait 10 adet örnekten kil ayrılmış, hazırlanan yönelmiş kil plaketeri XRD metodu ile analiz edilmiştir. Bunların tamamında kil minerali olarak smektit grubu (Montmorillonit) ve illit belirlenmiştir. Şekil 6.148-6.153’de Emet Espey ve Kırka ocaklarına ait örneklerin normal, etilen glikollü ve fırınlanmış X-ışını difraktogramları görülmektedir. Şekillerde smektit grubu (Montmorillonit) d:17 ve illitin d:10 değerleri net bir şekilde görülmektedir.



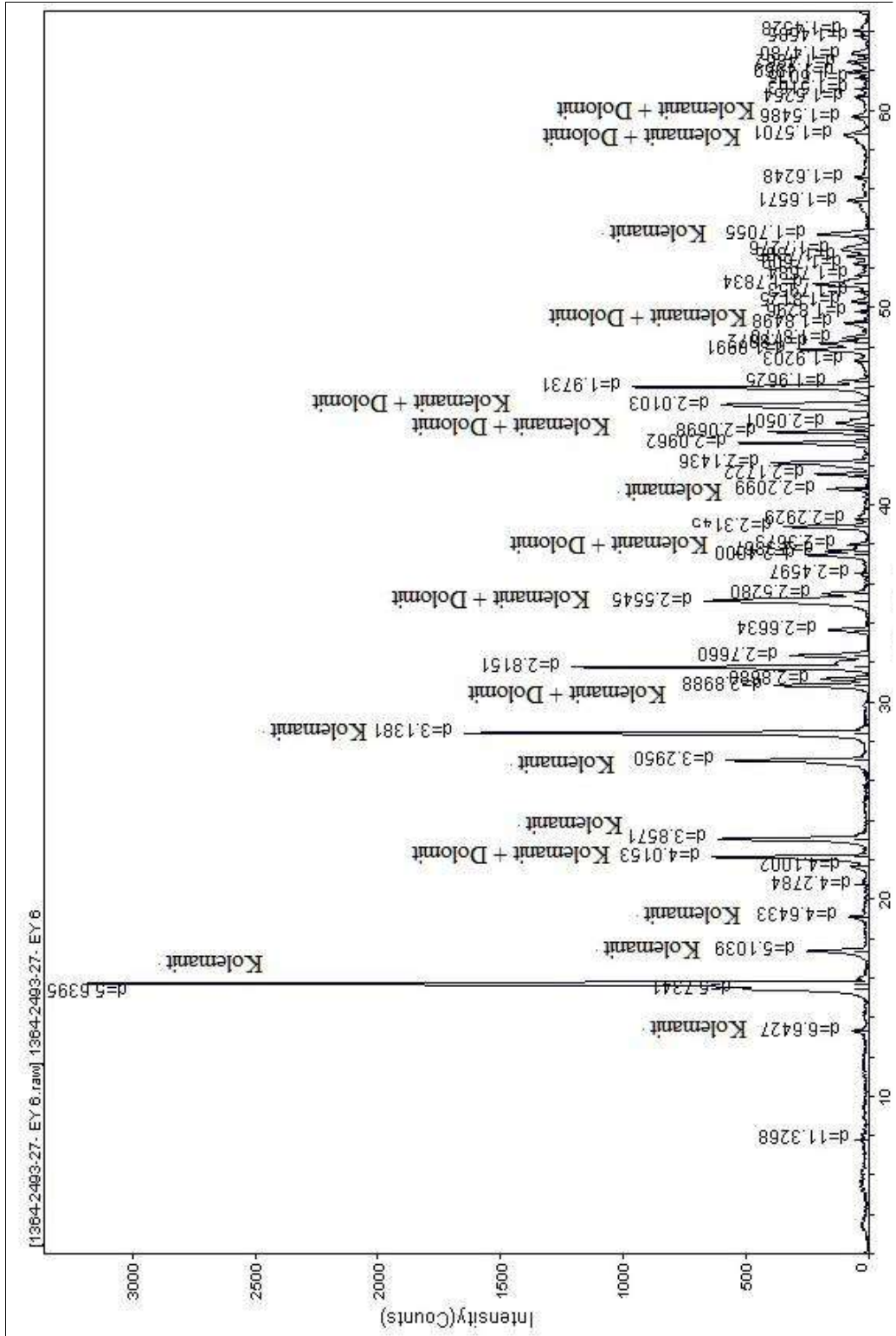
Şekil 6.143 Emet HY5 örneğine ait XRD diyagramı



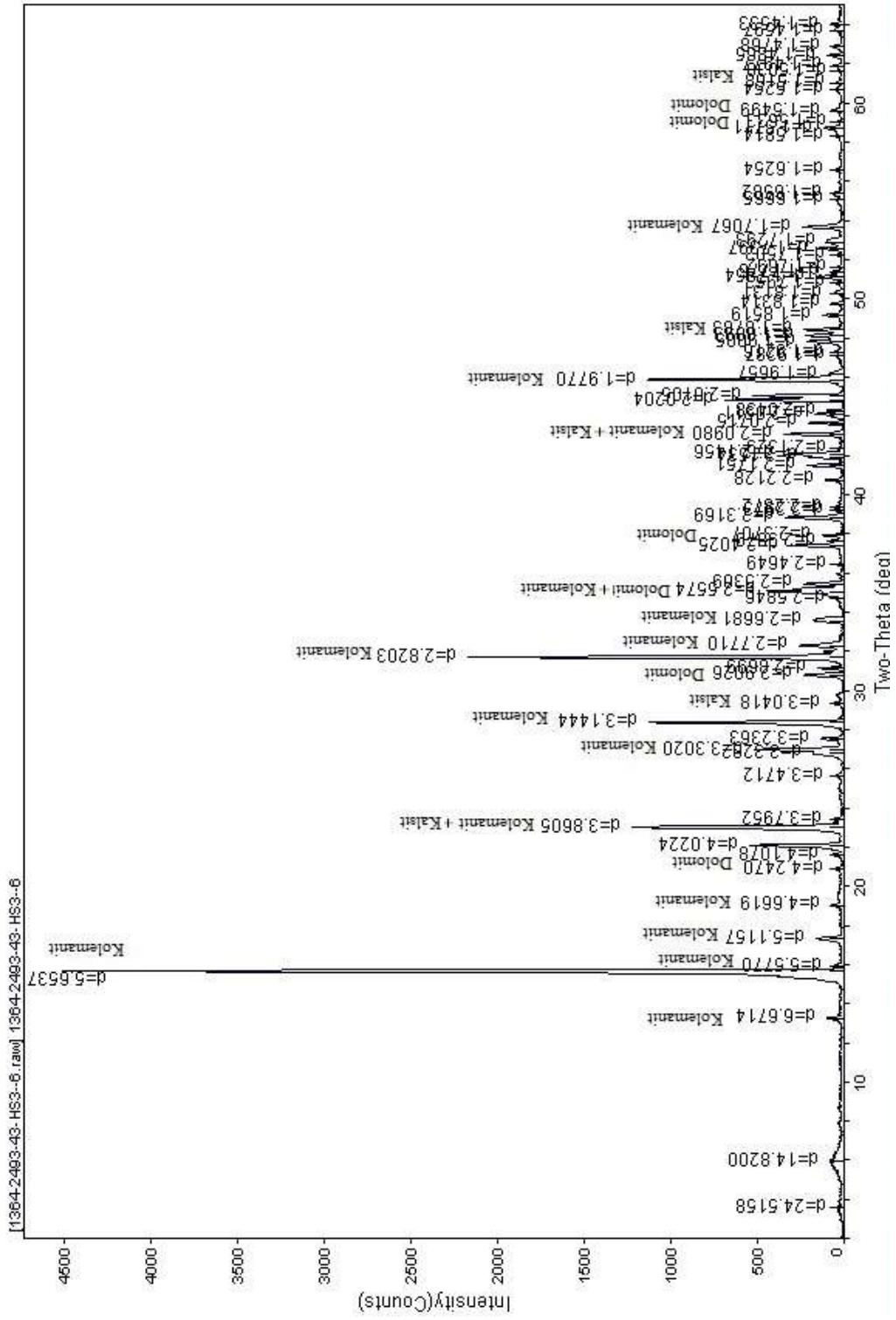
Şekil 6.144 Emet HY3 örneğine ait XRD diyagramı



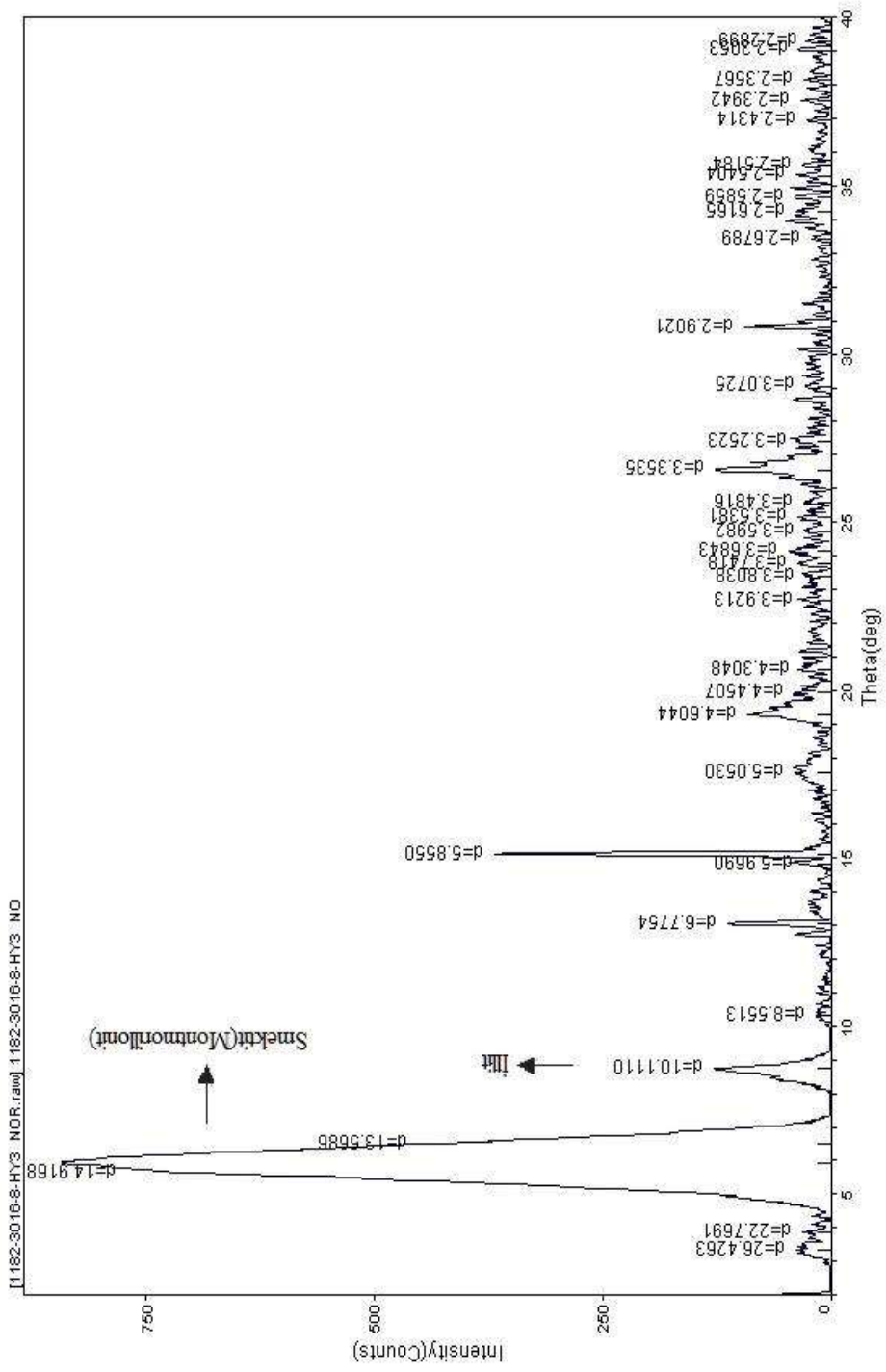
Şekil 6.145 Emet EY5 örneğine ait XRD diyagramı



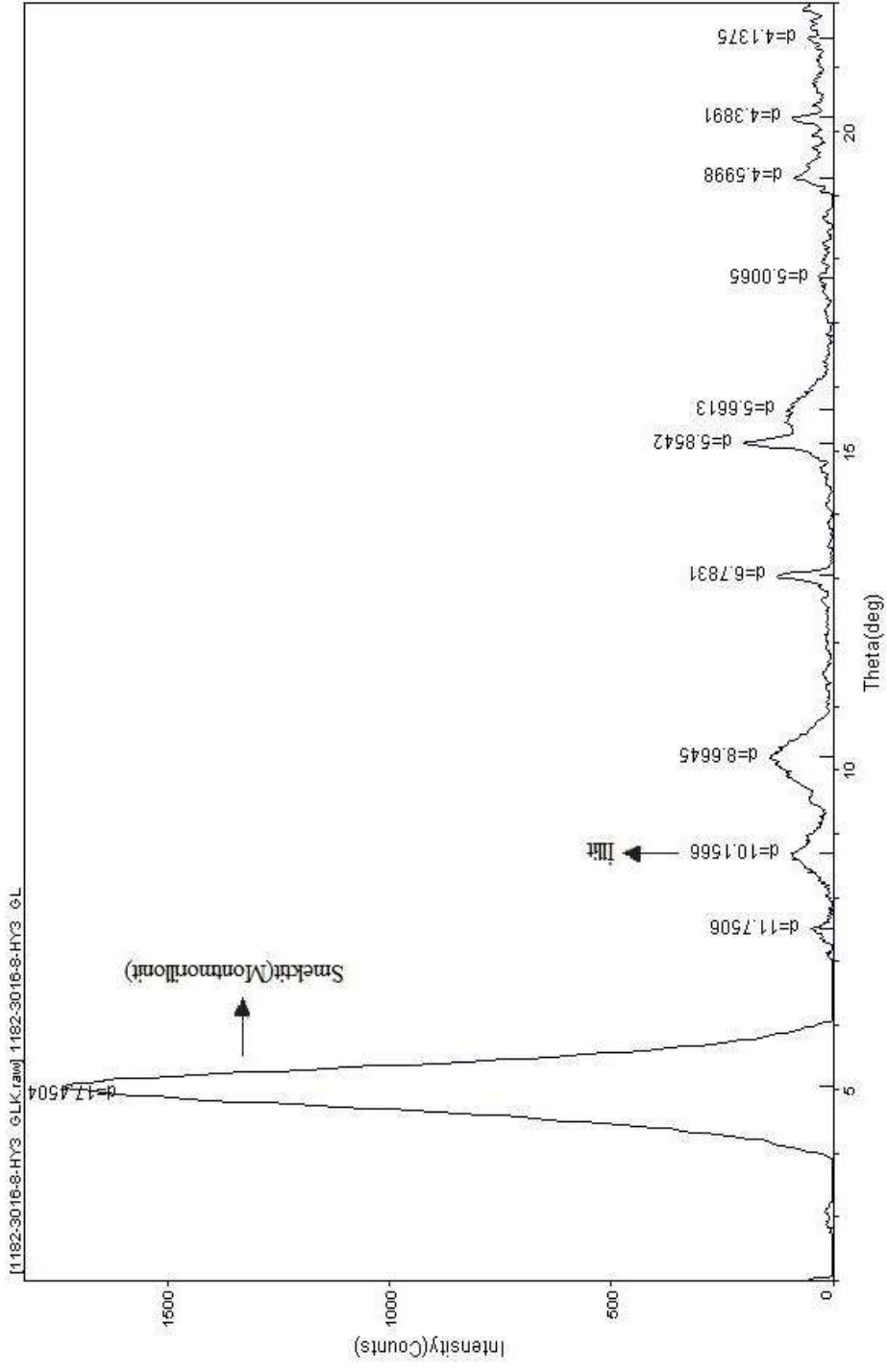
Şekil 6.146 Emet EY6 örneğine ait XRD diyagramı



Şekil 6.147 Emet HS3-6 örneğine ait XRD diyagramı



Şekil 6.148 Hisarcık Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı

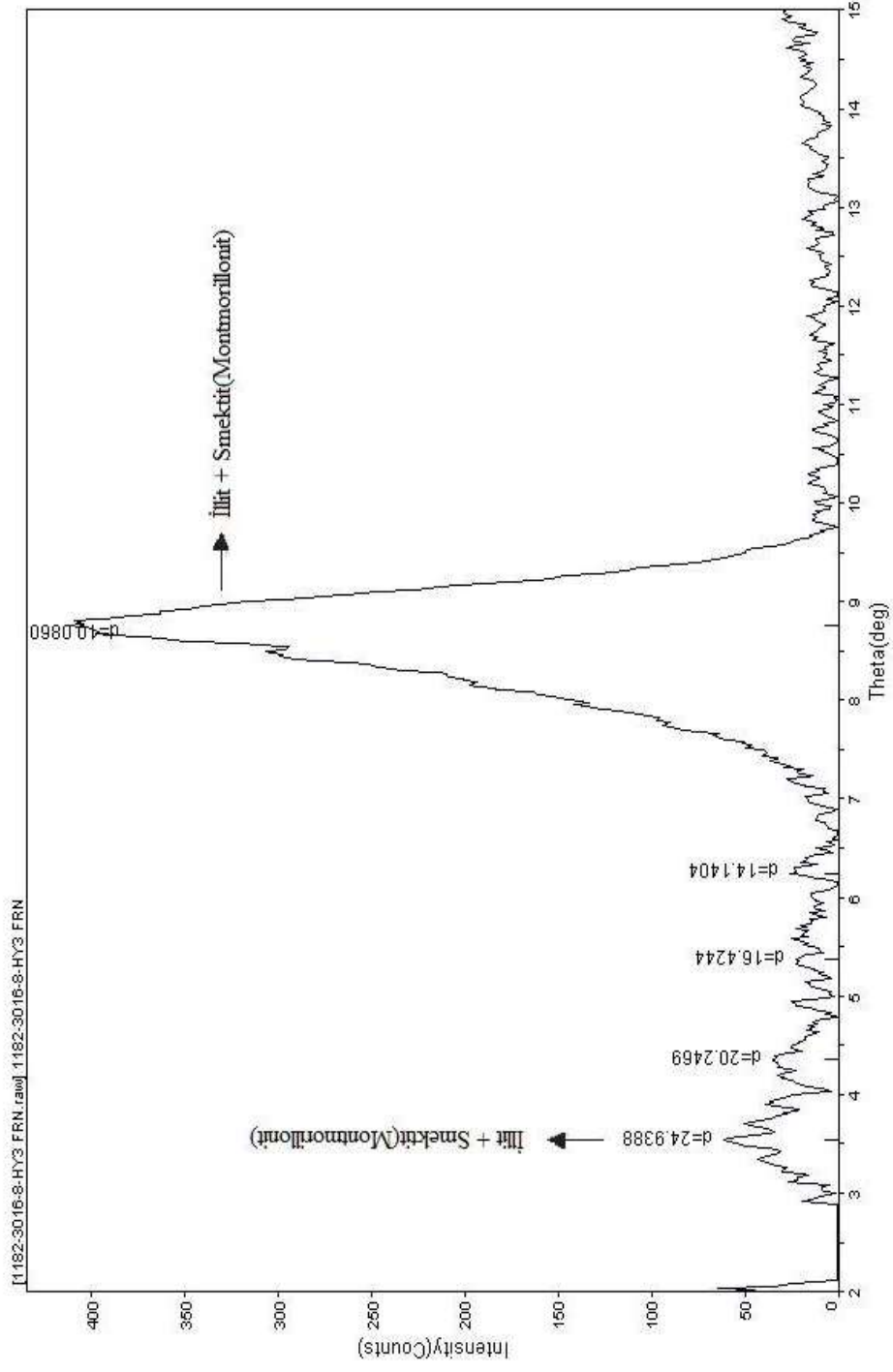


[E:\T00411\ngaku] <D:\ETK\B23\1182-3016-8-HY3 GLK> Friday, Jan 06, 2012 04:37p (MDO\JAD\ET)

2AO

Şekil 6.149 Hisarcık Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı

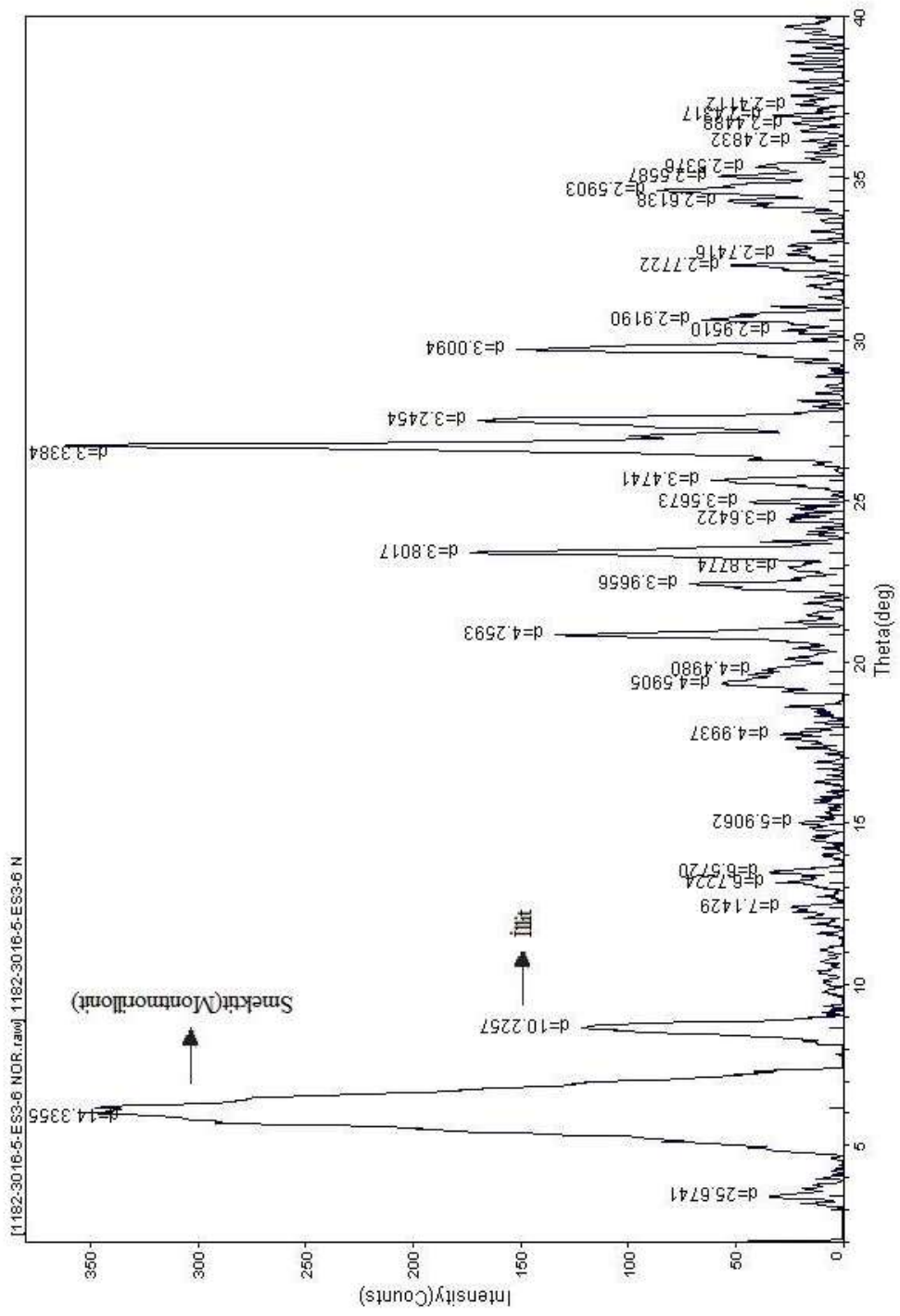
Z



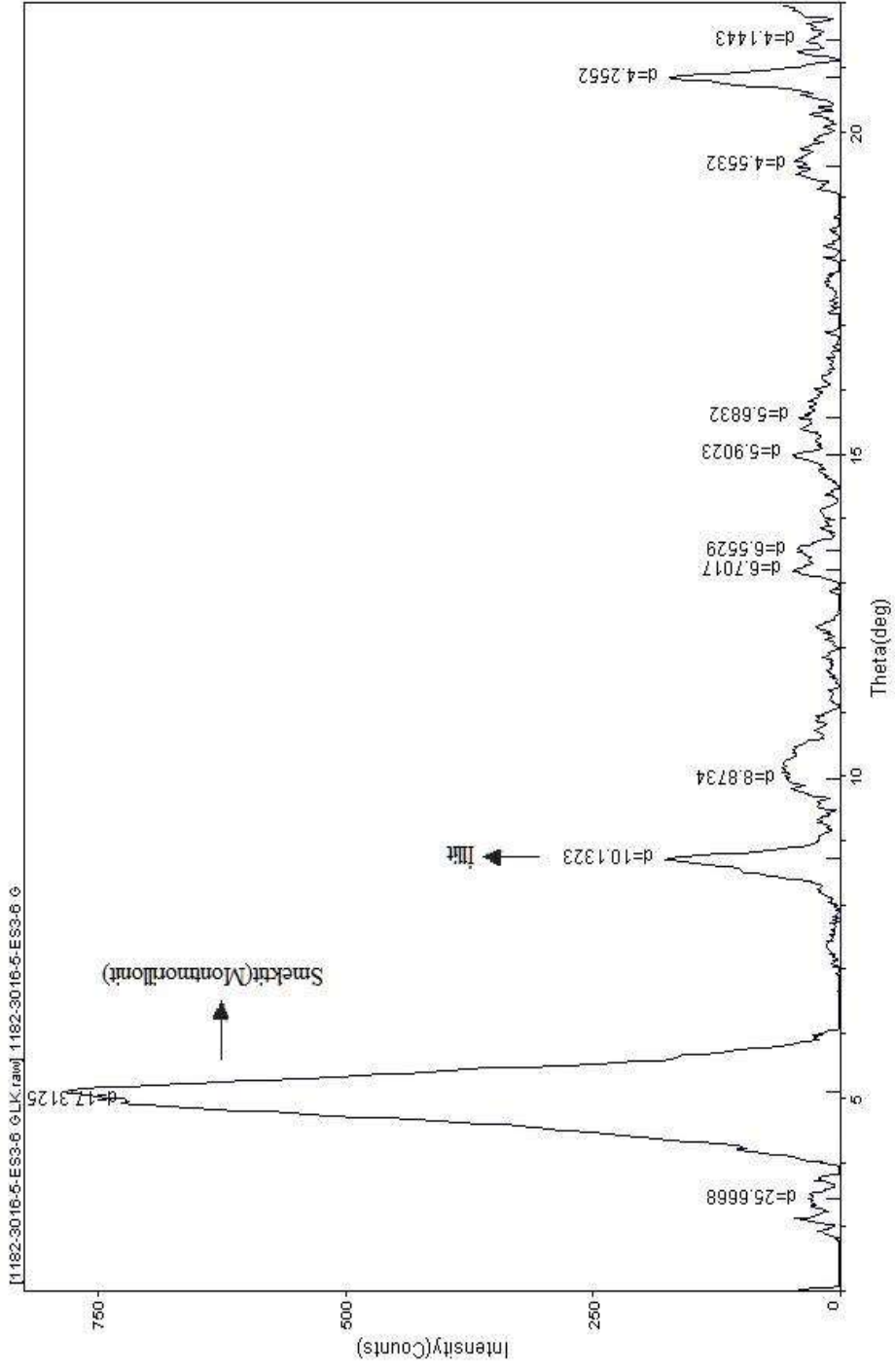
PAO

[E:\00411\ingaku] <D:\ETK823\1182-3016-8-HY3 FRN> Friday, Jan 06, 2012 04:37p (MDI\JADE7)

Şekil 6.150 Hisarcık Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı

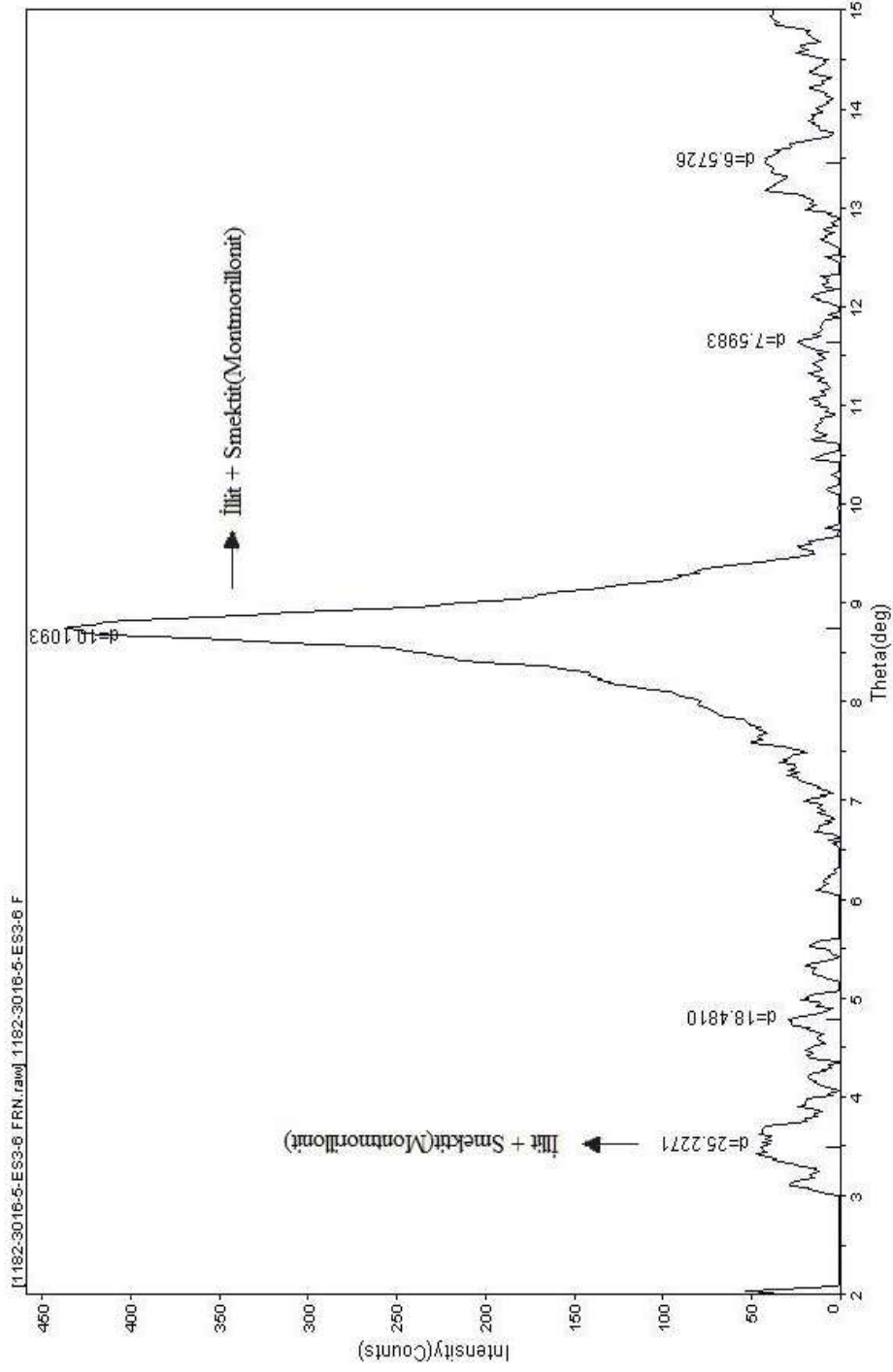


Şekil 6.151 Espey Ocağına ait kil örneği normal çekim XRD diyagramı



PAO [BT00411(ingaku)]<D:\ETK823\1182-3016-5-ESS-6 GLK> Friday, Jan 06, 2012 04:30p (MDI/JAD/ET)

Şekil 6.152 Espey Ocağına ait etilen glikollü kil örneği XRD diyagramı



PAO

[BT00411 Jingakuj<D:\ETK923\1182-3016-5-ES3-6 FRN> Friday, Jan 06, 2012 04:30p (MDI/JADE7)

Şekil 6.153 Espey Ocağına ait fırınlanmış kil örneği XRD diyagramı

6.5 Batı Anadolu Borat Yatakları Mineral İçeriklerinin Karşılaştırılması

Mineralojik incelemeler sonucunda Bigadiç borat yatağında bor minerali olarak kolemanit, üleksit reedmergnerit ve searlesit, Kestelek'te kolemanit belirlenmiş olup, Kırka yatağında boraks, tinkalkonit, üleksit, kurnakovit, probertit, tunellit, kolemanit, hidrokloroborit, brianroulstonit, hilgardit-4M, searlesit ve Emet'te ise kolemanit, P-viçit ve hidroborasit belirlenmiştir. Kırka borat yatağı diğer iki yatağa göre daha fazla mineral türü içermektedir. Kırka bor mineralleri oluşurken Mg ve Sr gibi elementlerin diğer yataklara göre beslenme koşullarına bağlı olarak ortama daha fazla katıldığı ve gerekli fizikokimyasal şartların oluşması sonucunda daha fazla oranda mineral türü oluştuğu ileri sürülebilir.

Bor mineralleri dışında Bigadiç'te kalsit, kuvars, hidrohalit, analsim, montmorillonit ve illite, Kestelek'de kalsit, kuvars, aragonit, höyländit, montmorillonit, illit, klorit ve korensite, Kırka'da dolomit, kil minerali olarak montmorillonit ve illite, Emet'te dolomit, kalsit, kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illite rastlanmıştır.

Kestelek yatağında Bigadiç, Emet ve Kırka yataklarından farklı olarak klorit ve korensit türü killer belirlenmiştir. Kestelek ve Bigadiç'te var olan kalsit ve kuvarsa Kırka yatağında rastlanmamıştır. Yine Emet'te kalsit bulunurken kuvars yoktur. Dolomit Emet ve Kırka'da, aragonit ise sadece Kestelek yatağında belirlenmiştir.

6.6 Batı Anadolu Borat Yatakları Bor Minerallerinin Kil İçerikleri ve Bunların Ortamsal Anlamları

Volkanik bölgelerdeki gölsel sedimanların çoğu kez smektit içerdikleri, ancak smektitin kökeninin belirlenmesinin zor olduğu Chamley (1989) tarafından açıklanmıştır. Krauskopf (1989) kil minerallerinin oluşumunda alüminyum silikatların ayrışımı ve zincir yapısının değişimi ile ayrıca sulu Al-O ve Si-O gruplarının bölünerek sonradan kil yapısı haline dönüşebileceklerini, yani sıvılardan silis ve koleoidal Al tepkimeleri ile çökelme sonucu oluşabileceklerini belirtmektedir. Bu bilgilere göre, bor minerallerinin

oluşum ortamını açıklamaya bir katkıda bulunabilmek için söz konusu killerin kökeninden çok, ortamsal özelliklerinin yorumlanması mümkün görünmektedir.

Batı Anadolu borat yataklarının özellikle bor minerallerini konu alan çalışmalarda Ca-borat, CaNa-borat ve Na-borat çökelme ortamlarının fizikokimyasal şartlarıyla ilgili yorumlara rastlanmaktadır. Örneğin Baysal (1973) Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının oluşumunu incelediği çalışmasında göl suyunun pH'nın daima >8.5, sıcaklığının 30–40 °C arasında değiştiğini ve asla 60 °C'ye ulaşmadığını ileri sürmüştür. Özpeker ve İnan (1978) Batı Anadolu'da yer alan tüm yatakların benzer şartlarda oluştuğunu açıklayarak borat yataklarının belirlenen parajenezlerine göre düşük sıcaklık ve yüksek pH'lı ortamlarda oluştuğunu yorumlamışlardır. Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) yatağında yapılan başka bir mineralojik incelemeye göre parajenezde boraksın egemen olmasından dolayı suyun sıcaklığının 25–45°C ve pH'nın 8.5-10 arasında olduğu belirtilmiştir (Sunder 1980).

Batı Anadolu yataklarında borat mineralleri yanında kil minerallerinin konu edildiği bazı çalışmalar da bulunmaktadır (Ataman ve Baysal 1978, Helvacı 1983, Yalçın vd. 1989, Yalçın ve Baysal 1991, Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı ve Alanso 2000 ve Helvacı 2003). Bu çalışmalarda hâkim kil minerali olarak genelde smektit grubu minerallerinin yer aldığı açıklanmıştır (Yalçın vd. 1989, Helvacı ve Alanso 2000). Bigadiç yatağında bor mineralleri ile birlikte bulunan montmorillonit, klorit ve illit çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Helvacı ve Alaca 1984, Helvacı vd. 1993, Helvacı 1995). Yine bazı yazarlar (Helvacı 1983, Helvacı vd. 1993), Batı Anadolu'daki tüm yataklarda da montmorillonit ve illit minerallerine işaret etmişler ancak bu veriyi ortamsal şartlarla ilgili olarak kullanmamışlardır.

Killerin ortamsal özellikleri Batı Anadolu'daki bor çökelim ortamları için ilk defa bu çalışmada ele alınmaktadır. Bu amaçla Bigadiç borat yatağından 13 adet Kırka borat yatağında 10 adet, Kestelek yatağından 3 adet ve Emet borat yatağında da 10 adet örnekten kil ayrılmış, hazırlanan yönelmiş kil plakeleri XRD metodu ile analiz edilmiştir.

Bigadiç örneklerinin 12'sinde kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) belirlenmiştir. Bu örneklerin 6'sında ise montmorillonite eşlik eden eser miktarda illit rastlanmıştır. Şekil 6.47- 6.49'da Tülü, şekil 6.50-6.52'de Acep ve şekil 6.53-6.55'de Simav ocaklarına ait örneklerin normal, etilen glikollü ve fırınlanmış X-ışını difraktogramları görülmektedir.

Kestelek killi cevher örneğinde oransal olarak oldukça fazla miktarda kil minerali tespit edilmiş olup, bu örnekten yapılan kil analizinin üç adet difraktogramı şekil 6.78-6.80'de görülmektedir. Bu örneklerin % 80 smektit grubu (montmorillonit), % 15 illit, yaklaşık % 5 oranında klorit ve eser miktarda korensit olduğu belirlenmiştir.

Kırka borat yatağına ait örneklerin tamamında kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illit belirlenmiştir. Şekil 6.114-6.122'de Kırka ocağına ait örneklerin normal, etilen glikollü ve fırınlanmış X-ışını difraktogramları görülmektedir.

Emet borat yatağında da örneklerin tamamında smektit grubu (montmorillonit) ve illit belirlenmiştir. Şekil 6.148-6.153'de Emet Espey ve Hisarcık ocaklarına ait örneklerin normal, etilen glikollü ve fırınlanmış X-ışını difraktogramları görülmektedir.

Kestelek haricinde tüm yataklarda montmorillonit ve illit belirlenmiştir. Kestelek'te ise bu minerallerin yanında klorit ve korensit saptanmıştır. Korensit monmorillonit ve illitin düzenli karışık tabakalı yapısı olup, volkanizma etkisiyle göl sularında çökelen bir kil mineralidir (Weaver ve Pollard 1973). Kloritler tüm jeoloji zamanlarındaki sedimanter kayalarda bulunmaktadır (Weaver 1989). Mg konsantrasyonunun ve Mg/Ca oranının gereğinden fazla olduğu evaporitik ve alkali koşullarda Mg klorit duraylı fazdadır ve özellikle Mg-klorit evaporitik yataklarda karakteristiktir (Weaver 1989).

İnceleme alanındaki boratların parajenezine eşlik eden kil minerallerinin montmorillonit oluşu ortamdaki bazik çözeltileri işaret etmektedir. Eser miktardaki illit oluşumları ise ortama K katkısını göstermektedir. Baysal (1974) kalıntı silikatları içeren marn ve

killerde daha çok K'lu feldispatların bulunması gerektiğini belirterek, bunların da ileri evrelerde kısmen ayrışarak lokal illit oluşumları için K kaynağı teşkil edeceklerini vurgulamıştır.

Krauskopf (1989) ise montmorillonitin sudaki K⁺ sayesinde illite dönüşebileceğini açıklamaktadır. Oluşum ortamı sıcaklığının borat minerallerinden yola çıkarak 60 °C'nin altında kaldığı ileri sürülmesine (Baysal 1973, Sunder 1980) karşılık Krauskopf (1989) kil minerallerinin alüminyum silikatlardan sular vasıtasıyla birkaç yüz derecede oluştuklarını, düşük sıcaklıklarda ise oluşumun çok uzun zamanda gerçekleşebileceğini ifade etmektedir.

O halde, sonuç olarak yataklardaki borat ve kil mineralleri (montmorillonit) birlikte değerlendirildiğinde oluşumun bazik çözeltilerden birkaç yüz °C sıcaklıkta, ya da 60 °C'nin altında, fakat çok uzun zaman alan bir süreçte gerçekleştiği ileri sürülebilir.

7. BATI ANADOLU BORAT YATAKLARININ JEOKİMYASI

Batı Anadolu borat yataklarına ait sondaj ve yüzey örnekleri ana, eser ve nadir toprak elementleri analizleri yapılarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu şekilde elementlerin bolluk oranları yerkabuğu ortalaması (YKO), tatlısu ortalaması (TSO) ve andezit ortalaması (AO)'na göre tartışılmış, korelasyonları ve kümeleme analizleri yapılarak benzer hareket eden element grupları belirlenmiştir. Basit korelasyon iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini araştırır (Tüysüz ve Yaylalı 2005). Korelasyon katsayısı $-1 \leq p \leq 1$ arasında değişir. -1, değişkenler arasındaki maksimum negatif bir ilişkiyi, 1 ise pozitif ilişkiyi gösterir (Tercan ve Saraç 1998). Kümeleme analizi birimleri ya da değişkenleri birbirinden farklı homojen sınıflara ayırabilme tekniklerinden biridir (Tüysüz ve Yaylalı 2005). Böylelikle ana ve eser elementlerin bolluklarıyla, yatakların ekonomikliğini yeniden değerlendirmeye yarayacak veriler elde edilmiş, korelasyonlar ve kümeleme analizleriyle de çökelim sırasında faylar boyunca yükselerek ortama katılması muhtemel hidrotermal çözeltilerin etkilerinin belirlenmiştir. İncelemelerde derinliğe bağlı değişimleri de görebilmek için Etibank tarafından yapılmış sondaj örnekleri kullanılmıştır.

7.1 Bigadiç Borat Yatağının Jeokimyası

Bigadiç yataklarının birbirlerinden üst tuf birimi ile ayrılan alt ve üst boratlı birim içinde iki kuşak halinde bulunduğu bilinmektedir. Helvacı ve Alaca (1991)'ya göre alt boratlı birim 35–130 m, üst boratlı birim ise 20–110 m kalınlıklar arasında değişmektedir. Bigadiç cevherleşme alanında yer alan Simav, Acep ve Tülü ocakları havzanın değişik ortamsal şartlarını temsil etmektedir. Mineralojik incelemelerde Tülü ocağında kolemanit, Simav'da kolemanit+üleksit ve Acep'te üleksit mineralleri tespit edilmiştir. Bu husus dikkate alınarak jeokimyasal incelemelerde söz konusu üç farklı bölge önce ayrı ayrı ele alınmış ve sonrasında tüm havzanın özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

7.1.1 Bigadiç borat yatağının ana element bollukları

Bigadiç boratlarına ait ana element bollukları, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yer kabuğunda, andezitlerde ve göl sularında bulunan ortalama değerleri Tülü ocağı için çizelge 7.1, Simav ocağı için çizelge 7.2 ve Acep ocağı için çizelge 7.3’de verilmektedir. Ana element değerleri korelasyon hesaplamaları gibi çalışmalarda bütünsellik olması açısından ppm’e çevrilerek verilmiştir.

Ana element ortalamaları çokluk sırasına göre Tülü örneklerinde Ca (% 19.6), Si (% 1.9), Mg (% 0.8), Al (318 ppm), Fe (223 ppm), Na (39 ppm), P (35 ppm) ve Mn (25 ppm); Simav örneklerinde Ca (% 9.7), Si (% 7), Na (% 2.9), Mg (% 0.46), Al (125 ppm), P (30 ppm), Mn (5 ppm); Acep örneklerince Ca (% 11), Na (% 4.9), Si (% 1.5), Mg (% 0.87), Al (26 ppm), Mn (24.5 ppm) ve P (28 ppm) şeklinde sıralanmaktadır.

Simav ve Acep örnekleri bolluk sıralamasında birbirine benzemekte fakat Tülü’de bazı farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu farklılığın en önemlisi şüphesiz Na’un Tülü’de 39 ppm lik bir değerde iken, Simav’da % 2.9 ve Acep’te % 4.9 değerinde olmasıdır. Ayrıca Simav ve Acep’te bulunmayan Fe’in Tülü’de 223 ppm’lik varlığı da görülmektedir.

Mineralojik olarak kolemanitlerden oluşan ve alt borat zonunu temsil eden Tülü kesiminde % 19.6 olan Ca miktarı, hem kolemanit hem de üleksitin bulunduğu üst boratlı zonu oluşturan Simav’da % 9.7’ye ve Acep’te % 11’e düşmektedir. Buna karşılık Na değerleri Simav’da % 2.9, Acep’te % 4.5 değerinde iken Tülü’de sadece 39 ppm kadardır. Ayrıca Mg değeri de Simav’da % 0.46, Acep’te % 0.87, Tülü’de % 0.8 değerindedir. Borat oluşum ortamlarında hangi katyonların bulunduğu, hangi minerallerin oluşacağını göstermesi açısından önemlidir. Ortamın pH, sıcaklık ve konsantrasyon gibi fizikokimyasal şartları yanında özellikle Na, Ca ve Mg gibi katyonların varlığı ve miktarları bu konuda belirleyici olmaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalara (Bowser 1964, Christ vd. 1967) dayanarak Eskişehir (Türkiye) yöresi boratları üzerinde bazı çalışmalar (Baysal ve Ataman 1975, İnan 1975, Sunder 1980) yapılmıştır.

Çizelge 7.2 Simav ocağı örneklerine ait ana ve eser element jeokimyası sonuçları

Örnek No	Derinlik(m)	B ₂ O ₃ (ppm)	Si (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	P (ppm)	Al (ppm)	Mn (ppm)	S ₂ (ppm)	TOTIS %	S ₂ %	Cu (ppm)		Zn (ppm)		As (ppm)		Sb (ppm)		Staj
													Çu (ppm)	Ms (ppm)	Çu (ppm)	Zn (ppm)	Çu (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Sb (ppm)	
SS2-2	149.00	483600.00	4767.88	1861060.00	30.00	29000.00	40.00	<100	<1	0.36	0.05	29.40	0.66	0.05	0.18	0.30	0.49	4.20	3002.90	0.02	
SS2-3	138.50	470600.00	9068.32	1964000.00	670100.00	55000.00	2000	100.00	9.00	0.31	0.15	28.31	1.21	0.10	0.24	0.40	0.60	8.70	15501.90	0.13	
SS2-4	163.00	408000.00	13322.01	9720010.00	499700.00	58000.00	<10	<100	6.00	0.68	<0.02	34.23	0.91	0.81	0.06	0.50	0.10	6.80	928.30	0.19	
SS2-5	167.50	413800.00	2898.12	1007000.00	485900.00	50000.00	<10	<100	8.00	0.41	<0.02	23.34	1.56	0.06	0.08	0.50	7.20	9.60	1153.00	0.17	
SS2-6	176.50	425300.00	3662.77	369277	669300.00	284900.00	<10	100.00	<1	0.05	0.03	22.65	1.24	1.17	0.36	0.70	0.20	8.70	4797.10	0.18	
SS2-7	179.00	417200.00	3318.82	3318.82	120.00	22000.00	10.00	100.00	1.00	0.68	0.05	22.40	1.17	1.13	0.17	0.40	0.10	6.10	3725.00	0.14	
SS2-8	185.50	472900.00	9675.99	1810060.00	40.00	58000.00	<10	<100	5.00	0.21	<0.02	26.83	0.33	0.16	0.15	0.40	0.30	20.30	27108.00	0.21	
SS2-9	192.00	471700.00	9255.29	9255.29	90.00	71000.00	50.00	200.00	2.00	0.29	0.01	27.84	15.38	0.22	0.13	0.60	0.30	16.70	18128.10	1.56	
Değişim Aralığı		413800-483600	2898-13322	3318-1966000	30-67010	2200-7100	<10-50	<100-200	<1-9	0.05-0.41	<0.02-0.15	22.40-29.40	0.06-15.38	0.05-1.17	0.06-0.36	0.2-3.7	0.10-7.20	4.2-20.1	1133-27108	0.02-1.56	
Ortalama		445137.50	6999.90	97208.30	29097.59	42570.00	30.00	125.00	5.17	0.22	0.06	25.63	2.71	0.58	0.17	0.48	1.15	10.11	9318.81	0.31	
Standart Sapma		32070.31	3832.60	84374.64	31746.61	18466.04	18.26	50.00	3.19	0.14	0.05	2.78	5.15	0.49	0.10	0.13	2.45	5.47	9699.15	0.51	
Ortalama/Veri aralığı(1)		10	262090	41000	24000	1100	81000	1000	*	1.50	30	12.50	70	22	1.80	1.80	375	0.20			
Ortalama/Ankizi(2)		15	260000	46500	30000	21000	1600	88500	1200	*	0.90	15	72	10	1.90	1.90	800	0.20			
Ortalama (Tali su)(3)		0.01	5.33	1.8-49.29-13.22	1.15-36.78-3.28	0.8-15.07-3.64	-	<50.30 ³	4.09.10 ³	*	1.10 ³	1.8.10 ³	0.2.10 ⁵	0.5.10 ⁵	0.05.10 ⁵	2.10 ⁷	50.10 ⁷	0.1.10 ⁵			

Örnek No	Derinlik(m)	Ba (ppm)	Sc (ppm)	Sr (ppm)	Zr (ppm)	Cs (ppm)	Rb (ppm)	Y (ppm)	Ba (ppm)	Rb (ppm)	Y (ppm)	Li (ppm)	U (ppm)	Au (ppm)	V (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Bi (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	
																								SS2-2
SS2-3	138.50	98.90	0.30	54.30	0.65	0.37	0.40	0.10	0.003	113.50	0.20	<0.0005	0.20	<0.0005	0.22	<0.0001	<0.1	<0.001	<0.1	0.20	<0.01	0.80	<0.1	0.03
SS2-4	163.00	36.80	0.90	17.80	0.04	1.09	0.30	0.04	<0.001	105.80	0.10	0.0010	0.10	0.0010	<0.01	0.021	<0.1	<0.1	0.01	0.20	0.01	0.20	0.30	
SS2-5	167.50	1.90	0.70	21.40	0.04	0.05	<0.1	0.01	0.003	40.10	0.20	0.0002	0.20	0.0002	<0.01	0.026	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	0.20	0.60	0.04	
SS2-6	176.50	13.80	0.70	31.40	0.13	0.51	0.30	0.18	0.003	39.30	<0.1	<0.0005	0.01	0.003	0.01	0.013	<0.1	0.20	0.01	<0.1	<0.1	0.00	0.10	
SS2-7	179.00	1.60	0.50	27.30	0.18	0.46	0.30	0.06	0.003	26.70	<0.1	0.0037	0.09	0.003	0.01	0.029	<0.1	0.50	0.01	<0.1	<0.1	0.02	0.02	
SS2-8	185.50	11.60	0.90	36.50	1.02	0.98	0.50	0.12	0.003	98.30	0.40	0.0004	0.40	0.0004	<0.01	<0.0001	<0.1	0.60	<0.01	0.10	0.40	0.04		
SS2-9	192.00	255.50	0.60	51.30	0.43	0.90	0.50	0.18	0.008	118.10	0.30	0.0010	0.02	<0.0001	0.02	<0.0001	0.10	0.60	<0.01	0.01	<0.1	0.04		
Değişim Aralığı		1.6-255.5	0.1-0.9	21-51.3	0.04-1.02	0.06-1.09	0.1-0.5	0.02-0.18	<0.001-0.008	26.7-118.1	0.1-0.3	0.0005-0.0027	<0.01-0.03	<0.1-0.1	<0.1-0.16	<0.01-0.03	<0.1-0.1	<0.1-0.6	<0.01-0.03	<0.1-0.8	0.01-0.40	0.02-0.1		
Ortalama		53.29	0.66	36.69	0.33	0.57	0.34	0.09	80.03	74.69	0.22	0.061	0.097	0.03	0.10	0.33	0.01	0.70	0.28	0.05	0.65	0.05		
Standart Sapma		87.59	0.20	14.70	0.35	0.39	0.14	0.07	0.042	37.90	0.12	0.001	0.09	0.01	0.09	0.01	0.00	0.23	0.00	1.11	0.24	0.03		
Ortalama/Veri aralığı(1)		500	20	10.05	*	3.00	90	35	*	20	2.70	0.0030	0.80	*	3	16 ⁵	0.15	35	70	*	*	*		
Ortalama/Ankizi(2)		714	20	0.05	*	2.30	72	25	*	20	1.80	*	0.55	*	1.80	269	*	*	*	*	*	*		
Ortalama (Tali su)(3)		10.10 ³	*	0.1.10 ³	*	1.8.10 ³ (4)	*	*	*	1.10 ³	0.05.10 ³	0.01.10 ³	0.004.10 ³	*	1.10 ³	*	0.07.10 ³	*	*	*	*	*		

(* Değer yok, (1) Krauskopf, 1989. (2) Schroll, 1975 (3) Abollino, vd. 2004 . (4) Şahinci, 1991.).[B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]

Çizelge 7.3 Acep ocağı örneklerine ait ana ve eser element jeokimyası sonuçları

Örnek No	Derinlik (m)	B ₂ O ₃ (ppm)	Si (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	P (ppm)	Al (ppm)	Mn (ppm)	TOTFC %	TOTFS %	SEM %	Me (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	As (ppm)
AS2-1	75.50	419000.00	3105.56	101900.00	95900.00	24000.00	<10	<100	2.80	0.05	-0.02	22.41	0.13	0.80	0.04	0.30	<0.1	5.10
AS2-2	76.50	402000.00	12246.90	97600.00	47410.00	71000.00	<10	<100	10.00	0.12	0.02	24.71	0.47	0.85	0.08	0.50	0.10	7.20
AS2-3	81.50	428000.00	2711.15	102100.00	51400.00	36000.00	<10	<100	<1	0.05	-0.02	22.25	0.51	0.88	0.08	0.40	<0.1	5.50
AS2-4	87.50	419000.00	10470.63	124700.00	42600.00	59000.00	20.00	100.00	23.00	1.44	-0.02	26.20	0.55	0.72	0.11	0.30	<0.1	10.60
AS2-5	101.00	346000.00	39831.16	164000.00	32900.00	21800.00	70.00	200.00	43.00	3.81	0.02	41.98	0.65	0.68	0.15	0.50	0.20	12.40
AS2-6	111.00	418000.00	8413.50	93000.00	54200.00	49000.00	<10	<100	<1	0.04	0.02	23.99	0.24	0.83	0.22	0.40	0.10	4.00
AS2-7	113.50	220000.00	10143.43	103800.00	63500.00	44000.00	<10	<100	<1	0.10	-0.02	25.04	0.26	1.00	0.20	0.40	0.10	2.90
AS2-8	127.50	2737000.00	52681.38	142000.00	31100.00	31100.00	<10	<100	64.00	2.88	0.02	42.45	2.15	0.84	0.24	0.20	0.20	31.90
AS2-9	133.00	8114000.00	11125.05	81600.00	48100.00	60000.00	<10	<100	<1	0.01	0.02	25.36	0.28	0.80	0.10	0.30	0.10	11.60
AS2-10	134.00	4076000.00	4787.85	95700.00	53000.00	101.00	<100	<1	0.60	0.02	0.02	23.25	0.14	0.74	0.14	0.40	0.10	9.50
AS2-11	135.50	4100000.00	7869.32	96900.00	38900.00	49000.00	<10	<100	<1	0.04	0.02	23.18	0.17	0.88	0.09	0.40	0.10	10.20
AS2-12	143.00	3977000.00	13041.55	103900.00	55000.00	73000.00	10.00	<100	5.60	0.41	0.04	27.16	0.20	0.75	0.29	0.10	<0.1	6.80
Değerim Aralığı		220300-426300	2711-52880	95700-18400	32800-63550	2400-31100	<10-70	<100-200	<1-43	0.1-1.44	-0.02-0.04	22.41-42.45	0.13-2.15	0.48-1.0	0.04-0.30	0.10-0.70	<0.1-0.20	4.0-31.9
Ortalama		371491.67	14993.11	111168.33	49759.83	87590.00	28.00	150.00	24.50	0.75	0.02	27.51	0.51	0.81	0.15	0.29	0.13	9.73
Standart Sapma		75768.52	15035.10	27169.30	4025.12	4678.24	24.90	20.71	24.50	1.29	0.03	7.10	0.55	0.13	0.10	0.14	0.05	7.64
Ortalama/Veri Katsayısı(1)		10	26200	41000	24000	1100	81000	1000	*	*	*	*	1.30	50	12.50	70	22	1.80
Ortalama/Veri Katsayısı(2)		15	20600	46000	36000	21800	1600	88500	1200	*	*	*	0.90	35	15	72	10	1.90
Ortalama (Tabii sınırl)		0.01	5.33	1.8-49.20/13.22	1.15-36.78/5.28	0.6-15.07/3.64	-	<30.10 ³	4.09.10 ³	*	*	*	1.10 ³	1.8.10 ³	0.2.10 ³	0.5.10 ³	0.05.10 ³	2.30 ³
Örnek No	Derinlik (m)	Si (ppm)	St (ppm)	Br (ppm)	Sc (ppm)	Sc (ppm)	Sc (ppm)	Sc (ppm)	Sc (ppm)	R (ppm)	Be (ppm)	Er (ppm)	U (ppm)	Au (ppm)	V (ppm)	Th (ppm)	Zr (ppm)	As (ppm)
AS2-1	75.50	2461.00	0.03	118.80	0.80	20.60	0.09	0.23	<0.3	0.02	<0.001	40.40	<0.1	0.0007	<1	<0.01	0.028	<0.1
AS2-2	76.50	4246.00	0.04	55.80	0.90	16.90	0.13	0.34	0.20	0.04	<0.001	146.40	<0.1	0.0025	21.00	<0.01	0.018	0.10
AS2-3	81.50	1249.00	0.06	16.70	0.80	21.10	0.05	0.34	0.20	0.01	<0.001	21.10	<0.1	0.0009	11.00	<0.01	0.032	<0.1
AS2-4	87.50	15011.00	0.07	220.30	0.40	29.30	0.59	0.34	0.30	0.15	<0.001	102.60	0.20	0.0004	16.00	<0.01	0.015	0.02
AS2-5	101.00	3143.00	0.09	261.70	0.50	21.00	0.14	1.36	0.80	0.20	<0.001	425.10	0.60	0.0003	13.00	0.02	<0.001	1.10
AS2-6	111.00	1720.00	0.02	74.90	0.50	20.30	0.04	0.03	<0.1	0.02	0.001	109.00	<0.1	<0.0005	2.00	0.01	0.021	0.80
AS2-7	113.50	1749.20	0.06	16.90	0.50	22.60	0.04	0.18	0.10	0.02	<0.001	134.90	0.30	0.0002	2.00	0.01	0.030	0.10
AS2-8	127.50	3492.40	0.17	74.60	0.60	22.80	0.06	1.66	1.00	0.03	0.002	97.96	<0.1	0.0016	5.00	0.05	<0.001	0.20
AS2-9	133.00	2124.00	0.02	61.40	0.50	18.30	0.05	0.11	0.10	0.03	0.002	130.30	<0.1	0.0007	2.00	0.01	0.019	<0.1
AS2-10	134.00	5018.20	0.02	77.90	0.30	19.80	0.14	0.07	0.10	0.02	0.002	136.40	<0.1	0.0030	2.00	0.07	0.022	<0.1
AS2-11	135.50	4210.80	0.02	67.90	0.30	19.50	0.05	0.07	0.10	0.02	0.005	113.90	0.10	<0.0005	2.00	0.41	0.020	<0.1
AS2-12	143.00	1211.10	0.03	86.90	0.30	28.90	0.06	0.29	0.20	0.02	0.003	161.80	<0.1	0.0022	3.00	0.01	0.020	<0.1
Değerim Aralığı		1211-15011	0.02-0.17	36.7-320.3	0.3-0.9	16.9-28.9	0.05-0.50	0.05-1.66	<0.1-0.8	0.01-0.20	<0.001-0.003	23.1-97.9	0.1-0.1	<0.00050-0.0025	<1-21.00	<0.01-0.07	<0.001-0.052	<0.1-1.10
Ortalama		3819.64	0.05	100.32	0.53	21.76	0.11	0.42	0.31	0.05	0.002	177.60	0.20	0.001	7.18	0.02	0.02	0.29
Standart Sapma		3744.46	0.04	93.80	0.21	3.80	0.13	0.53	0.12	0.06	0.001	163.35	0.22	0.001	6.88	0.02	0.01	0.45
Ortalama/Veri Katsayısı(1)		375	0.20	500	20	0.65	*	3	90	35	*	20	2.7	0.003	110	0.8	*	105
Ortalama/Veri Katsayısı(2)		800	0.20	714	20	0.65	*	2.3	72	25	*	20	1.8	*	100	0.55	*	260
Ortalama (Tabii sınırl)		50.10 ³	0.1.10 ³	10.10 ³	*	6.1.10 ³	*	1.8.10 ³ /41	*	*	*	1.10 ³	0.05.10 ³	0.9.10 ³	0.004.10 ³	*	*	*

(* Değer yok, (1) Krauskopf, 1989. (2) Schroll, 1975 (3) Abollino, vd. 2004. (4) Şahinci, 1991.]. B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]

Buna göre Na₂O/CaO oranı % 5'in altında kalıyorsa Ca-boratlara, % 5-95 arasında iken NaCa boratları, % 95'in üzerinde ise Na-boratlara oluşmaktadır.

Bigadiç boratları Na/Ca oranlarına göre değerlendirdiğinde Tülü'de bu oran %5'in çok altında neredeyse sifira yakın bir değerdedir. Bu oran Ca-boratlara oluşumuna karşılık gelmektedir. Simav'da oran % 30, Acep'te ise % 44 olup, bunlar da NaCa boratları işaret etmektedir.

Mineralojik bileşenlerde belirleyici olan Ca, Na ve Mg'un dışındaki ana elementlerin oranının farklı kesimlerindeki bolluğu karşılaştırıldığında; Si, Al, Mn ve P'un alt boratlı zonda (Tülü) daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 7.1-7.3).

Ana elementler YKO, AO ve TSO'yla karşılaştırılarak Bigadiç borat çökelme ortamındaki element azalma ve çoğalmaları belirlenmiştir.

Alt boratlı zon (Tülü) örneklerinde sadece Ca ve B'da her üç ortalama değerlerine göre de artma kaydedilmiştir. TSO'ya göre Ca gibi diğer elementlerde de çok yüksek artma katsayıları belirlenmiştir. Birinci rakam YKO'ya, ikinci rakam AO'ya göre olmak üzere Ca (4.78-4.22) ve B (13741.60-9161.07) artış artış göstermiştir. Çizelge 7.1'de yer alan diğer elementler ise (Na, Mg, Si, Al, Mn, Fe) YKO'ya ve AO'ya göre azalmışlardır.

Tülü örneklerinde azalma katsayıları; birinci rakam YKO'ya, ikinci rakam AO'ya göre olmak üzere Si 14.9-13.7, Mg 2.8-2.7, Na 613.4-767.4, Al 254.5-278.1, Mn 39.6-47.5, Fe 242.4- 262.6 ve P 31.8-46.3 şeklindedir (Şekil 7.1).

Üst boratlı zonda (Simav+Acep) tüm elementlerde alt boratlı zonda olduğu gibi TSO'ya göre çok yüksek katsayılı artışlar görülmektedir. YKO ve AO dikkate alındığında ise, Ca, B ve Na'da artış, diğer elementler Si, Mg, P, Al, Mn'da azalma olduğu gözlenmektedir. Ca YKO'ya göre Simav'da 2.37 kez, Acep'te 2.71 kez; Na, Simav'da 1.21 kez, Acep'te 2.07 kez; B Simav'da 13823.79 kez, Acep'te 11536.71 kez artmıştır.

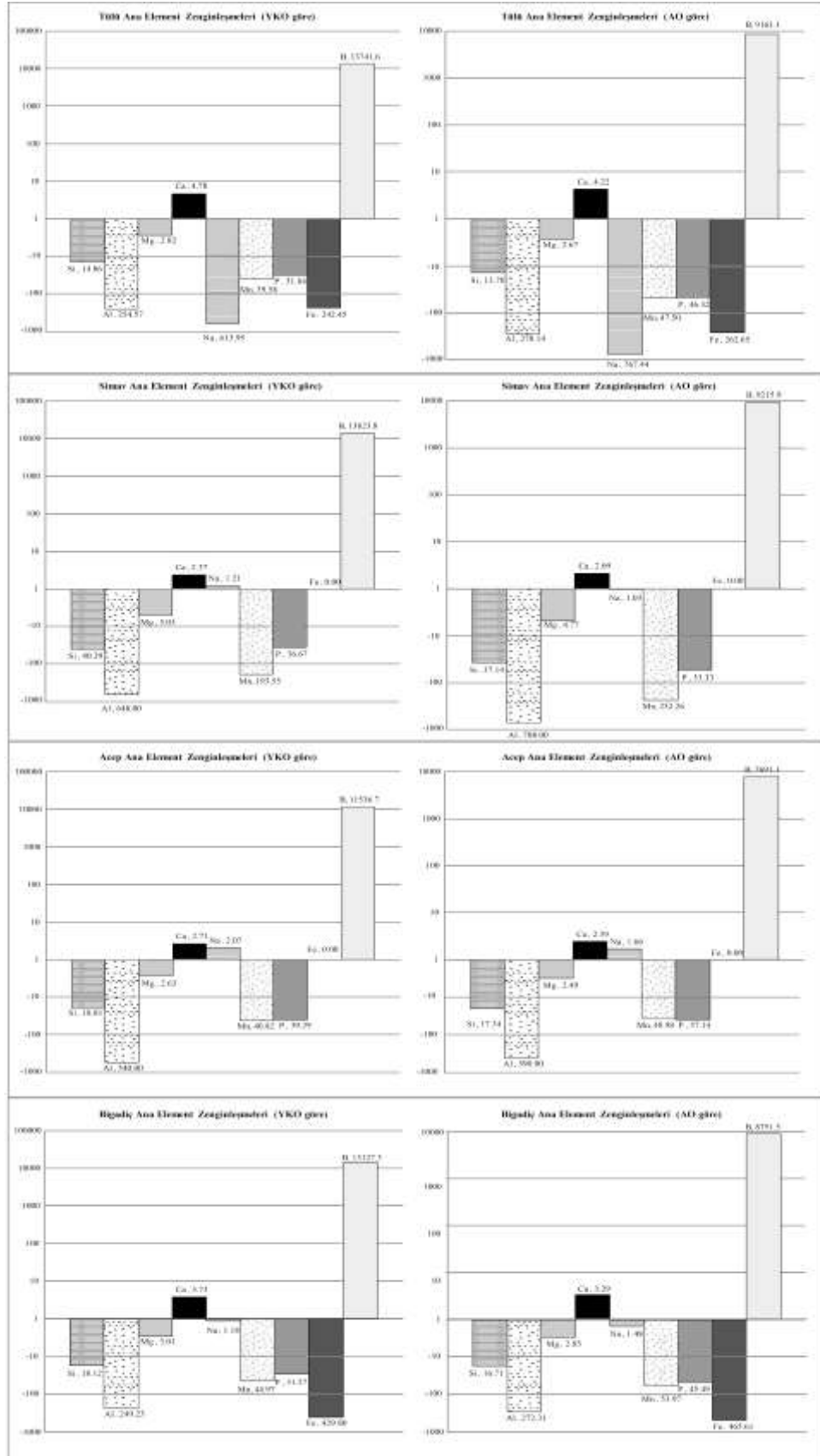
AO'ya göre Ca, Simav'da 2.09 kez, Acep'te 2.39 kez; B, Simav'da 9215.86 kez, Acep'te 7691.14 kez; Na, Acep'te 1.66 kez artış göstermiştir. Simav'da Na değeri (0.97 artma) çok az andezit ortalamalarının altında bir değerdir (Şekil 7.1).

Üst boratlı zona ait örneklerde, Si, YKO'ya göre Simav'da 40.29 kez, Acep'te 18.8 kez; Mg Simav'da 5.03 kez, Acep'te 2.6 kez; P, Simav'da 36.67 kez, Acep'te 39.29 kez; Al, Simav'da 648 kez, Acep'te 540 kez; Mn, Simav'da 193.55 kez Acep'te 40.82 kez azalma göstermişlerdir. AO'nda da benzer sonuçlar alınmış olup; Si Simav'da 37.14 kez, Acep'te 17.3 kez; Mg, Simav'da 4.77 kez, Acep'te 2.49 kez; P, Simav'da 53.33 kez, Acep'te 57.14 kez; Al, Simav'da 708 kez, Acep'te 590 kez ve Mn, Simav'da 232.26 kez, Acep'te 48.98 kez azalmıştır(Şekil 7.1).

Bigadiç Borat örneklerinin tamamında birinci rakam YKO'ya, ikinci rakam AO'ya göre olmak üzere Ca (3.73-3.29) ve B (13127.29 -8751.52) artış gösterirken; Na (1.18-1.48), Si (18.12-16.71), Mg (3.01-2.85) kez, Al (249.23-272.31), Mn (44.97-53.97), P (31.27-45.49) ve Fe (249.80-465.61) azalış göstermektedir (Şekil 7.1).

Yukarıda ayrıntılı olarak sunulan verilerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Alt boratlı zonda Ca-boratların, üst boratlı zonda ise Ca-Na boratların çökmesine uygun ortam koşulları bulunmaktadır.
2. TSO'ya göre çıkan tüm ana elementlerde çok yüksek artışlar söz konusudur. Bu da Bigadiç boratlarını oluşturan göl ortamına dış etkenlerle önemli oranda element transfer edildiğini göstermektedir.
3. Alt boratlı zonda, üst boratlı zonda hiç bulunmayan Fe'nin konsantrasyonu 223,86 ppm değerine kadar ulaşmıştır.
4. Si, Mg, P, Al ve Mn her iki zonda da YKO ve AO'ya göre yaklaşık benzer katsayılarda azalma göstermişlerdir.



Şekil 7.1 Bigadiç borat yatağı zenginleşen ana elementlerin katsayıları

7.1.2 Bigadiç borat yatağının eser element bollukları

Bigadiç boratlarına ait eser element bollukları, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yerkabuğu, andezit ve tatlı sularda bulunan ortalama değerleri Tülü ocağı için çizelge 7.1, Simav için çizelge 7.2 ve Acep ocağı için çizelge 7.3’de verilmektedir.

Eser elementler çokluk sırasına göre Tülü örneklerinde ppm olarak; Sr (6531.40), Li (124.15), Ba (64,94), Se (32.83), As (11.82), Nb (3.42), Mo (2.89), V (2.27), Cs (1.66), Zr (1.58), Zn (1.44), Sc (1.41), Co (0.70), Rb (0.63), U (0.54), Pb (0.38), Te (0.25), Cu (0.25), Tl (0.23), Y (0.18), Sb (0.10), Cd (0.02), Au (0.002) şeklinde, nadir toprak elementleri de Ce (0.87), La (0.55), Nd (0.32), Pr (0.10), Sm (0.07), Gd (0.06) ve Er (0.05) şeklinde sıralanmaktadır.

Simav örneklerinin eser elementlerinin bollukları ppm olarak; Sr (9318.01), Li (74.60), Ba (53.29), Se (36.69), As (10.11), Mo (2.71), Co (1.15), Sc (0.66), Cu (0.58), Cs (0.57), Zn (0.48), Rb (0.34), Te (0.33), Zr (0.33), Sb (0.31), U (0.22), Pb (0.17), Be (0.10), Y (0.09), Tl (0.07), Pd (0.03), Cd (0.01), Re (0.003) ve Au (0.001) şeklinde nadir toprak elementlerinde ise La (0.70), Ce (0.58), Pr (0.05) şeklindedir.

Acep örneklerinde eser elementler ppm olarak; Sr (3819.64), Li (177.60), Ba (100.32), Se (21.76), As (9.73), V (7.18), Cu (0.81), Sc (0.53), Mo (0.51), Cs (0.42), Zn (0.39), Rb (0.31), Zr (0.39), Pb (0.15), U (0.30), Te (0.11), Co (0.13), Sb (0.05), Y (0.05), Tl (0.02), Pd (0.002), Re (0.002) ve Au (0.001) şeklinde sıralanmaktadır. Acep kesiminde nadir toprak elementleri analiz sonucunda belirlenememiştir.

Eser elementlerin bollukları ve buna göre sıralanmaları göz önüne alındığında, Sr, Li, Ba, Se, As gibi elementlerin her üç kesimde de oldukça yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu göze çarpmaktadır. Tülü’de 3.42 ppm’lik ortalama değere ulaşan Nb değeri dikkat çekmektedir. Ancak bu değer yine de 20 ppm’lik YKO ve AO’ya göre çok düşüktür. Ayrıca Tülü ve Simav ocaklarında bollukları belirlenen nadir toprak

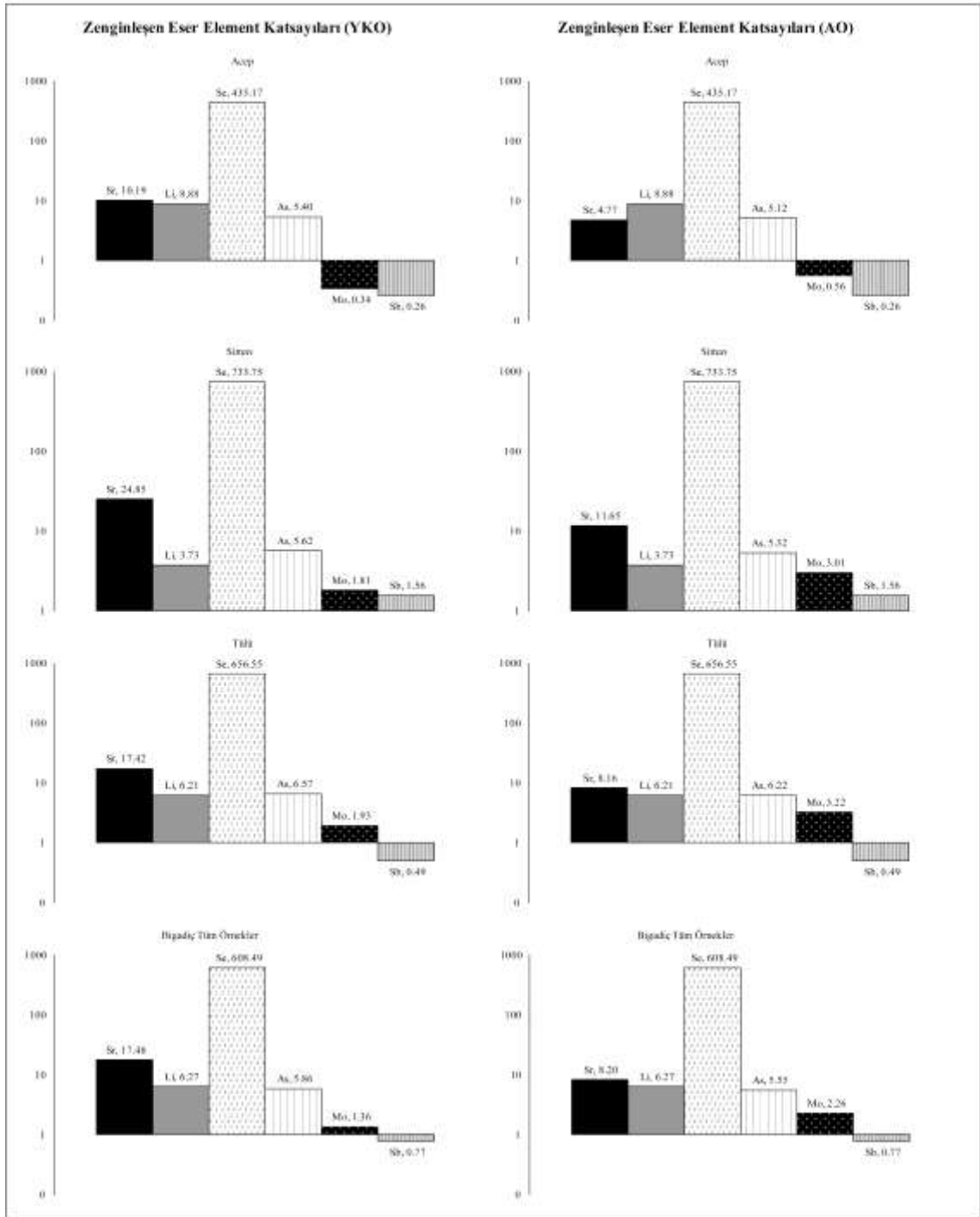
elementleri Acep'te belirlenememiş, Be ise sadece Simav kesiminde 0.05 ppm'lik bir değerde tespit edilmiştir.

Tüm eser elementler TSO'ya göre Bigadiç boratlarında çok fazla artma göstermektedir (Çizelge 7.1–7.3). YKO ve AO'ya göre kıyaslama yapıldığında Sr, Li, Se, As ve Mo'nin artma, diğer elementlerin azalma gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Birinci rakam YO, ikincisi AO'ya göre olmak üzere **Sr** Tülü'de 17.42–8.16 kez, Simav'da 24.85–11.65 kez, Acep'te 10.19–4.77 kez; **Li** Tülü'de 6.21–6.21 kez, Simav'da 3.73–3.73 kez, Acep'te 8.88–8.88; **Se** Tülü'de 656.55–656.55 kez, Simav'da 733.75–733.75 kez, Acep'te 435.17–435.17 kez; **As** Tülü'de 6.57–6.22 kez, Simav'da 5.62–5.32 kez, Acep'te 5.40–5.12 kez; **Mo** Tülü'de 1.93–3.22 kez, Simav'da 1.81–3.01 kez; artmıştır (sadece Acep'te Mo 2.96–1.78 kez azalmış, 0.34-0.56 kez artmıştır) **Sb** ise sadece Simav'da 1.56-1.56 kez artmıştır (Şekil 7.2). Bu verilere göre en çok artan element Se olup, bunu Sr, As, Li ve Mo takip etmektedir (Koçak ve Koç 2009, Koç vd. 2010, Koçak ve Koç 2012a)

Bigadiç yatağında tüm örnek gruplarında **Se** 608-608 kez; **Sr** 17.48-8.20 kez; **Li** 6.27-6.27 kez; **As** 5.86-5.55 kez; **Mo** 1.36-2.26 26 kez artmıştır. **Sb** ise sadece Simav'da 1.56-1.56 (Bigadiç'e ait tüm örneklerde ise 0.77 oranı ile zenginleşmemiştir) kez artış göstermiştir (Şekil 7.2).

YKO ve AO'ya göre Bigadiç boratlarında azalma gösteren elementler Cu, Pb, Zn, Co, U, Au, Cd, Sb, V, Ba, Sc, Tl, Cs, Nb, Rb, Zr, Y ve nadir toprak elementleri olup yaklaşık üç kesime ait örneklerde de aynıdır (Çizelge 7.1–7.3).

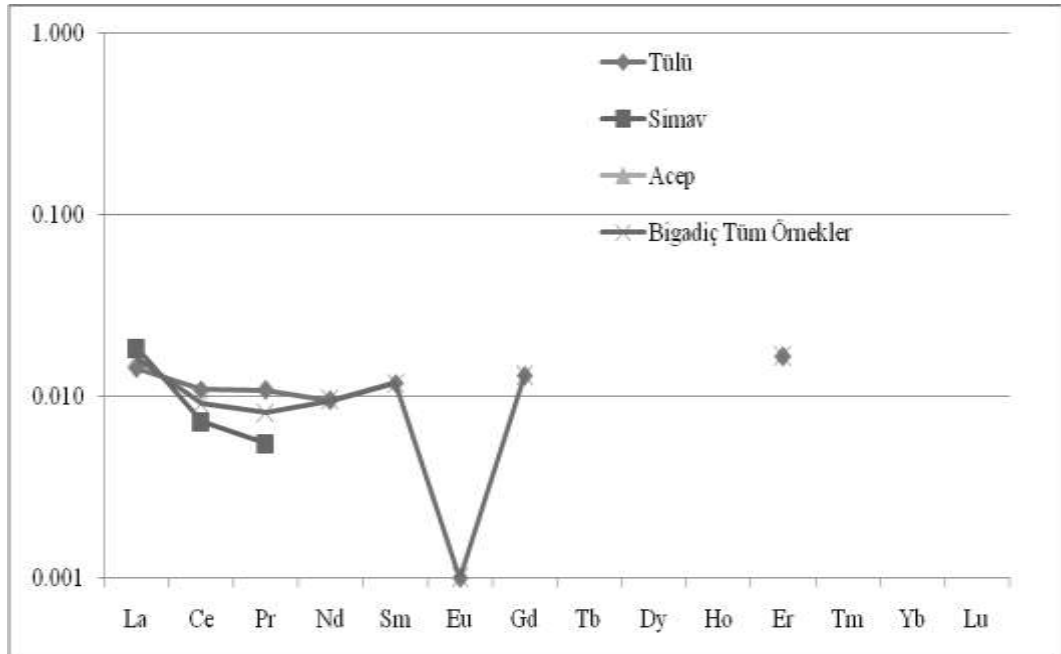


Şekil 7.2 Bigadiç borat yatağı zenginleşen eser elementlerin katsayıları

7.1.3 Bigadiç borat yatağı nadir toprak element jeokimyası

İncelenen borat yatağının sedimanter bir ortamda (göl ortamında) çökelmiş dikkate alınarak NTE değerleri PAAS (Post-Archean Australian Shales)'ne göre normalize

edilmiştir. PAAS ve ortalama şeyl NTE patternleri ile Üst Kabuğun NTE paternlerinin birbirine paralel olduğu (Taylor and McLennan, 1985) dikkate alınarak normalizasyon yapılmıştır. Bigadiç borat yatakları oluşum ortamının fizikokimyasal şartlarını ve kökensel ilişkilerini belirleyebilmek için Nadir Toprak Elementlerinin (NTE) PAAS ortalama değerlerine göre normalize edilmiş dağılım diyagramları incelenmiştir. Bigadiç NTE içeriklerinin ortalama değerleri (ppm) Tülü için örnekleri sırasıyla La (0.55), Ce (0.87), Pr (0.10), Nd (0.32), Sm (0.07), Eu (0.05), Gd (0.06) ve Er (0.05), şeklinde, Simav örnekleri için La (0.70), Ce (0.58) ve Pr (0.05) şeklinde değer verirken Acep ocağından NTE'ler değer vermemiştir.



Şekil 7.3 Bigadiç Borat Örnekleri NTE Dağılımları (Taylor and McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir)

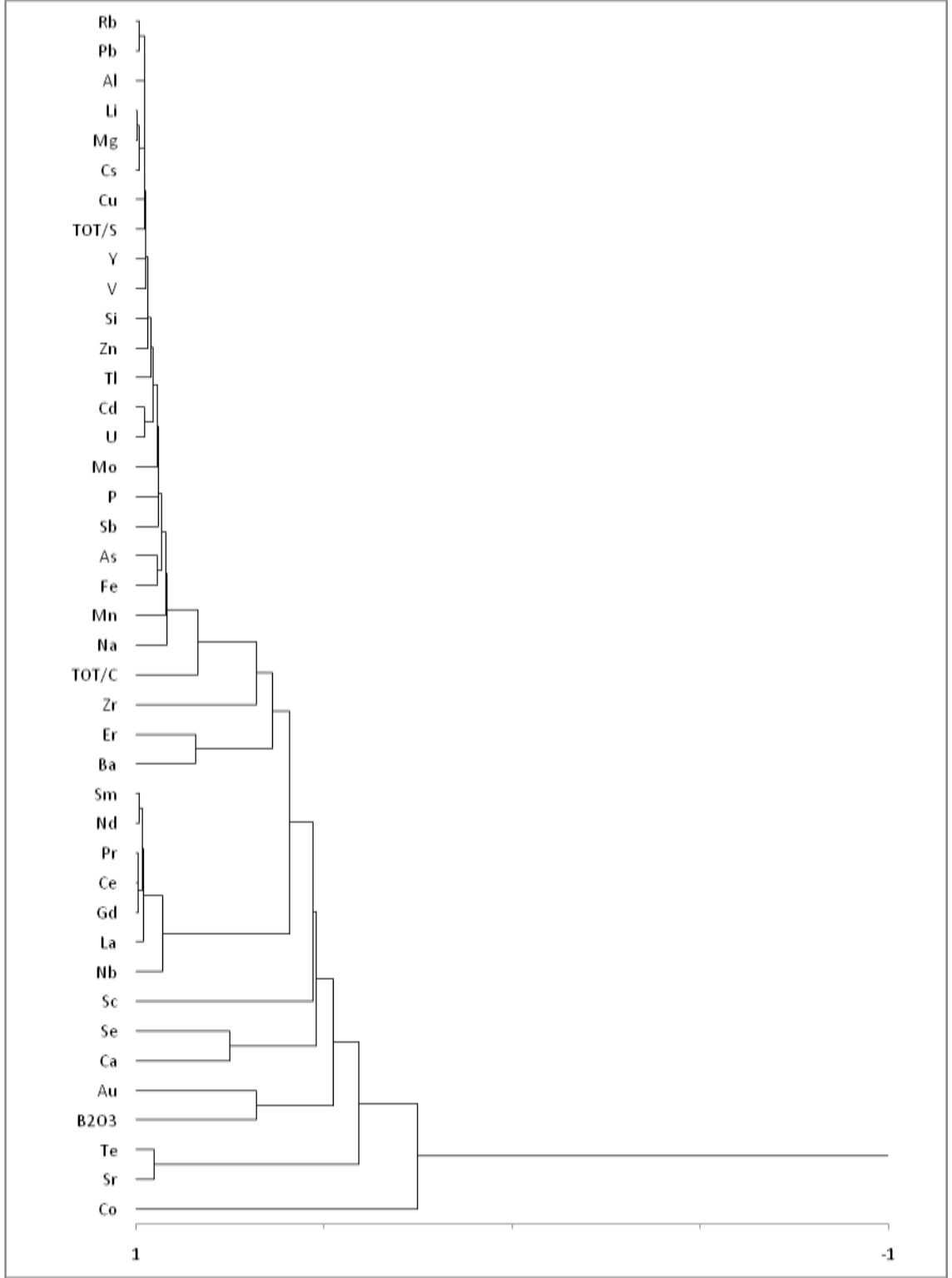
Bigadiç için ayrı ayrı yapılan diyagramlardan (Şekil 7.3) görüleceği üzere tüm bölgelerde çok belirgin olmayan negatif Ce gözlenmişken yalnızca Tülü'de çok belirgin olan Eu anomalisinden söz edilebilir. Mevcut verilerin yetersizliği göz önüne alınarak bu davranışları yorumlamaktan kaçınılmıştır. Ancak Bigadiç borat örneklerinde Hafif Nadir Toprak Elementlerin (HNTE) Ağır Nadir Toprak Elementlere (ANTE) göre zenginleştiği söylenebilir.

7.1.4 Bigadiç borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi

Bigadiç borat yatağı oluşumlarında yer alan elementlerin jeokimyasal eğilimlerinin belirlenmesi, birlikte ya da ters hareket eden elementlerin ve oluşan grupların değerlendirilmesi için korelasyon katsayıları hesaplanmış, ayrıca kümeleme analizi yöntemi uygulanmıştır. Hesaplama ve değerlendirmeler Bigadiç Borat Yatağının Alt borat zonunu temsil eden Tülü kesimi ve Üst borat zonunu temsil eden Simav ile Acep kesimleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Korelasyonlar değerlendirmelerinde korelasyon katsayısı 0,60 ve üzerinde olanları dikkate alarak yapılmış olup, kuvvetli-çok kuvvetli derecesinde ilişki gösteren elementler italik olarak yazılmıştır.

Alt Boratlı Zon Tülü element içeriklerine ait korelasyon katsayıları çizelge 7.4'de gösterilmektedir. **Si**; *Mg ve Li ile* **Mg**; *Si, Al, Mn, Fe, P, TOT/S, Mo, Cu, Pb, Zn, U, Cd, V, Tl, Cs, Rb, Y ve Li ile* **Na**; *Mn ve Cs ile* **Al**; *Mg, Fe, P, TOT/S, Mo, Cu, Pb, Zn, As, U, Sb, V, Tl, Cs, Rb, Y, Cd ve Li ile* **Mn**; *Mg, Na, P, TOT/C, Pb, Cs, Rb, Cd ve Li ile* **Fe**; *Mg, Al, TOT/S, Mo, Cu, Pb, Zn, As, U, Sb, Ba, Rb, Y ve Li ile* **P**; *Mg, Al, Mn, Cu, Pb, Cs, Rb, Y ve Li ile* **TOT/C**; sadece *Mn, TOT/S*; *Mg, Al, Fe, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Tl, V, Cs, Rb, Y ve Li ile* kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **B** ve **Ca** ise hiçbir elementle kuvvetli pozitif ilişki göstermemiştir.

Korelasyon katsayılarının irdelenmesi ile ana ve eser elementlerin birbirleriyle pozitif ilişki gösterdikleri büyük bir grup (Rb, Pb, Al, Li, Mg, Cs, Cu, TOT/S, V, Y, Si, Zn, Tl, Cd, U, P, Sb, Mo, As, Mn, Fe, Na ve TOT/C) ile daha az elementin yer aldığı (Sm, Nb, Pr, Ce, La, Gd, Nd)'nin ikinci grup ortaya çıkmıştır. Buna karşılık Sc, (Se, Ca), (Au, B₂O₃), (Te, Sr) Co, (Er, Ba) ve Zr gibi elementlerin ise bu iki grupla olan benzerlikleri daha düşüktür. Bu ilişkiler ve birlikte hareket eden element gruplaşmaları kolay anlaşılır bir şekilde korelasyon matrisi dendogramında görülebilmektedir (Şekil 7.4). Tülü örneklerinde genellikle kil grubu elementlerin (Si, Al, Fe, K) büyük bir grup şeklinde hareket ettiği görülmektedir. Yatakta zenginleştiği belirlenen elementlerden As, Mo ve Li kil grubu elementlerle, Se ve Sr'un Ca ile pozitif korelasyonu söz konusudur.



Şekil 7.4 Tülü ocağı elementlerine ait dendrogram

Üst boratlı zonun Simav kesimine ait korelasyon katsayıları çizelge 7.5’de görülmektedir.

B; *P, Sr ve Se* ile **Si;** *Mg, Cs ve Li* ile, **Mg;** *Si, As, Ba, Cs, Li ve U* ile **P;** *B, Al, Mo, Sb, Ba, Se, Re, Be, ve Zr* ile **Al;** *P, Mo, Sb, Ba, Y, Re, Be ve Zr* ile, **TOT/S;** sadece *Tl* ile kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **Ca, Na, Mn** ve **TOT/C** ise hiçbir elementle kuvvetli pozitif ilişki göstermemiştir.

Simav kesimine ait elementlerden Sc'un herhangi bir ilişkisi belirlenememiş olup, buradaki korelasyon ilişkileri Alt Boratlı zona benzemektedir. Ayrıca Alt Boratlı Zonda herhangi bir ilişki göstermeyen Zr ve Ba burada birçok elementle birlikte hareket etmektedir.

Elementlerin jeokimyasal eğilimine uygun olarak oluşturdukları gruplar Üst Boratlı Zon (Simav) için çizilen korelasyon matrisi dendrogramında görülmektedir (Şekil 7.5). Buna göre yüksek katsayılı benzerlik ilişkileri bulunan elementler (Pd, Cu, Cd), (Pr, La, Ce, Pb), (Mo, Al, Sb, Re, Ba, Se, B₂O₃, Be, P, Zr) ve (Li, Mg, Si, U, As, Te, Rb, Sr, Cs, Y) şeklinde dört ayrı grupta kümelenmişlerdir. TOT/C, Ca, Tl, TOT/S Mn, Pb, Au, Zn, Na, Co ve Sc gibi elementlerin dört gruba çok düşük benzerlik ilişkisi gösterdikleri dikkat çekmektedir. Burada (Mo, Al, Sb, Re, Ba, Se, B₂O₃, Be, P, Zr) ve (Li, Mg, Si, U, As, Te, Rb, Sr, Cs, Y) gruplarının benzerlikleri diğer iki gruba göre yüksek değerdedir. Bundan hareketle bu iki grubu büyük tek bir grup olarak değerlendirmek mümkündür.

Simav örneklerine baktığımızda Tülü örneklerine benzer olarak kil grubu elementlerin (Si, Al, Fe) büyük bir grup şeklinde hareket ettiği görülmektedir. As, Mo, Sb, Li, Se ve Sr'un ise Tülü'den farklı olarak tamamının büyük gruba ilişkisi söz konusudur. Burada Se'un B₂O₃ ile yüksek korelasyon katsayısı (0.92) ile göze çarpmaktadır. Burada element kümelenmeleri karasal ve karasal olmayan katkının benzer oranda etkin olabileceğini göstermektedir.

Üst Boratlı Zonun Acep kesimine ait korelasyon katsayıları çizelge 7.6'da verilmiştir. Buna göre **Ca;** *Mg, P, Al, Mn, TOT/C, Co, Sb, Ba, Cs, Rb, Y, Li, U ve Zr* ile, **Si;** *Ca, Mg, P, Mn, TOT/C, Mo, Zn, Co, As, Sb, Cs, Rb ve Li* ile, **Mg;** *Si, Ca, P, Mn, TOT/C, Mo, Zn, Co, As, Sb, Cs, Rb ve Li* ile, **P;** *Si, Ca, Mg, Al, Mn, TOT/C, Co, Ba, Cs, Rb, Y, Li, U*

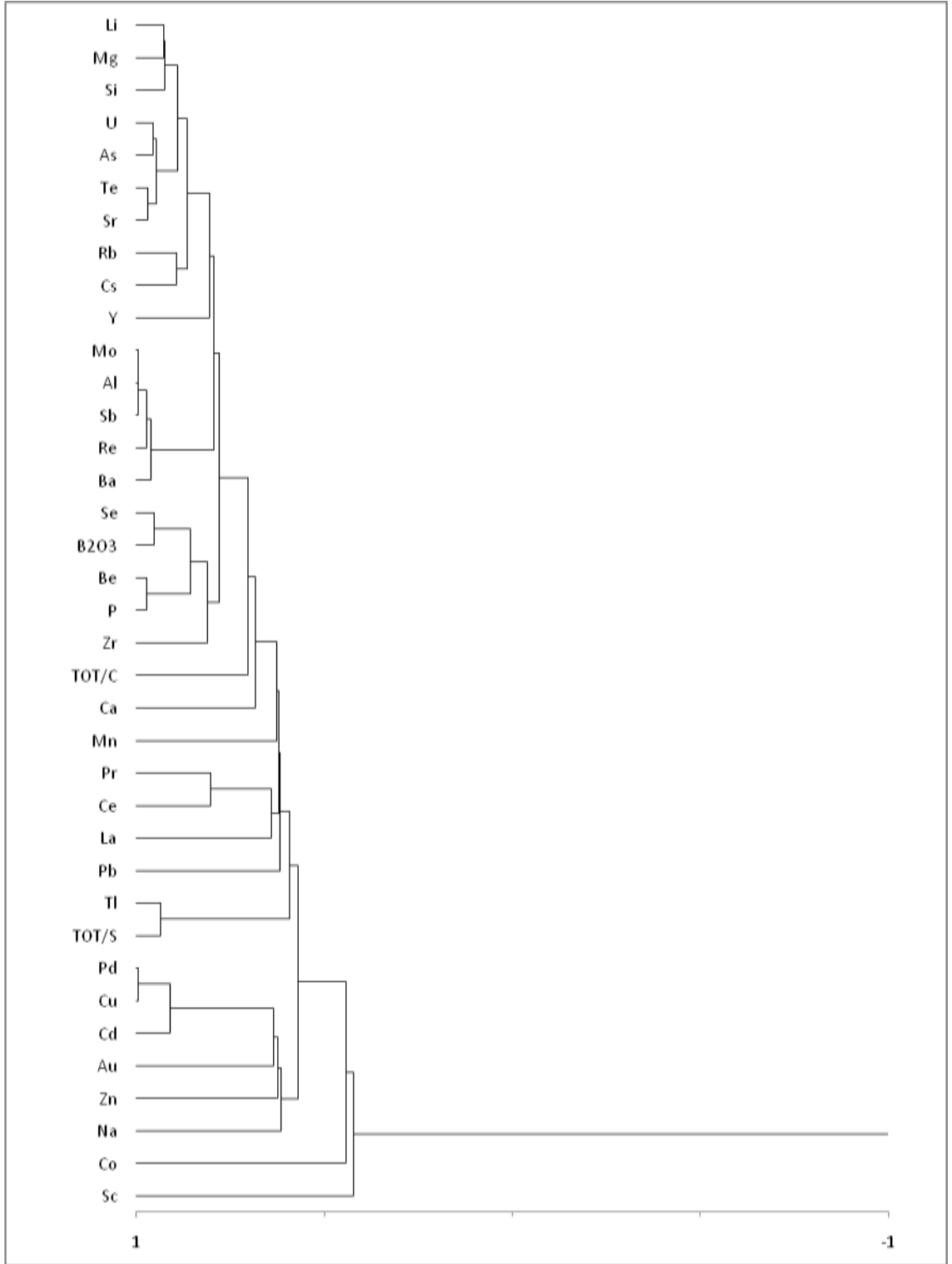
ve Zr ile, **Al**; *Ca, P, TOT/C, Co, Ba, Y, U* ve Zr ile, **Mn**; *Si, Ca, Mg, P, TOT/C, Mo, Zn, Co, As, Sb, Cs, Rb* ve *Li* ile, **TOT/C**; *Si, Ca, Mg, P, Al, Mn, Mo, Co, Ba, As, Sb, Ba, Cs, Rb, Y, Li,* ve *U* ile, **TOT/S**; sadece Pb ile kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **Na** ve **B** ise hiçbir elementle kuvvetli pozitif ilişki göstermemiştir.

Acep kesimine ait bu korelasyon ilişkilerinde birkaç farklı durum ortaya çıkarmıştır. Örneğin Alt Boratlı Zonda (Tülü) bulunmayan Pd'un birçok elementle negatif ilişkisi, Alt Boratlı zonda pozitif ilişkileri ile göze çarpan Cu'nun Simav'a benzer şekilde gösterdiği negatif ilişkiler göze çarpan farklılıklardır.

Acep örneklerine ait elementlerin, korelasyon matrisi dendrogramı şekil 7.6'da verilmiş olup, burada oluşan başlıca gruplar görülmektedir. Buna göre (Pd, Cu, Na, B₂O₃), (Re, TOT/S, Pb, Au), (Y, Ba, Rb, Cs, Mn, Mg, Si, Li, Co, Sb, Mo, P, Ca, U, Al, As, Zr, Zn) şeklinde üç grup oluştuğu görülmektedir. Tl, V, Se, Te, Sr ve Sc elementlerinin büyük grupla düşük ilişki gösterdikleri dikkat çekmektedir.

Acep örneklerine bakıldığında genellikle kil grubu elementlerin (Si, Al, Fe) büyük bir grup şeklinde hareket ettiği görülmektedir. As, Mo, Sb ve Li Simav ocağına benzer olarak kil grubu elementlerle, Se ve Sr'un ise iki farklı kökenden olduğu söylenebilir.

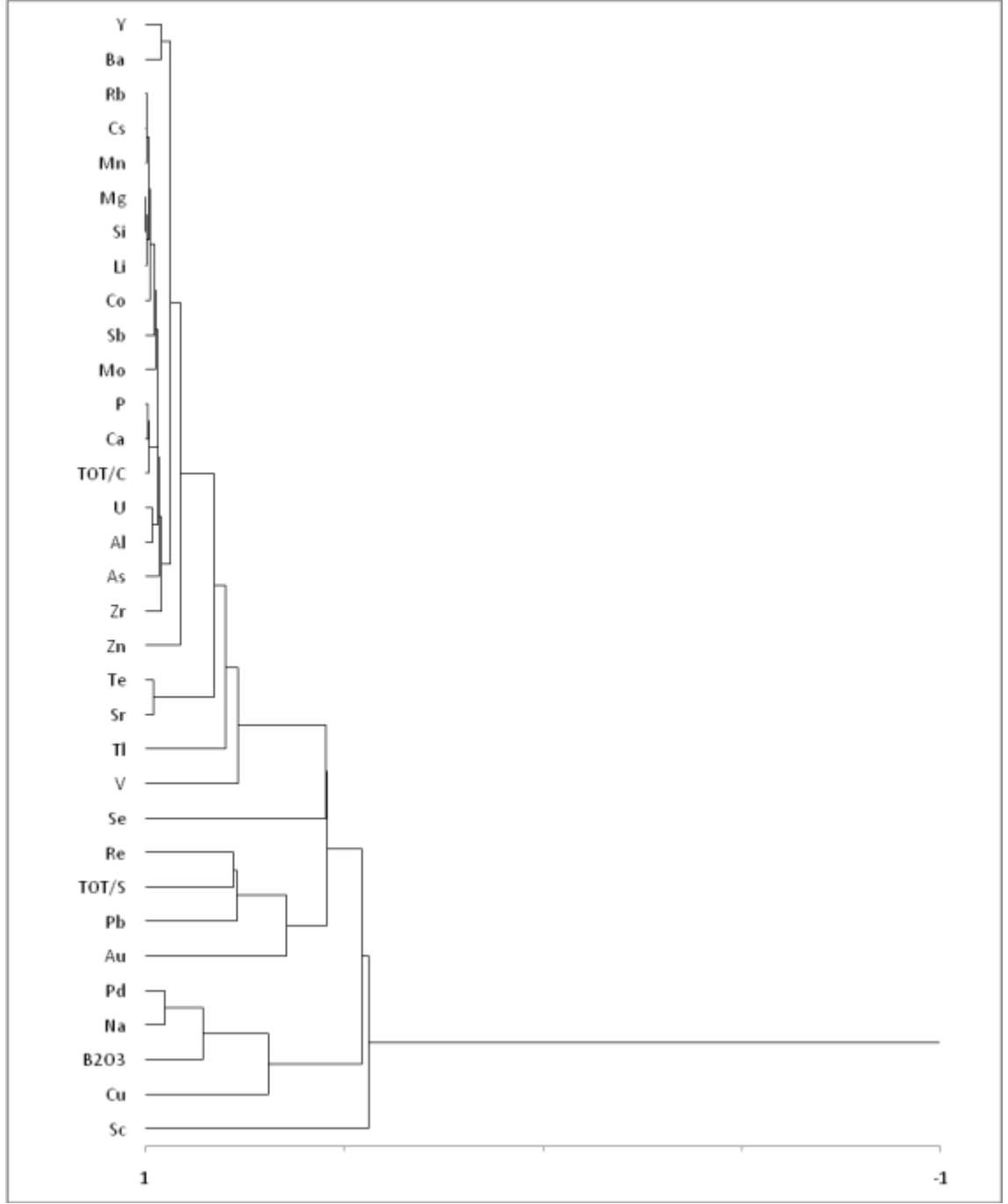
Stratigrafik dizilime göre Üst Tüf Birimi'nin (Şekil 4.2) ayırdığı Alt ve Üst Boratlı Zonların element korelasyonları ve bunların gruplaşmaları bu iki zonun jeokimyasal özelliklerinin de farklı olduğunu göstermektedir. Tamamen aynı olmasa da Simav ve Acep kesimleri olarak incelenen Üst Boratlı Zonun birbirine benzer element gruplaşmaları olduğu buna karşılık Alt Boratlı Zonun bunlardan farklı olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 7.5 Simav ocağı elementlerine ait dendrogram

Çizelge 7.6 Acep ocağı örneklerine ait korelasyon katsayıları

	B2015	Si	Ca	Ne	Mg	F	Al	Mn	IOFIC	IOFIS	Mo	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Se	Sb	Hg	Sc	Sc	Se	Sc	Te	Cs	Mo	V	Re	Li	K	An	V	W	Pd	Zr					
B2015	1.00																																							
Si		1.00																																						
Ca			1.00																																					
Ne				1.00																																				
Mg					1.00																																			
F						1.00																																		
Al							1.00																																	
Mn								1.00																																
IOFIC									1.00																															
IOFIS										1.00																														
Mo											1.00																													
Cu												1.00																												
Pb													1.00																											
Zn														1.00																										
Cd															1.00																									
As																1.00																								
Se																	1.00																							
Sb																		1.00																						
Hg																			1.00																					
Sc																				1.00																				
Sc																					1.00																			
Se																						1.00																		
Te																							1.00																	
Cs																								1.00																
Mo																									1.00															
V																										1.00														
Re																											1.00													
Li																												1.00												
K																													1.00											
An																														1.00										
V																														1.00										
W																															1.00									
Pd																																1.00								
Zr																																		1.00						



Şekil 7.6 Acep ocağı elementlerine ait dendrogram

7.1.5 Bigadiç borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri

Alt Boratlı Zona (Tülü kesimi) ait bir ve Üst Boratlı Zona (Simav ve Acep kesimi) ait iki sondajdan derlenen ve çeşitli derinlikleri temsil eden boratların element içeriklerinin derinliğe bağlı dağılımları bu bölümde incelenmiştir. Yapılan kimyasal analiz

sonucunda varlıkları belirlenen tüm elementlerin derinliğe bağlı değişimleri şekil 7.7-7.9'da görülmektedir.

Alt Boratlı Zonun (Tülü) dağılımını gösteren şekil 7.7'deki eğilimler başlıca iki benzer grup oluşturmaktadır. Rb, Pb, Al, Li, Mg, Cs, Cu, TOT/S, V, Y, Si, Zn, Tl, Cd, U, P, Sb, Mo, As, Mn, Fe, Na ve TOT/C eğilimleri birbirine çok benzeyen 1.grubu; Sm, Pr, Ce, La, Gd ve Nd 2.grubu oluşturmaktadır. Davranışları tamamen olmasa da ikinci gruba benzetilebilen Se ve Ca'un eğrileri hemen hemen birbirinin aynıdır. Bunlar gibi birbirinin aynı olan Sr ve Te ikilisinin eğrileri de Se-Ca ikilisine ve dolayısıyla 2.gruba benzemektedir. Diğer elementler ki, bunlar Sc, Au, B₂O₃, Co, Er, Ba ve Zr olup, yukarıda sayılanlardan ve birbirlerinden farklı eğriler oluşturmuşlardır. Şekil 7.7'den çıkarılabilen bu sonuçlar Kümeleme analizleri sonuçlarını desteklemektedir.

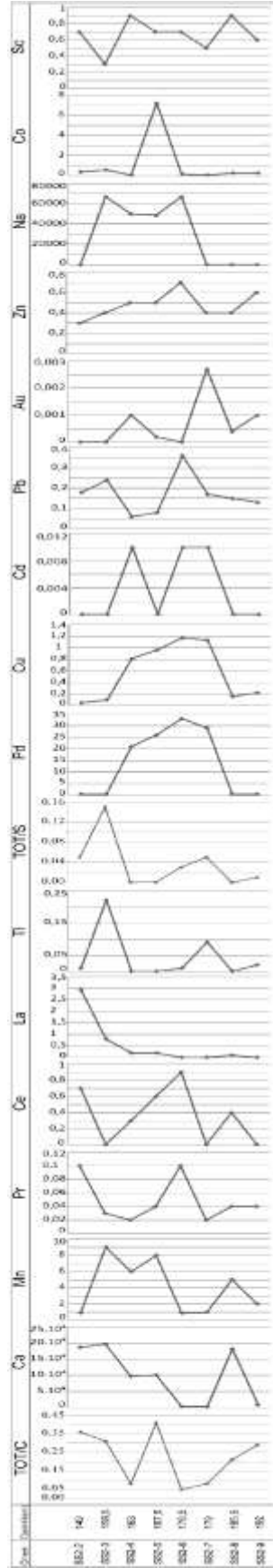
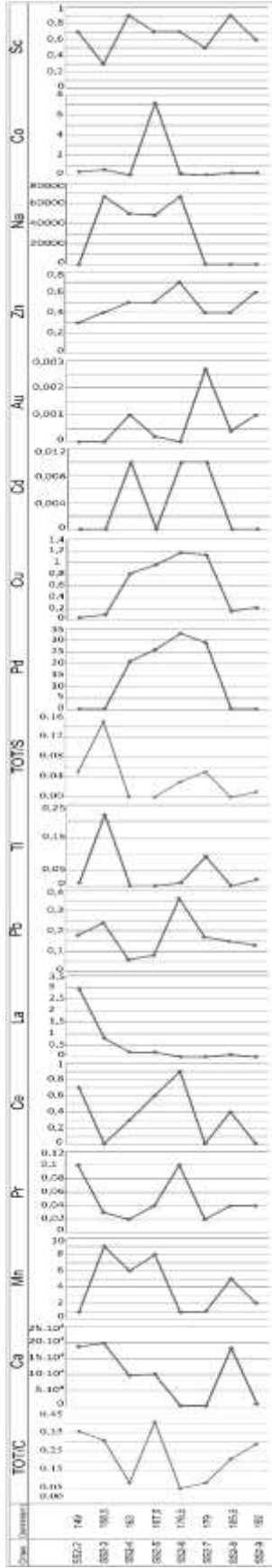
Tülü sondajının Alt Boratlı Zonda 39.5 ve 63.8 m arasındaki derinliklerini temsil eden örneklerin içerdiği element davranışları, tanımlanan iki farklı grup ve münferit hareket eden diğer elementlerden oluşmakta ve az çok farklı sonuçlar vermektedir.

1.grubu oluşturan elementlerin yaklaşık 52 m derinliğe kadar oldukça değişken davrandıkları görülmektedir. Bu derinlikten 63.8 m'ye kadar dağılım aralığı nispeten sabitleşen Li, Mg, Cs, Rb, Pb, Al, Cu ve Y'un son m'lerde arttığı gözlenmektedir. S, V ve Fe ise 52 m'den sonra yaklaşık aynı değişim aralığında kalmışlardır. 1.gruba ait Mo, Sb, P, As ve Mn'in bütün derinliklerde değişken oldukları gözlenmektedir.

Üst Boratlı Zonu temsil eden Simav ve Acep sondajlarına ait eğilimler burada ayrı ayrı incelenmektedir. Şekil 7.8'de Simav sondajının verilerine göre hazırlanmış dağılım diyagramı görülmektedir. Benzerliklerine göre eğriler 4 grup oluşturmaktadır. Bunlar; 1.grup; (Mo, Al, Sb, Re, Ba, Se, B₂O₃, Be, P, Zr), 2.grup; (Li, Mg, Si, U, As, Te, Rb, Sr, Cs, Y), 3.grup; (La, Pr, Ce, Pb) ve 4.grup; (Pd, Cu, Cd) olarak gruplanmışlardır. İlk iki büyük grup kendi içinde yüksek benzerlik gösteren alt gruplara ayrılabilir. Örneğin; 1.grup önce (Mo, Al, Sb, Re, Ba) ve (P, Se, Be, Zr) şeklinde ayrılabilir, daha sonra (Sb,

Mo, Al) ve (Re, Ba) şeklinde yüksek benzerlik ilişkilerine göre ayrılabilir. 2. grupta ise (Li, Si, Mg, U), (As, Te, Sr) ve (Cs, Rb, Y) alt grupları göze çarpmaktadır.

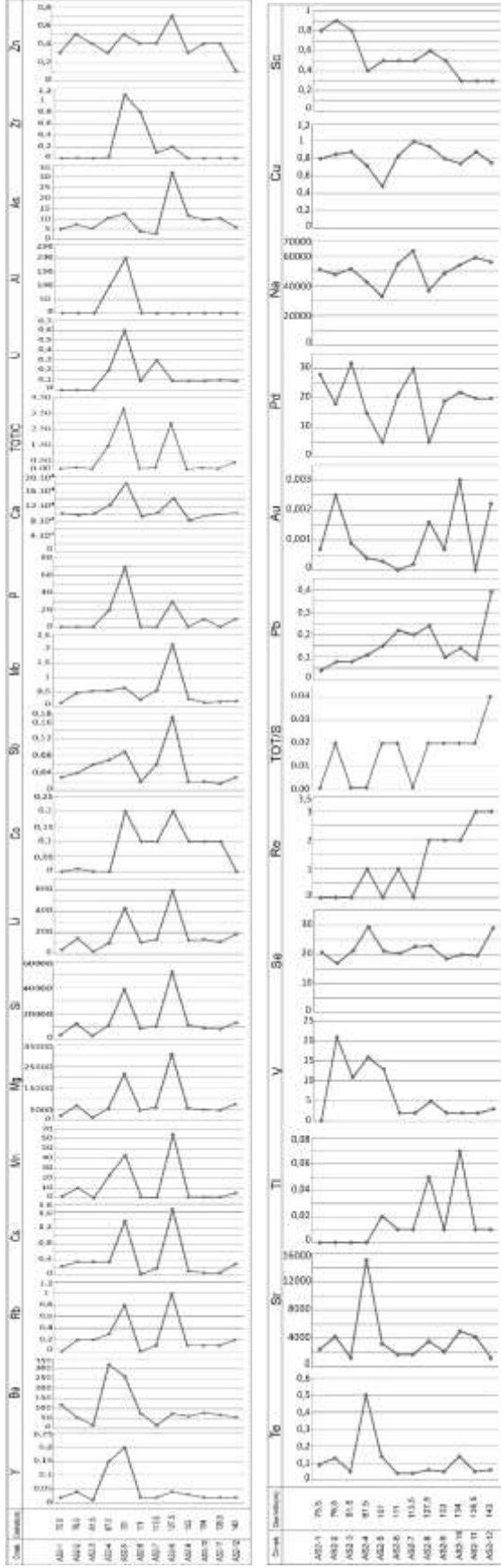
Simav ocağına ait örnekler 140–192 m arasından derlenmiştir. Dağılım eğrileri benzer derinliklerde genel olarak inişli çıkışlı bir desen sunmaktadır. Bu desenler ortamın fizikokimyasal şartlarının değişkenliğine işaret edebilir. Bu genel eğilim dışında dağılımları daha az değişen elementler de vardır. Örneğin Sb, Mo ve As dağılımları 185.5 m'lere kadar yaklaşık sabit bir aralıkta iken, bundan daha derinlerde büyük artış göstermektedir. La ise 149 m'de en yüksek değeri göstermekte, ortam derinleştikçe azalarak 163-193 m arasında en yüksek ve sabit değerler almaktadır.



Şekil 7.8 Simav ocağı elementleri derinliğe bağlı değişimleri

Acep sondajına ait örnekler 75.5–143 m’ler arasında derlenen boratlara aittir. Benzerliklerine göre elementler bu kesimde iki belirgin grup oluşturmaktadır (Şekil 7.9). Birinci ve en büyük grup Y, Ba, Rb, Cs, Mn, Mg, Si, Li, Co, Sb, Mo, P, Ca, U, Al, As, Zr ve Zn’den, ikinci grup Re, TOT/S, Pb ve Au olarak ayrılmaktadır. Bunları üçüncü grup olarak Pd, Cu, Na, B₂O₃ ekleyebiliriz. Birbirlerine benzeyen birinci ve ikinci grup elementlerin eğilimlerine göre 75.5–81.5 m’lerde ve yaklaşık 130–143 m’ler arasında hem miktar olarak, hem de değişim aralığı yaklaşık sabit olan elementlerin orta kesimlerde (81.5–130 m) inişli çıkışlı bir desen sergiledikleri görülmektedir. Sc ve V’un eğrileri başlangıçta yüksek değerler göstermekte, derinliğe bağlı olarak giderek azalmakta ve en düşük değerlere ulaşmaktadır. Na, Cu ve Pd ise derinliğe göre çok değişken bir desen göstermektedir.

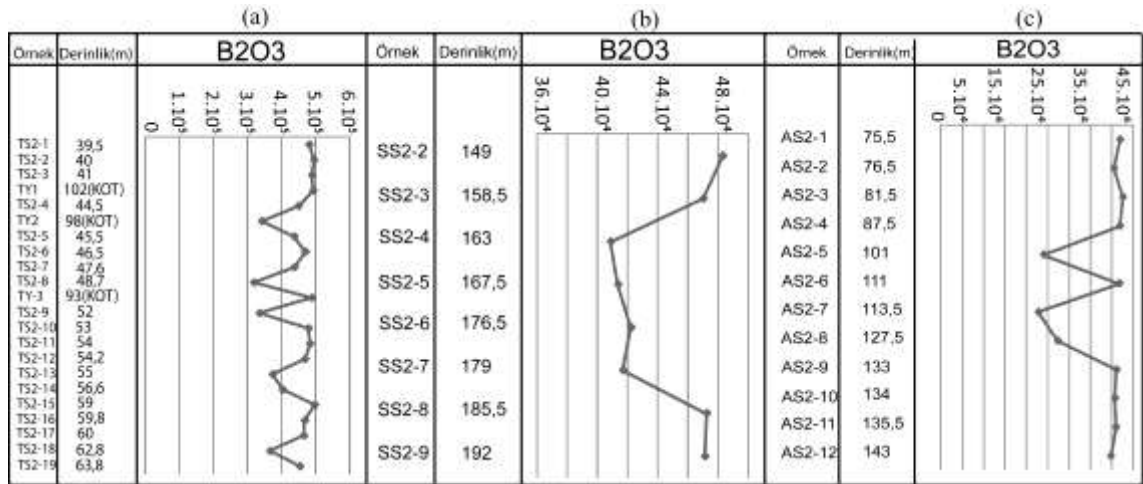
Her üç kesim (Tülü, Simav, Acep) için, derinliğe bağlı dağılımların bir sonucu olarak; elementlerin büyük bir çoğunluğunun değişken davrandıkları söylenebilir. Bu değişkenlik borat oluşum ortamlarında birkaç m’lik farklı derinliklerde bile etkin olan fizikokimyasal şartların değişken olduğunu açıklamaktadır.



Şekil 7.9 Acep ocağı elementleri derinliğe bağlı değişimleri

7.1.6 Bigadiç boratlarının B₂O₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı

Alt boratlı zona (Tülü kesimi) ait örneklerin B₂O₃ içerikleri ve bunun derinliğe göre dağılımı şekil 7.10'da görülmektedir. Bu zonda B₂O₃'ün dağılım aralığı 343900–499300 ppm (Çizelge 7.1) olup, 39.5–102 (Kot) m'ler arasındaki derinliklerde en fazla ve sabit değerlerde (490000 ppm) kalmaktadır. 102 (Kot) m'den daha derinlerde ise, 63.8 m'ye kadar B₂O₃ bolluğunda inişli-çıkışlı bir desen görülmektedir.



Şekil 7.10 Bigadiç örneklerine ait B₂O₃'ün derinliğe bağlı değişimi(%) [Tülü(a), Simav (b) ve Acep (c)]

Üst borat zonunun Simav Kesimine ait dağılım grafiği şekil 7.10'da verilmiştir. B₂O₃'ün değişim aralığı bu zonda 408800- 483600 ppm'dir (Çizelge 7.2). Derinliğe göre değişim eğrilerinin genel eğilimi Acep kesimine benzemektedir. 149. ile 158.5. m'ler ve en derin olan 185.5 ile 192. m'lerde yaklaşık 475000 ppm'lere yakın olan B₂O₃ değerleri; 163-179 m'lerde ise 400000-420000 ppm civarında dar bir aralıkta değişen değerler almaktadır.

Üst boratlı zonun Acep kesimi B₂O₃ dağılımının görüldüğü şekil 7.10'da verilmiştir. B₂O₃'ün değişim aralığı bu zonda 228200- 426300 ppm (Çizelge 7.3) olduğu, 75,5–87,5 m'ler ve 133–143 m'ler arasında sabit değerler (yaklaşık 410000 ppm) gösteren B₂O₃'ün, orta derinliklerde (87.5-133 m'ler arası) değişken değerler aldığı izlenmektedir. Söz konusu orta derinliklerde üç örneğin B₂O₃ içeriği ortalama 250000 ppm'e kadar düşmüştür.

Bu veriler, Bigadiç boratlarını oluşturan göl ortamının değişik kesimlerinin (Tülü, Simav, Acep) hem B_2O_3 içeriklerinde hem de derinliğe bağlı dağılımlarında farklılıklar bulunduğunu açıklamaktadır.

7.1.6.1 Bigadiç borat yatağına ait B_2O_3 'ün diğer elementlerle korelasyonları

Alt boratlı zona (Tülü kesimi) bölgesinde Ca dışındaki tüm ana ve Sm, Pr, Ce, La, Gd, Nd, Au, Sr, Te, Co, Sc, Nb, Zr ve Se dışındaki eser elementlerle kuvvetli negatif ilişki söz konusudur. B_2O_3 en yüksek pozitif ilişkisini Au ile 0.3'lük bir korelasyon katsayısı değeri ile göstermektedir. Detritik kökeni işaret eden Al (-0.44) ve Si (-0.75) ile belirgin negatif bir ilişki sergilemektedir (Çizelge 7.9). Element gruplaşmalarında (Şekil 7.4) B_2O_3 'ün nadir toprak elementleri ve Au, Sr, Te, Ca ve Se ile pozitif ilişki gösterdiği görülmektedir.

Üst boratlı zonun Simav kesiminde katsayıları daha yüksek olmakla beraber B_2O_3 'ün Ca, P, Sr, Se, Te ve Be ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyonları bulunmaktadır. Diğer elementlerden Na, Mn, Cu, Zn, Co, Sc, Au, Pd, Cd ve Ce negatif, bu elementler dışındaki tüm elementlerle ise pozitif ilişkisi söz konusudur. (Çizelge 7.5). Kümeleme dendrogramlarında (Şekil 7.5) B_2O_3 'ün Mo, Al, Sb, Re, Ba, Se, B_2O_3 , Be, P, Zr grubuna bağlandığı görülmektedir.

Üst boratlı zonun Acep kesiminde ise B_2O_3 'ün Na, TOT/S, Cu, Sr, Sc, Te, Re, Au, V ve Pd pozitif korelasyonları zayıf-çok zayıf derecesindedir. Diğer tüm elementlerle ise negatif korelasyon gösterirken, detritik kökenin işaret eden Al (-0.53) ve Si (-0.69) ile Tülü ocağında olduğu gibi belirgin bir negatif ilişki göstermektedir (Çizelge 7.6). Şekil 7.6'daki kümeleme dendrogramında da B_2O_3 'ün bu ilişkileri daha açık görülmektedir.

Bu verilere göre B_2O_3 'ün sadece TS1 örneklerinde Na ile zayıf pozitif; KS2 ve KY 'de ise başta Na olmak üzere Co, Cu ve Ba ile çok zayıf pozitif ilişkisinde söz edilebilir.

B₂O₃'ün Simav kesiminde Ca ile 0.56'lık korelasyonu dışında hangi borat mineralinin oluşacağını belirleyen Na, Mg ve Sr gibi elementlerle zayıf korelasyon göstermesi dikkat çekmektedir.

B₂O₃'ün Acep ve Tülü örneklerinde detritik kökeni işaret eden Al ve Si ile olan negatif korelasyonu Simav bölgesinden farklı bir jeokimyasal eğilimi işaret etmektedir. B₂O₃'ün Acep ve Tülü'de Ca ile pozitif, Al ve Si ile negatif ilişkisi ortama detritik katkının olmadığını Simav'da ise olduğunu gösterir. B₂O₃ burada genellikle diğer elementlerden bağımsız davranmaktadır.

Bu verilere göre:

1. B₂O₃ ile kil grubu elementler arasında özellikle Acep ve Tülü örneklerinde belirlenen negatif korelasyon göl ortamına bor sağlayan faktörlerin karasal (detritik) olmadığını, buna rağmen Simav'da görülen daha küçük katsayılı pozitif ilişki az da olsa karasal katkının varlığına işaret etmektedir. O halde B₂O₃'ün büyük çoğunluğu çökeltme ortamına volkanik etkinlikler sonucunda ortaya çıkan gazlar ve hidrotermal çözeltiler tarafından sağlanmıştır.

2. Tülü ve Acep'de kuvvetli olmak üzere tüm örneklerde B₂O₃ ile Mg ve Ca arasında var olan negatif ilişki veya çok düşük pozitif ilişkisi bor ile bu elementlerin farklı kökenden geldiğinin göstermektedir. Buna göre Ca ve Mg'un karasal kökenli olduğu ileri sürülebilir.

3. Simav kesiminde aralarındaki zayıf pozitif korelasyon B₂O₃ ile Ca'un kökensel beraberliğini ortaya koymaktadır. Ancak bu zayıf pozitif korelasyon Ca'un iki farklı kökenden de (karasal ve volkanik) gelebileceğini göstermektedir.

4. Alt boratlı zonu temsil eden Acep ve Simav kesimlerinin element davranışlarının farklılığı alt ve üst boratlı zonların farklı koşullarda oluştuğunu göstermektedir.

7.2 Kestelek Borat Yatağı Jeokimyası

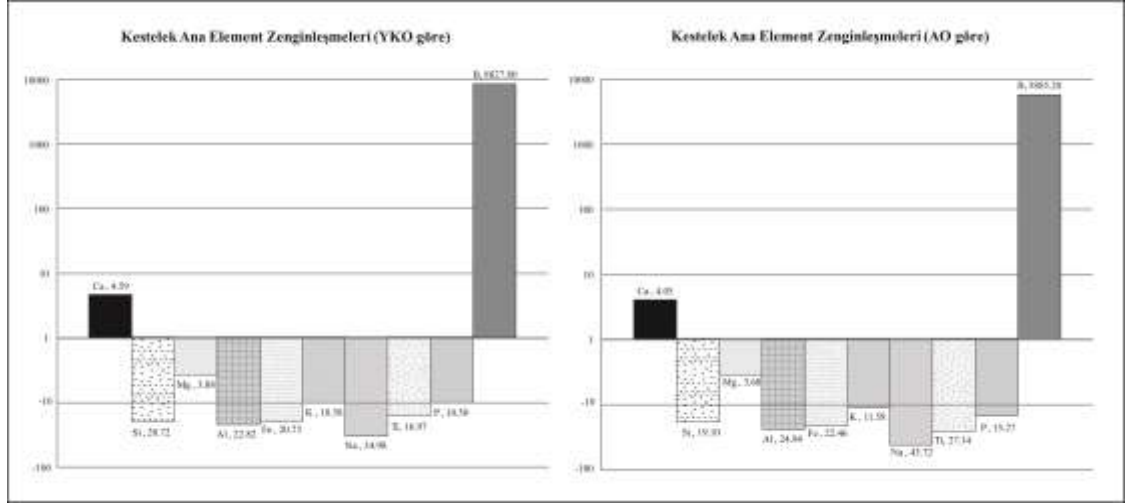
7.2.1 Kestelek borat yatağının ana element bollukları

Kestelek bor cevheri (kolemanit) örneklerine ait ana elementlerin bollukları ppm ve % cinsinden çizelge 7.7'de verilmektedir. Çizelgede elementlerin değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yer kabuğunda (YKO), andezitlerde (AO) ve tatlı sularda (TSO) bulunan ortalama değerleri de yer almaktadır. Analizi yapılan kolemanit örneklerindeki ana elementleri çokluk sırasına göre % olarak; Ca (18.84), Si (1.36), Mg (0.59), Al (0.35), Fe (0.26), K (0.19), Na (0.068), Ti (0.029) ve P (0.0010) şeklinde sıralanabilir (Çizelge 7.7). Bu değerler YKO ve AO ile karşılaştırıldığında Ca ve B dışındaki tüm elementlerin azaldığı görülmektedir. Ca, YKO'ya ortalamalarına göre 4,6 kat artış, diğerleri ise çeşitli oranlarda (yaklaşık 1.06-44 kat) azalma göstermektedir. Kestelek yatağında birinci rakam YKO'ya, ikinci rakam AO'ya ait olmak üzere Ca (4.49-4.05) ve B (8827.80-5885.20) artış gösterirken; Si (20.72-19.10), Mg (3.88-3.68) kez, Al (22.82-24.94), Fe (20.73-22.46) K (10.58-11.58), Na (34.98-43.72), Ti (16.97-27.14 ve P (10.50-15.27) azalış göstermektedir (Şekil 7.11).

Çizelge 7.7 Kestelek borat yatağı örneklerine ait ana element içerikleri

Örnek No	Derinlik(m)	Ca (ppm)	Si (ppm)	Mg (ppm)	Al (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Ti(ppm)	P (ppm)	TOT/C(%)	TOT/S(%)	SUM(%)
OS4-1	17-19	189679	187	240	<158	<278	<332	<74	<60	44	<0.01	<0.01	26.62
O-2	26(Kot)	189393	16173	6573	3546	2378	1494	668	180	87	0.71	0.04	32.39
OS7-1	19,5-26,5	182318	1075	482	158	<278	<332	<74	<60	<43	<0.01	<0.01	25.91
OS2-1	110,3-117	186034	13883	5307	3017	2308	1245	593	180	87	0.34	0.04	30.41
OS6-1	192-1933	145797	59458	26654	14131	9862	5811	3264	899	175	0.89	0.29	42.98
OS1-1	26-31	181746	2711	844	423	420	<332	148	<60	<43	0.04	0.01	26.35
OS1-2	31-33	186749	7245	1628	1694	1189	830	223	120	44	0.04	0.01	28.6
O-1	24(Kot)	371997	10891	8925	1006	350	<332	742	<60	349	11.21	0.05	56.37
O-3	23(Kot)	190322	2664	1628	<158	<278	<332	148	<60	44	0.05	0.01	27.54
O-6	17(Kot)	169024	21035	11940	3546	2238	1079	445	180	87	0.25	0.01	31.36
OS7-2	33,3-36,2	176672	17295	5488	4022	3008	1162	1335	240	44	0.08	0.06	30.9
OS2-2	133,1-134,7	180674	7292	4583	476	420	<332	371	<60	<43	0.1	<0.01	27.82
OS6-2	126-129	178244	23699	14051	4446	3497	996	1484	240	131	0.73	0.02	34.09
OS5-1	12-14,5	172884	22297	8563	4975	3357	2407	593	300	131	0.12	0.08	32.26
OS5-2	14,5-15	179816	2431	1508	212	420	<332	74	<60	44	0.08	0.01	26.07
OS4-2	33,85-36,2	178244	9816	4885	1482	1119	498	223	60	<43	0.1	<0.01	28.4
OS1-3	47-49,5	176171	26410	7598	5028	3427	1992	1335	360	87	0.24	0.07	33.51
O-4	14(Kot)	170525	19445	6392	4922	4686	2739	668	300	44	0.35	0.23	31.18
O-5	8(Kot)	185891	187	240	<158	<278	<332	74	<60	<43	0.01	<0.01	26.08
OS7-3	51,5-53,5	182103	30710	10131	7251	5246	3570	1039	480	175	1.2	0.23	36.59
OS2-3	154,3-159	181531	2945	1809	<158	<278	<332	148	<60	<43	0.06	0.01	26.36
OS6-3	227,3-253,9	187106	1589	844	<158	350	<332	148	<60	<43	0.08	0.04	26.77
Değişim Aralığı		145797-371997	187-59458	240-26654	212-14131	350-9862	498-14399	74-5811	60-899	44-349	*	*	*
Ortalama		188315	13611	5923	3549	2604	1985	686	295	105	*	*	*
Standart Sapma		42131	13950	6140	3438	2439	1499	753	221	82	*	*	*
Ortalama(Yerikabıg'u)(1)		41000	282000	23000	81000	54000	2100	24000	5000	1100	*	*	*
Ortalama(Ande zifi)(2)		46500	260000	21800	88500	58500	23000	30000	8000	1600	*	*	*
Ortalama (Tuth su)(3)		1,8-49,29;13,22(10 ⁻⁴)	5,33(10 ⁻⁴)	0,8-15,07;3,64	<30.10 ⁻³	<30.10 ⁻³	0,51-3,9;12,9	1,15-36,78;5,28	<1.10 ⁻³	*	*	*	*

(* Değer yok, (1). Krauskopf, 1989. (2). Schroll, 1975 (3). Abollino, vd. 2004).[B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]



Şekil 7.11 Kestelek borat yatağı ana element zenginleşme katsayıları

$\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ oranı % 5'in altında kalıyorsa Ca-boratlar, % 5-95 arasında iken NaCa boratlar, % 95'in üzerinde ise Na-boratlar oluşmaktadır. Kestelek bor cevheri örneklerinin Ca içeriği Ö-1 nolu örnek (% 18.67) dışında ortalama % 19 civarında, Na ise ortalama % 0.069'dur (Çizelge 7.7). Bu rakamlar $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ oranının sınır değer olan % 5'in çok altında olduğunu ve bu ortamda sadece Ca-boratların oluşabileceğini göstermektedir. Ca içeriğinin yüksek olduğu bu gibi ortamlarda kolemanit yanında ayrıca Ca-Na ve Ca-Mg boratların gelişmesi de mümkündür. Ancak Kestelek'te bu ürünler bulunmamaktadır. Cevherleşmenin parajenezinde inyoit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$) ve üleksitin ($\text{Na}_2\text{CaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) bulunmayışı kolemanit oluşumlarının $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO} < \% 5$ oranıyla irtibatını ortaya koymaktadır. Oluşan Ca'lu boratlar varlıklarını göl ortamlarında kırıntılı maddeler veya killerle örtülmeleri halinde koruyabilmektedirler (İnan, 1975).

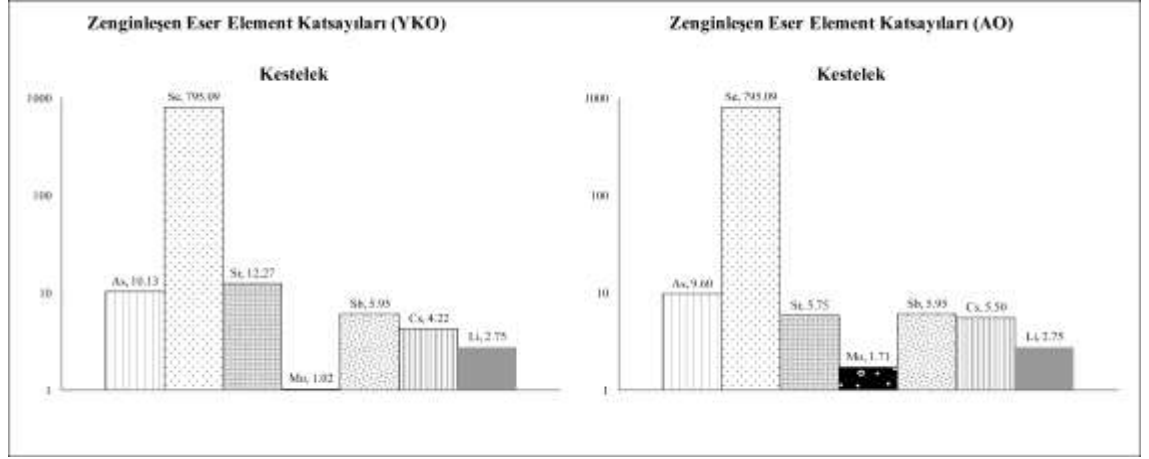
Ca'un Kestelek kolemanit örneklerindeki ortalaması % 18.8'dir. İnceleme alanında Ca, kolemanit oluşmasını sağlayan hâkim element olup, derinlik arttıkça değişmemekte, iki örnek dışında sabit kalmaktadır. Ö.S.6-1 örneği tüm elementlerde en yüksek değeri vermesine rağmen, Ca'da ortalamadan daha düşük bir değer vermiştir.

7.2.2 Kestelek borat yatağının eser element bollukları

Kestelek borat yatağına ait kolemanit örneklerinden yapılan analizlerde 22 farklı eser elementin miktarları ilk defa bu araştırmada belirlenmiştir. Kolemanit örneklerinin bu eser element içerikleri çizelge 7.8'de yer kabuğunda, andezitlerde ve tatlısuda bulunuş ortalamaları ile karşılaştırılmıştır. Burada belirlenen 22 element tatlısu ortalamalarına göre kolemanitlerde daha fazla miktarlarda yer almaktadır. Buna karşılık, yer kabuğu ve andezit ortalamaları söz konusu olduğunda Li, Cs, Sb, As, Sr ve Se haricindeki tüm elementlerde çok büyük oranda azalmalar olduğu görölmektedir. YKO'ya ve AO'ya göre elementlerin azalma miktarları 1-38 kat arasında değişmektedir. En çok azalan elementler sırasıyla Zr (24-38), Cu (27-19), Y (19-14), Ag (12-12), Ba (10-14), Co (8-4), Pb (8-10), Rb (6-5), U (4-3), Cr (4-2), Ni (3-4) ve Au (1-*)dur. Tatlısu ortalamalarına göre bütün eser elementlerde büyük artışlar saptanmıştır. Bunlar artış katsayılarına göre Se (397545), Sr (92011), Li (54900), Co (52556), Ni (59762), Cr (48750), U (12600), Sb (11900), As (9118), Pb (7440), Cs (7028), Zn (6218), Ba (4962), Hg (2400), Mo (1535), Cu (1022) Au (306) ve Ag (20) olarak sıralanmaktadır.

Li (2.75-2.75), Cs (4.22-5.5), Sb (5.95-5.95), As (10.13-9.60), Sr (12.27-5.75) ve Se (795.09-795.09) YKO'ya ve AO'ya göre Kestelek kolemanit örneklerinde önemli oranda zenginleşmişlerdir (Koç vd. 2008a,b,c).

En fazla zenginleşme kalkofil bir element olan Se'da olmuştur. Se'un tüm örneklerdeki değişim aralığı 0.30-51.5 ppm, ortalaması ise 39.75 ppm'dir (Çizelge 7.8). Bu elementin yer kabuğunda ve andezitlerdeki ortalaması 0.05 ppm olup, buna göre Kestelek kolemanit örneklerindeki değeri yaklaşık 795 kat artmıştır.



Şekil 7.12 Kestelek borat yatağı eser element zenginleşme katsayıları

Jeokimyasal özelliklerinin benzerliğinden dolayı Ba, Ca ve bazen K ile benzer davranışlara sahip olan Sr, incelenen örneklerde ikinci en fazla zenginleşen element durumundadır. Tüm örneklerdeki değişim aralığı 2074-8626 ppm olup, ortalaması 4601 ppm'dir. Sr'un yerkabuğundaki ortalaması 375 ppm, tatlısu ortalaması 50.10^{-3} ppm ve andezitlerdeki ortalaması 800 ppm'dir (Çizelge 7.8). Buna göre Sr sırasıyla YKO'ya ortalamasından 12 kat, tatlısu ortalamasından 92011 kat ve andezit ortalamasından 6 kat daha fazla zenginleşmiştir.

Kestelek bor cevherleri (kolemanit örnekleri) bol miktarda Sr içermesine rağmen yatakta Sr'lu bir mineral olan tunellit (SrB₆O₁₀.4H₂O) bulunmayışı ilginçtir. Sunder (1980), Sarıkaya'da (Eskişehir) yaptığı araştırmasında; ortama gazlarla gelen Sr'a bağlı olarak alt ve üst üleksit zonlarında egemen başlangıç sıcaklıklarında (25 °C) birincil olarak tunellit oluşmasından söz etmektedir. Buna göre Kestelek'te Sr'lu borat minerali bulunmaması, kolemanitin oluşum sıcaklığının (40 °C'ye yakın) tunellite (25 °C) göre yüksek olmasıdır.

Çizelge 7.8 Kestelek borat yatağı örneklerine ait eser element içerikleri

Örnek No	Derinlik(m)	Cr(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	As(ppm)	Sr(ppm)	Rb(ppm)	Sr(ppm)	Zr(ppm)	Mo(ppm)	Ag(ppb)	Au(ppb)
OS4-1	17-19	<7	0.06	0.40	0.30	35.10	<0.5	3518.70	<0.5	0.03	<2	0.40
O-2	26(Kot)	14.00	3.02	5.60	20.00	44.80	16.30	5991.50	6.30	5.69	10.00	2.30
OS7-1	19.5-26.5	<7	0.14	0.70	1.50	30.90	0.80	3717.40	0.50	0.15	<2	0.60
OS2-1	110.3-117	14.00	2.69	3.50	15.40	56.00	12.70	5634.20	5.50	0.50	7.00	5.10
OS6-1	192-1933	62.00	8.42	13.30	128.40	26.90	65.30	5088.80	27.00	4.21	17.00	4.10
OS1-1	26-31	<7	0.49	0.70	2.70	45.10	2.60	4041.30	0.70	0.34	2.00	0.50
OS1-2	31-33	<7	1.09	2.40	11.00	51.50	10.00	4726.40	3.20	0.53	2.00	8.30
O-1	24(Kot)	<7	0.55	1.90	3.40	0.30	1.40	2368.00	4.70	1.32	4.00	2.50
O-3	23(Kot)	<7	0.72	1.10	1.10	45.80	<0.5	2074.00	0.50	0.11	5.00	1.40
O-6	17(Kot)	<7	3.17	3.50	18.70	50.30	9.10	3936.70	5.40	0.94	6.00	2.10
OS7-2	33.3-36.2	<7	1.85	4.00	17.00	35.10	13.80	3168.90	9.30	0.12	2.00	5.10
OS2-2	133.1-134.7	<7	0.49	0.70	2.10	41.80	1.40	2254.00	1.00	0.21	<2	0.90
OS6-2	126-129	21.00	2.73	4.40	43.80	39.20	12.60	5594.30	7.50	0.64	8.00	5.80
OS5-1	12-14.5	21.00	2.38	4.20	22.10	40.00	19.50	3483.30	9.00	5.95	7.00	0.80
OS5-2	14.5-15	<7	0.22	1.00	1.30	43.70	0.60	4822.20	0.80	0.63	2.00	0.20
OS4-2	33.85-36.2	<7	1.09	1.90	9.10	44.70	5.90	5096.00	2.50	0.60	2.00	<2
OS1-3	47-49.5	21.00	3.13	5.40	33.20	43.70	21.60	5622.10	13.80	0.69	7.00	5.20
O-4	14(Kot)	14.00	3.54	5.40	28.90	37.10	27.90	6380.80	10.60	2.50	7.00	1.40
O-5	8(Kot)	<7	0.20	0.30	0.50	44.50	<0.5	4686.40	<0.5	0.02	<2	6.40
OS7-3	51.5-53.5	28.00	4.29	7.00	39.60	35.60	42.50	8625.70	13.60	2.42	16.00	1.80
OS2-3	154.3-159	<7	0.06	0.50	0.20	44.90	<0.5	3536.30	<0.5	0.04	2.00	1.30
OS6-3	227.3-253.9	<7	0.14	0.50	0.90	37.80	0.50	8845.30	<0.5	0.14	2.00	8.10
Değişim Aralığı		14-62	0.06-8.42	0.4-13.3	0.2-128.4	0.3-51.5	0.5-65.3	2074-8625.7	0.5-27	0.02-6.69	0.001-0.017	0.0002-0.083
Ortalama		24.38	1.84	3.11	18.24	39.75	14.69	4600.56	6.77	1.54	6.000	3.062
Standart Sapma		15.97	2.00	3.07	28.11	11.09	16.83	1812.73	6.67	2.13	4.615	2.000
Ortalama(Yerkabuğu)(1)		100	50	70	1.8	0.05	90	375	165	1.5	0.07	0.003
Ortalama(Andezit)(2)		50	35	72	1.9	0.05	72	800	260	0.9	0.07	*
Ortalama (Tatlı su)(3)		0.5.10 ⁻³	1.8.10 ⁻³	0.5.10 ⁻³	2.10 ⁻³	0.1.10 ⁻³	*	50.10 ⁻³	*	1.10 ⁻³	0.3.10 ⁻³	0.01.10 ⁻³
Örnek No	Derinlik(m)	Sb(ppm)	Te(ppm)	Cs(ppm)	Ba(ppm)	Hg(ppm)	Pb(ppm)	U(ppm)	Co(ppm)	Li(ppm)	V(ppm)	Ni(ppm)
OS4-1	17-19	0.02	0.08	<0.1	27.70	<0.005	0.31	0.10	1.80	1.60	0.40	<5
O-2	26(Kot)	1.52	0.11	15.00	41.60	0.02	2.55	0.40	3.00	54.40	3.50	14.00
OS7-1	19.5-26.5	0.09	0.08	0.60	63.00	<0.005	0.31	0.10	<0.5	7.10	0.30	<5
OS2-1	110.3-117	0.23	0.15	12.30	35.90	0.02	2.35	0.40	2.00	48.20	2.30	10.00
OS6-1	192-1933	6.77	0.10	67.10	113.20	0.08	5.21	2.00	8.30	177.80	6.60	63.00
OS1-1	26-31	0.19	0.12	2.10	76.70	0.01	0.30	0.10	0.70	14.10	0.60	<5
OS1-2	31-33	0.97	0.13	7.30	18.20	<0.005	0.78	0.50	1.60	21.90	1.30	7.00
O-1	24(Kot)	0.18	0.14	2.00	98.70	0.02	2.22	2.10	0.80	55.30	1.70	<5
O-3	23(Kot)	0.32	0.11	0.50	37.50	0.02	3.27	0.20	<0.5	31.80	0.10	<5
O-6	17(Kot)	0.94	0.13	12.40	29.10	0.02	1.55	0.50	2.30	120.10	1.20	13.00
OS7-2	33.3-36.2	0.44	0.04	11.00	27.60	0.02	1.44	0.20	3.40	82.00	4.50	10.00
OS2-2	133.1-134.7	0.13	0.02	2.40	36.90	0.01	0.46	0.40	1.10	63.90	0.40	5.00
OS6-2	126-129	1.71	0.18	17.80	67.60	0.04	1.42	0.70	4.10	93.60	2.30	20.00
OS5-1	12-14.5	1.57	0.05	17.40	49.80	0.03	2.64	0.60	3.40	68.30	4.40	24.00
OS5-2	14.5-15	0.07	0.07	0.80	42.90	0.01	0.15	0.30	<0.5	38.40	0.60	6.00
OS4-2	33.85-36.2	0.44	0.15	5.00	46.40	0.01	0.68	0.40	1.80	63.70	1.00	7.00
OS1-3	47-49.5	2.48	0.16	20.90	51.80	0.02	2.92	0.60	5.30	97.30	2.40	16.00
O-4	14(Kot)	3.98	0.21	18.80	76.20	0.06	1.93	1.10	2.70	61.90	1.80	23.00
O-5	8(Kot)	<0.02	0.11	<0.1	38.10	0.01	0.16	<0.1	1.10	0.70	0.40	<5
OS7-3	51.5-53.5	3.25	0.11	38.50	88.70	0.05	2.15	1.80	3.20	90.00	3.70	33.00
OS2-3	154.3-159	0.02	0.14	0.50	20.20	<0.005	0.11	<0.1	<0.5	20.50	0.20	<5
OS6-3	227.3-253.9	0.07	0.26	0.60	23.80	0.01	0.16	0.10	0.70	15.20	0.20	<5
Değişim Aralığı		0.02-6.77	0.02-0.26	0.1-67.1	18.2-113.2	0.005-0.075	0.11-5.21	0.1-2.1	0.5-8.3	0.7-177.8	0.1-6.6	5-63
Ortalama		1.19	0.12	12.65	49.62	0.02	1.49	0.63	2.63	54.90	1.81	17.93
Standart Sapma		1.70	0.05	16.12	27.12	0.02	1.34	0.63	1.90	43.91	1.76	15.30
Ortalama(Yerkabuğu)(1)		0.2	*	3	500	0.02	12.5	2.7	22	20	35	75
Ortalama(Andezit)(2)		0.2	*	2.3	714	*	15	1.8	10	20	25	55
Ortalama (Tatlı su)(3)		0.1.10 ⁻³	*	1.8.10 ⁻³ (4)	10.10 ⁻³	0.01.10 ⁻³	0.2.10 ⁻³	0.05.10 ⁻³	0.05.10 ⁻³	1.10 ⁻³	*	0.3.10 ⁻³

[* Değer yok, (1) Krauskopf 1989 (2) Schroll 1975 (3) Abollino vd. 2004 (4) Şahinci 1991].

Kestelek örneklerinde yerkabuğu ve AO'ya (1.8-1.9) göre yaklaşık 10 kat zenginleşen As'in değişim aralığı 0.2-128 ppm ortalaması 18.24 ppm dir. Tatlısu ortalamasına (2.10⁻³) göre ise 9118 kat artış göstermektedir.

Kestelek kolemanit örneklerinde Sb'nin değişim aralığı 0.02-6.77 ppm olup, ortalaması 1.14 ppm dir. Yerkabuğu ve andezitlerdeki ortalama değere (0.2 ppm) göre Sb' nin

yaklaşık 6 kat tatlısu ortalama değerine ($0.1 \cdot 10^{-3}$ ppm) göre ise 11900 kat artış olduğu görülmektedir.

Cs'un yerkabuğu ortalaması 3 ppm, andezitlerdeki ortalaması 2.3 ppm'dir. Kestelek kolemanit örneklerindeki içeriği ise 0.10-67.10 ppm arasında olup, ortalaması 11.5 ppm'dir (Çizelge 7.8). Buna göre Cs yaklaşık 4-6 kat artmış görünmektedir.

Kestelek kolemanitlerinde varlığı önceki çalışmalara konu olan (Koçak 1989, Helvacı vd 1993, Helvacı ve Alonso 2000, Helvacı vd 2004) tek element Li olup, bu elementin yerkabuğu ortalaması 20 ppm'dir. Çizelge 7.8'de görüldüğü üzere incelenen kolemanit örneklerinin Li içeriği 0.7-178 ppm oranında değişmektedir. Örneklerin 55 ppm'lik ortalama değerine göre Kestelek kolemanit örneklerinde Li içeriği yaklaşık 3 kat artma göstermiştir. Önceki çalışmalardaki analiz sonuçlarına (Etibank) göre Li içeriği 31-170 ppm'dir.

7.2.3 Kestelek borat yatağı'nın nadir toprak element jeokimyası

Kestelek borat yatağında sırasıyla ppm olarak La (2.29), Ce (4.36), Pr (0.41), Nd (2.13), Sm (0.48), Eu (0.12), Gd (0.37), Tb (0.06), Dy (0.34), Ho (0.11), Er (0.24), Yb (0.21) ve Lu (0.04) ortalama değer sunan NTE elementler oldukça düşük değerlerdedir (Çizelge 7.9).

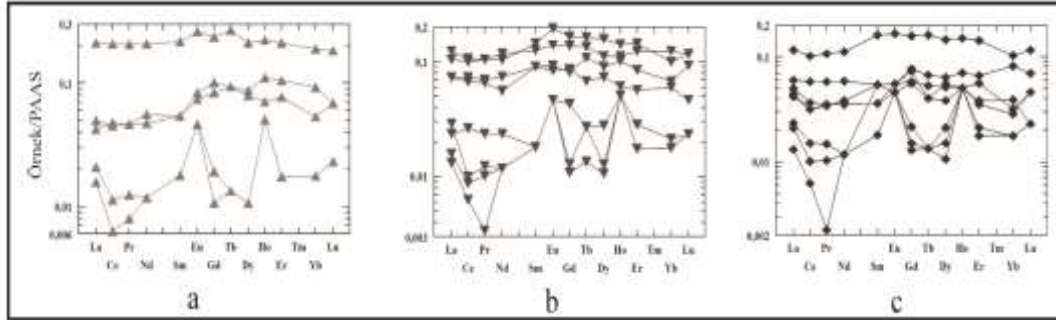
Tavan, orta ve taban cevher zonu için ayrı ayrı yapılan diyagramlarda (Şekil 7.13) görüleceği üzere örnekler en az iki farklı davranış sergilemektedirler.

Tavan cevher zonu örneklerinde (Şekil 7.13) üstteki üç eğride belirgin bir anomali görülmemekte, eğriler düze yakın bir gidiş göstermektedir. Burada çok az miktarda da olsa Ağır Nadir Toprak Elementleri (ANTE)'nin Hafif Nadir Toprak Elementleri (HNTE)'nden daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Alttaki iki örnekte ise NTE'de bazı anomaliler açıkça görülebilmektedir. Bu eğrilere göre Ce negatif, Eu ve Ho pozitif

anomali göstermektedir.

Orta ve taban cevher zonlarına ait eğrilerin (Şekil 7.13) büyük oranda birbirlerine benzedikleri ortaya çıkmıştır. Her iki cevher zonunda da üstteki örneklerin yaklaşık düz bir gidiş sergilemeleri söz konusudur. Buna karşılık alttaki eğrilerde bazı anomaliler görülebilmektedir. Örneğin, tavan cevher zonu örneklerindeki kadar kuvvetli olmasa da negatif Ce anomalisi bulunmaktadır. Yine tavan cevher zonu örneklerinde olduğu gibi pozitif Eu ve Ho anomalileri göze çarpmaktadır. Tavan cevher zonundan farklı olarak orta ve taban cevher zonu örneklerinin birer tanesinde negatif Pr anomalisi bulunmaktadır.

Örneklere genel olarak ANTE ve Orta Nadir Toprak Element (ONTE) zenginleşmesi söz konusudur.



Şekil 7.13 a.Tavan, b.orta, c taban cevher zonlarına ait örneklerin NTE dağılım diyagramları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir)

Çizelge 7.9 Kestek borat örnekleri nadir toprak element içerikleri

Örnek No	Derinlik(m)	La(ppm)	Ce(ppm)	Pr(ppm)	Nd(ppm)	Sm(ppm)	Eu(ppm)	Gd(ppm)	Tb(ppm)	Dy(ppm)	Ho(ppm)	Er(ppm)	Yb(ppm)	Lu(ppm)
OS4-1	17-19	0.8	0.9	0.11	0.4	<0.1	<0.05	0.09	<0.01	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.01
O-2	26(Kot)	1.6	3.8	0.41	1.6	0.3	0.09	0.47	0.07	0.41	0.11	0.3	0.26	0.03
OS7-1	19.5-26.5	0.6	<0.5	0.07	<0.4	<0.1	<0.05	<0.05	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
OS2-1	110.3-117	1.9	3.6	0.41	1.9	0.3	0.08	0.39	0.07	0.37	0.07	0.22	0.15	0.03
OS6-1	192-1933	8.1	16.5	1.8	7.1	1.2	0.28	1.1	0.2	0.99	0.22	0.6	0.53	0.08
OS1-1	26-31	0.9	1.2	0.13	0.4	<0.1	<0.05	0.1	0.01	0.1	<0.05	0.06	<0.05	<0.01
OS1-2	31-33	1.6	2.5	0.31	1.2	0.2	0.06	0.27	0.04	0.24	<0.05	0.11	0.11	<0.01
O-1	24(Kot)	1.7	2.5	0.3	1.3	0.3	0.06	0.34	0.03	0.26	<0.05	0.16	0.09	0.02
O-3	23(Kot)	<0.5	<0.5	0.02	<0.4	<0.1	<0.05	0.06	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
O-6	17(Kot)	1.9	2.9	0.31	1.2	0.2	<0.05	0.26	0.03	0.18	<0.05	0.1	0.08	0.02
OS7-2	33.3-36.2	4.4	8.1	0.94	3.8	0.9	0.18	0.74	0.12	0.68	0.15	0.41	0.29	0.05
OS2-2	133.1-134.7	0.8	0.8	0.09	<0.4	<0.1	<0.05	0.07	<0.01	0.07	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
OS6-2	126-129	2.3	4.6	0.51	2	0.3	0.06	0.36	0.05	0.3	0.07	0.19	0.23	0.03
OS5-1	12-14.5	4	8	0.93	3.5	0.8	0.21	0.77	0.12	0.74	0.14	0.41	0.28	0.05
OS5-2	14.5-15	1.1	0.8	0.11	0.4	<0.1	<0.05	0.06	0.02	0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
OS4-2	33.85-36.2	0.9	2.1	0.21	0.8	0.1	<0.05	0.2	0.02	0.13	<0.05	0.08	0.06	<0.01
OS1-3	47-49.5	2.8	5.8	0.62	2.5	0.5	0.1	0.38	0.08	0.42	0.1	0.24	0.19	0.04
O-4	14(Kot)	2.8	5.3	0.58	1.9	0.5	0.09	0.4	0.05	0.34	0.06	0.16	0.17	0.02
O-5	8(Kot)	0.6	0.7	0.09	<0.4	<0.1	<0.05	<0.05	0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
OS7-3	51.5-53.5	4.7	8.4	0.92	4	0.7	0.15	0.64	0.1	0.52	0.11	0.35	0.35	0.05
OS2-3	154.3-159	<0.5	<0.5	0.03	<0.4	<0.1	<0.05	<0.05	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
OS6-3	227.3-253.9	<0.5	<0.5	0.03	<0.4	<0.1	<0.05	<0.05	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01
Değişim Aralığı		0.6-8.1	0.7-16.5	0.02-1.8	0.4-7.1	0.3-1.2	0.06-0.28	0.06-1.1	0.01-0.2	0.05-0.99	0.06-0.22	0.06-0.41	0.06-0.53	0.01-0.08
Ortalama		2.29	4.36	0.41	2.13	0.48	0.12	0.37	0.06	0.34	0.11	0.24	0.21	0.04
Standart Sapma		1.89	3.98	0.43	1.76	0.33	0.07	0.29	0.05	0.26	0.05	0.16	0.13	0.02
Ortalama(Yerkabuğu)(1)		35	70	8	30	7	1.2	7	1	6	1.5	3.5	3.5	0.6

[(1) Krauskopf, 1989].

7.2.4 Kestelek borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi

Bu bölümde, borat örneklerinin belirlenebilen elementler arasındaki korelasyonlar incelenecektir. Bir kısmı boratların ana element bileşenleri arasında olan Si, Al, Fe, K, Mg, Ca gibi ana elementlerin birbirleriyle ve diğer eser elementlerle olan korelasyon ilişkileri ortamın jeokimyasal özelliklerini açıklamaya katkı sağlayabilecektir.

Si; Mg, Al, Fe, K, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **Mg;** Si, Al, Fe, K, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **Al;** Si, Mg, Fe, K, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **Fe;** Si, Mg, Al, K, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **K;** Si, Mg, Al, Fe, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **Na;** Si, Al Mg, Al, Fe, K, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **Ti;** Si, Mg, Al, Fe, K, Na, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **P;** Si, Mg, Al, Fe, K, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C ve NTE ile, **TOT/C;** Si, Mg, Al, Fe, K, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, ve NTE ile, **TOT/S;** Si, Mg, Al, Fe, K, Na, Ti, P Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/C ve NTE ile, kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **B** ve **Ca** hiçbir elementle kuvvetli pozitif ilişki göstermemekte, kendi aralarında zayıf pozitif ilişki göstermektedirler.

Ana elementlerden Si, Mg, Al, Fe, K, Ti ve P'un birbirleriyle kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyonları bulunmaktadır. Çizelge 7.10'daki eser elementlerin büyük çoğunluğu da bunlarla ve kendi aralarında kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Bu eser elementler Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Sb, Cs, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni ve NTE'dir. Ayrıca TOT/C ve TOT/S'de bu ana ve eser elementlerle kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. Birlikte hareket ettikleri belirlenen bu büyük

gruba ait Si, Al ve Ti gibi ana elementler ve Cr, Zr ve NTE gibi eser elementler alterasyona karşı çok duraylı olup, detritik kökeni işaret ederler (Boggs 2009, Fu vd 2011). Buna göre bu grubu oluşturan elementler karasal katkıyı gösteren killere birlikte göl ortamına taşınmışlardır.

Ortam oksijenli olmasına rağmen Fe ile TOT/S arasında çok kuvvetli pozitif korelasyon bulunması demir sülfürlü bir kaynağı işaret edebilir. Fosfor kil grubu ile birlikte hareket etmekte olup; Ca ile negatif (-0,60) korelasyon göstermektedir. Bu ilişki P'un kökeninin apatit olmadığını ve ortama killere taşındığını belirtir.

Kolemanit örneklerinin ana bileşenlerini oluşturan B ve Ca arasında zayıf pozitif (0.43) bir korelasyon vardır (Çizelge 7.10). Bu iki elementin diğer elementlerle olan ilişkileri de benzerdir. Örneğin B'un Se, Sr ve Te ile Ca'un ise Sr, Au ve Te ile korelasyonu yoktur. Fakat her ikisinin de diğer tüm elementlerle negatif korelasyonu vardır. B ve Ca ile negatif ilişkili elementler yukarıda sözü edilen ve killere birlikte hareket eden büyük gruptaki elementlerdir. B bu gruptaki elementlerle zayıf-çok zayıf, Ca ise kuvvetli-çok kuvvetli düzeyinde negatif korelasyon göstermektedir. Bu ilişkiler B ile Ca'un büyük gruptaki elementlerle kökensel farklılığını gösterir. Özellikle Ca'un kuvvetli negatif korelasyonu kil grubu ile kökensel farklılığı kesin bir şekilde ortaya koymaktadır. B'deki negatif korelasyonun zayıf-çok zayıf düzeyde olması bu elementin tek bir kaynağa bağlı olmadığını gösterebilir. Ca ile Se arasındaki zayıf pozitif (0.50) bir korelasyon vardır. Fakat B ile Se arasında bir ilişki yoktur. Bu ilişkiler Ca ile Se arasındaki kökensel birlikteliği ortaya koyar.

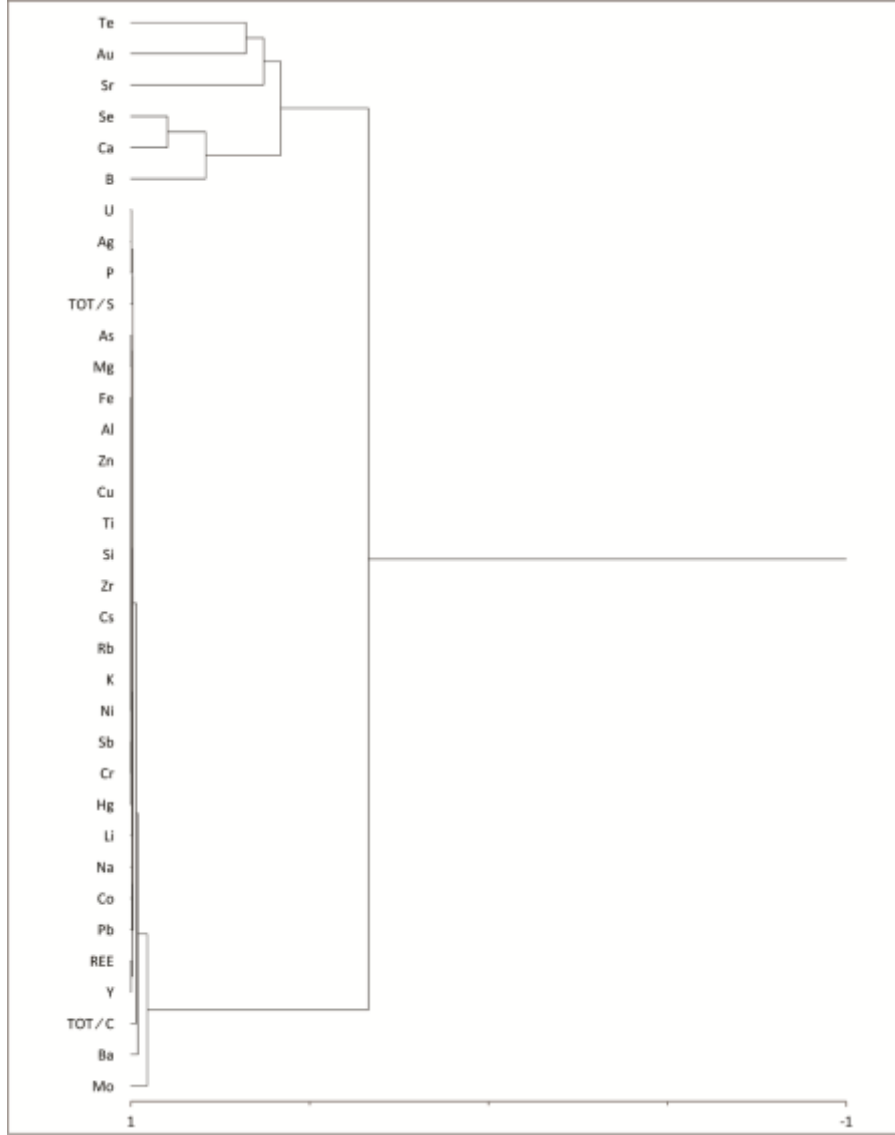
Ca'un TOT/C ile zayıf (-0.46), TOT/S ile kuvvetli (-0.72) negatif korelasyonları bulunmaktadır. Bu ilişkiler ise TOT/C içerisindeki C'un bir kısmının organik olduğunu ve ayrıca Ca ile S'un kökenlerinin farklı olduğunu ve bu elementlerin CaSO₄'ten türemediğini işaret eder.

Sr, Au ve Te üçlüsünün çizelge 7.10'daki diğer ana ve eser elementlerle önemli bir korelasyonu yoktur. Sr'un killere birlikte hareket eden ana ve eser elementlerle çok

zayıf pozitif (0.18-0.44) korelasyonu bulunmaktadır. Au ve Te'un ise hiçbir elementle korelasyonu yoktur. Au'un sadece B ile çok zayıf-zayıf (-0.46) ilişkisi vardır. Bu verilerden hareketle Sr, Au ve Te'un diğer elementlerle önemli bir korelasyonu olmadığı söylenebilir.

Buraya kadar yapılan korelasyon katsayıları (Çizelge 7.10) değerlendirmeleri ve kümeleme analizi (Şekil 7.14) Kestelek kolemanit örneklerinin içerdiği ana ve eser elementlerinin üç farklı grup oluşturduğunu ortaya çıkarmıştır. Birinci grup çoğunluğu killeri temsil eden ana elementler (Si, Mg, Al, Fe, K, Ti ve P) ve bunlarla birlikte hareket eden eser elementler (Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Sb, Cs, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni ve NTE) ve TOT/C ile TOT/S'den oluşmaktadır. İkincisi, birinci grupta negatif korelasyon gösteren B, Ca ve Se'den ibarettir. Sr, Au ve Te üçlüsü ise önceki gruplarla ilişki göstermeyen üçüncü gruptur.

Buna göre kolemanitte çok fazla zenginleşen elementlerden As, Cs, Sb ve Li detritik; Se ise, B ve Ca ile beraber detritik olmayan kökeni işaret etmektedir. Ancak Ca ile zayıf pozitif korelasyonu olan B'un bir kısmının killere taşındığı hesaba katılmalıdır. Bunun gibi Sr da hem detritik hem de volkanik kaynaklarla ilişkilidir.



Şekil 7.14 Kestelek borat yatağından alınan kolemanit örneklerine ait ana ve eser elementlerin korelasyon matrisi dendrogramı

7.2.5 Kestelek borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri

Şekil 7.15 ve 7.16'da ana elementlerin derinliğe bağlı değişimleri takip edilebilmektedir. Burada bor cevheri örnekleri tavan, orta ve taban cevherleri olarak sınıflandırılmış ve diyagramda derinliklerine göre sıralanmışlardır. Borat oluşumları için belirleyici olan katyonlardan Na ve Mg'un eğrilerinin birbirine benzediği, Ca'un ise bunlardan farklı olduğu ilk göze çarpan özelliktir. Al, Si, Fe, Ti, K ve P'un eğrileri de tıpkı Na ve Mg eğrilerine benzemektedir. Bu ana elementlerle kuvvetli korelasyona sahip eser elementlerden Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Sb, Cs, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni ve NTE derinliğe bağlı değişimleri de benzerdir. Ayrıca TOT/C ve TOT/S'de bu ana ve eser elementlerle kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir.

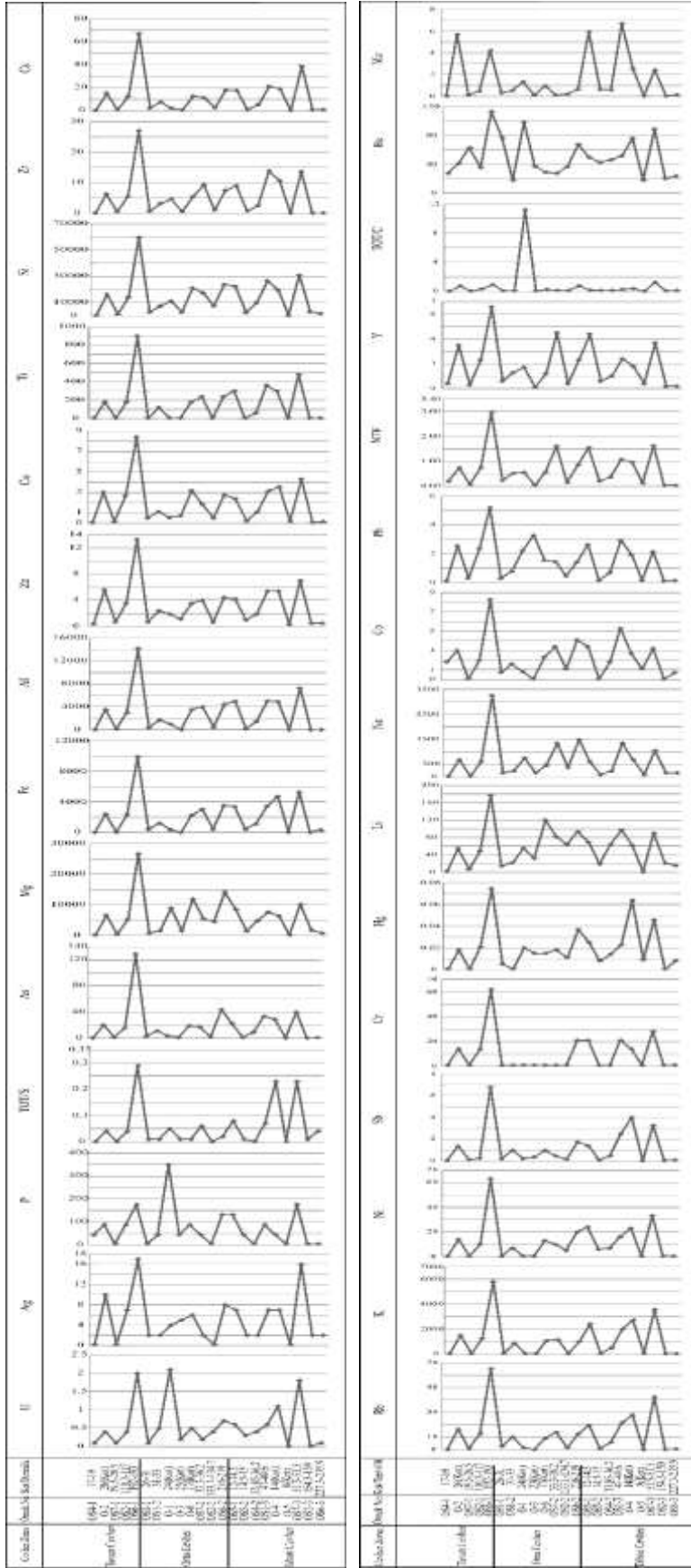
Bu elementlere ait eğriler, Ö.S.6-1 nolu örnek hariç tutularak değerlendirildiğinde, tavan ve orta cevher zonundaki element (U ve P için O-1 örneği hariç) miktarlarının taban cevher zonuna göre daha düşük olduğunu göstermektedir. Eğrilerin değişimi tavadan tabana doğru takip edilirse, tavan ve orta cevher zonu piklerinin yaklaşık aynı aralıkta değiştiği, taban cevher zonunda ise değişim aralığına bağlı olarak daha yüksek pikler oluştuğu fark edilmektedir. Söz konusu Ö.S.6-1 nolu örnek burada da en yüksek piki vermiştir. Derinlik olarak 192-193 m'ler arasına isabet eden bu tavan cevher zonu örneği tüm elementleri daha fazla içermektedir (Şekil 7.15).

Bu gurupla daha düşük korelasyon gösteren Mo'in değişim eğrisinden derinliğe göre bir artma ya da eksilmeden söz edilememektedir. Ortalama değeri 1.53 ppm olan Mo'in dağılımı 0-2 ppm arasında olup, 5 örnekteki yüksek değerlere ait pikler göze çarpmaktadır. Yine Örneklerin Ba ortalaması 49.6 ppm'dir. Değişim eğrisinde derinliğe göre bir eğilim görülmemekte, 9 örnek ortalamanın üstünde, 13 örnek ise ortalamanın altında değerler almaktadır. Ba'un en düşük değerleri taban cevher zonu örneklerindedir (Şekil 7.15).

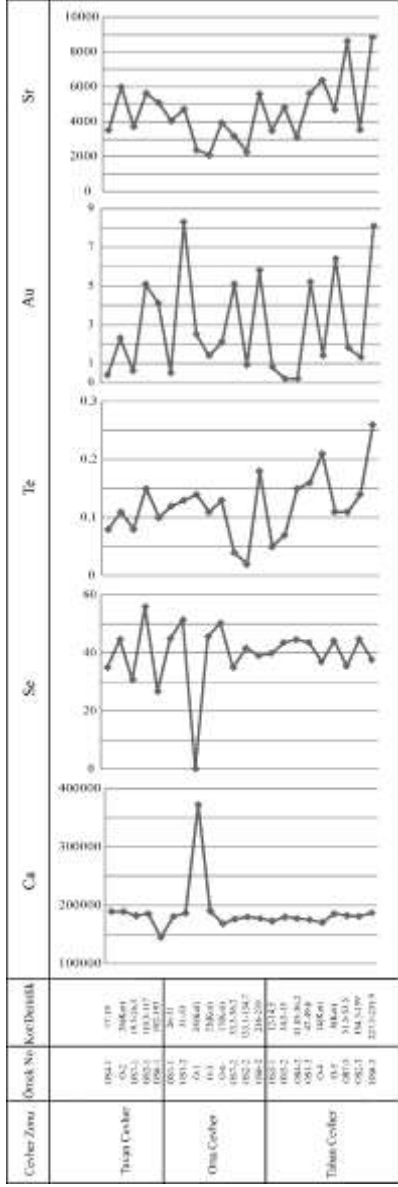
İkinci grup elementlerden Ca, O-1 örneğindeki ani yükseliş ve OS6-1 örneğindeki hafif düşüş haricinde genelde düz bir desen çizerek yaklaşık aynı değerler sunmaktadır.

Tavan cevher zonu örneklerinde daha değişken bir eğri sunan Se'un genel olarak bir örnek dışında orta ve taban seviyelerinde sabit kaldığı söylenebilir. Se'un Kestelek bor cevheri örneklerine ait ortalaması 39.75 ppm olup, dağılım derinliğe göre değişmemekte, ortalama değerin etrafında yer almaktadır. Se'un diğer elementlerin çoğu ile ters hareket ettiği de eğrideki piklerden anlaşılmaktadır (Şekil 7.16).

Üçüncü grup elementler Sr, Au ve Te'in davranışları çok değişkendir. Kestelek kolemanitlerinde Te ortalaması 0.12 ppm olup, derinliğe göre değişim eğrisinde taban cevher zonu örneklerinde hafif bir artıştan söz edilebilir. Buna karşılık tavan, orta ve taban cevher zonlarından ikişer örnek ortalama değerin altına düşmüşlerdir. Au eğrisinde 0-0.005 ppm arasında bir dağılım ve Te'de olduğu gibi taban cevher zonu örneklerinde hafif bir artma bulunmaktadır. Kolemanitlerde YKO'ya göre çok yüksek değerlerde biriktiği daha önce açıklanan Sr, orta cevher zonunda biraz azalmıştır. Farklı derinliklere göre Sr değişim sıralamasını azdan çoğa doğru orta, tavan ve taban cevher zonu olarak yapabiliriz. Sr'un Kestelek kolemanitlerindeki ortalaması 4601 ppm olup, taban cevher zonundaki örneklerin bu ortalamanın üzerinde pikler yaptığı görülmektedir (Şekil 7.16).



Şekil 7.15 Kestelek borat örnekleri elementlerinin derinliğe bağlı değişimi



Şekil 7.16 Kestelek borat örnekleri elementlerinin derinliğe bağlı değişimi

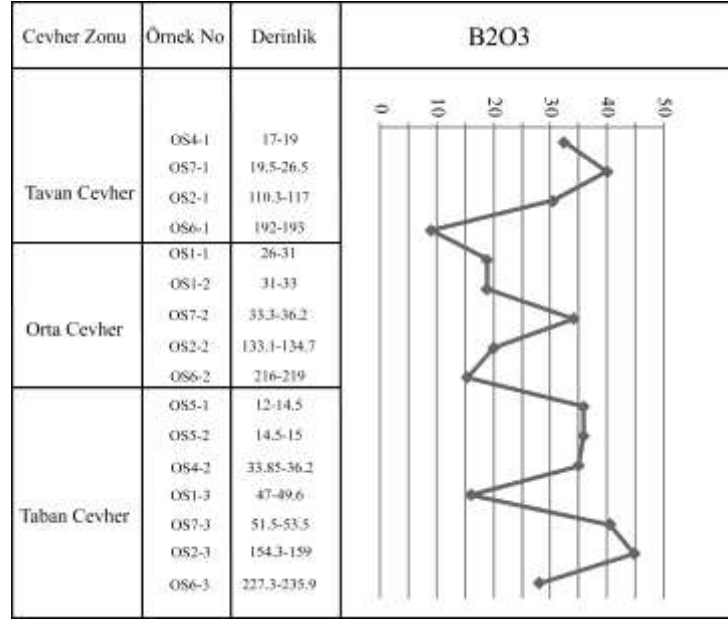
7.2.6 Kestelek boratlarının B₂O₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı

B₂O₃ değerleri dördü tavan, beşi orta ve yedisi taban cevher zonu örnekleri olmak üzere 16 sondaj örneği üzerinde yapılan ve Etibor A.Ş. Kestelek Bor İşletme Müdürlüğu'nden elde edilen analiz sonuçlarıdır (Çizelge 7.11).

Çizelge 7.11 Kestelek Borat Yatağı örnekleri B₂O₃ içerikleri.

Örnek No	% B ₂ O ₃
Ö.S.4-1	32.36
Ö.S.7-1	40.02
Ö.S.2-1	30.45
Ö.S.6-1	8.96
Ö.S.1-1	18.79
Ö.S.1-2	18.79
Ö.S.7-2	34.12
Ö.S.2-2	20.00
Ö.S.6-2	15.31
Ö.S.5-1	35.84
Ö.S.5-2	35.84
Ö.S.4-2	34.97
Ö.S.1-3	16.01
Ö.S.7-3	40.54
Ö.S.2-3	44.81
Ö.S.6-3	28.01

Şekil 7.17'de Kestelek borat yatağındaki B₂O₃ içeriğinin derinliğe bağlı değişimi görölmektedir. Bu analizlere göre yatağın bor içeriği ortalaması % 28.43 B₂O₃'tür. Şekil 7.17'de görüldüğu gibi yataktaki borat konsantrasyonu zaman zaman değişmekte olup, en düşük değerleri orta cevher zonu grubundadır. B₂O₃ miktarı taban cevher zonunda az da olsa artış göstermektedir.



Şekil 7.17 Kestelek örneklerine ait B₂O₃'ün derinliğe bağlı değişimi(%)

7.2.6.1 Kestelek borat yatağına ait B₂O₃'ün diğer elementlerle korelasyonları

Kolemanit örneklerinin ana bileşenlerini oluşturan B ile Ca arasında zayıf pozitif (0.43) bir korelasyon vardır (Çizelge 7.10). Bu iki elementin diğer elementlerle olan ilişkileri de benzerdir. Örneğin B'un Se ile ilişkisi yokken (0.01) korelasyonu söz konusu iken diğer tüm elementlerle negatif korelasyonu vardır. B ile negatif ilişkili killerle birlikte hareket eden büyük gruptaki elementlerdir. B bu gruptaki elementlerle zayıf-çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Bu ilişkiler B'un büyük gruptaki elementlerle kökensel farklılığını gösterir. B'deki negatif korelasyonun zayıf-çok zayıf düzeyde olması bu elementin tek bir kaynağa bağlı olmadığını gösterebilir. Bu verilere göre B₂O₃ ile kil grubu elementler arasında belirlenen negatif korelasyon göl ortamına bor sağlayan faktörlerin büyük oranda volkanik kısmen de karasal (detritik) olduğunu göstermektedir. O halde B₂O₃'ün büyük çoğunluğu çökeltme ortamına volkanik etkinlikler sonucunda ortaya çıkan gazlar ve hidrotermal çözeltiler tarafından sağlanmıştır.

7.3 Kırka Borat Yatağının Jeokimyası

7.3.1 Kırka borat yatağının ana element bollukları

Kırka boratlarına ait ana element bollukları, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yer kabuğunda (YKO), andezitlerde (AO) ve tatlı sularda (TSO) bulunan ortalama değerleri çizelge 7.12'de verilmektedir.

Ana element bolluklarının % olarak çokluk sırasına göre KS1 örneklerinde Na (8.25), Ca (7.30), Mg (2.10), Si (1.51), K (0.096), ve Al (0.070); KS2 örneklerinde Ca (11.24), Na (5.23), Mg (1.91), Si (1.03), Al (0.087) ve K (0.084); KY örneklerinde ise Na (7.98), Ca (3.20), Mg (2.64), Si (1.36), K (0.188), Al (0.160) ve Fe (0.087) şeklinde sıralandıkları görülmektedir.

Ana elementler yer kabuğu, andezit ve tatlı su ortamlarıyla karşılaştırılarak Kırka borat çökme ortamındaki element azalma ve çoğalmaları belirlenmiştir.

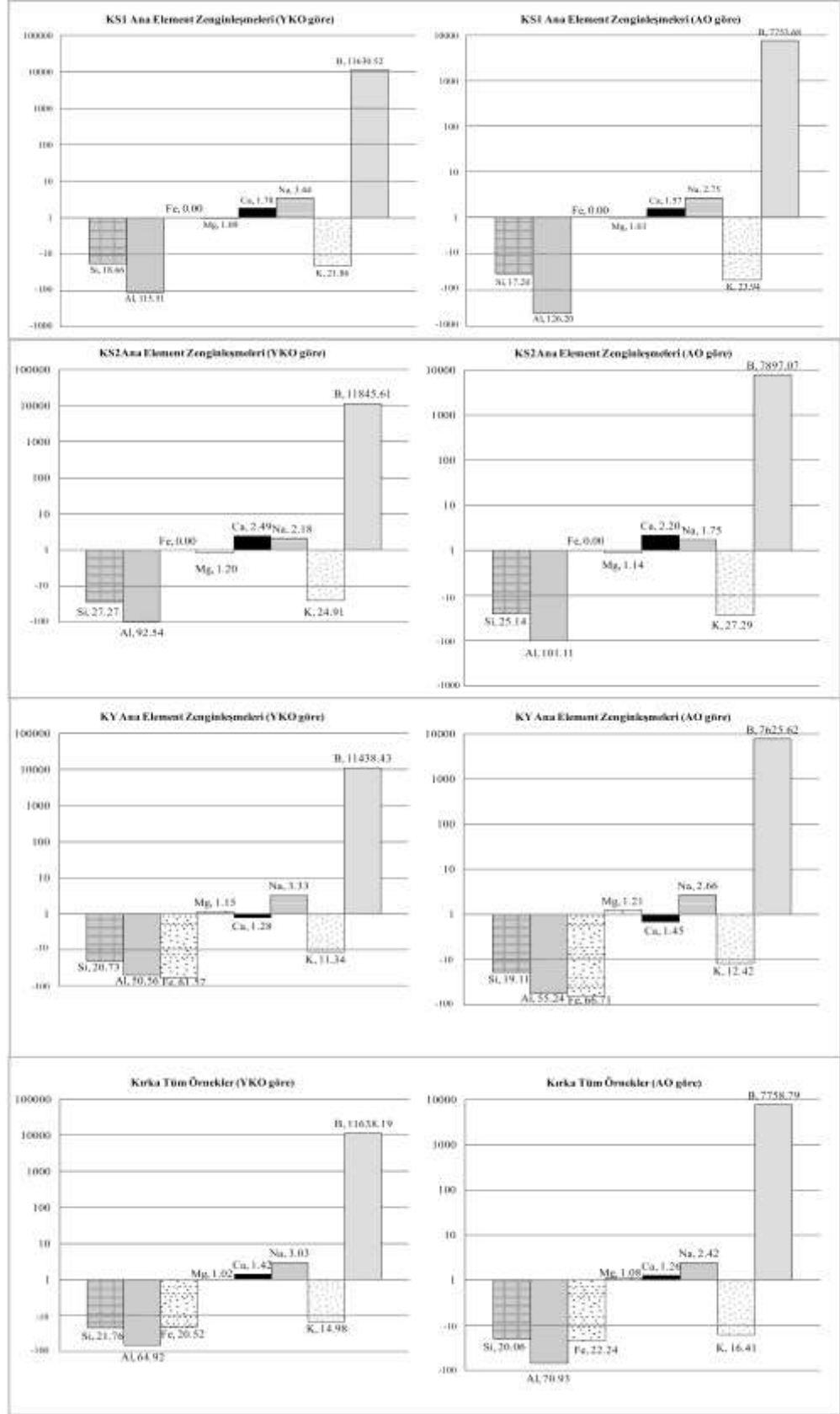
Elementlerin bolluk katsayıları sırasıyla birinci rakam YKO'ya, ikinci rakam AO'ya göre olmak üzere; KS1 örneklerinde B (11630.52-7753.68), Na (3.44-2.75), Ca (1.78-1.57), KS2 örneklerinde B (11845.61-7892.07), Ca (2.49-2.20), Na (2.18-1.75), KY örneklerinde ise B (11438.43-7625.62), Na (3.33-2.66), Mg (1.15-1.21) artış değerleri göstermişlerdir.

Birinci rakam YKO'ya, ikinci rakam AO'ya göre olmak üzere; KS1 örneklerinde Mg (1.09-1.03), Si (18.66-17.20), K (21.86-23.94), ve Al (115.51-126.20); KS2 örneklerinde Mg (1.20-1.14), Si (27.27-25.14), K (24.91-27.29) ve Al (92.54-101.11); KY örneklerinde ise Ca (1.28-1.45), Si (20.73-19.11), K (11.34-12.42), Al (50.56-55.24) ve Fe (61.57-66.71) şeklinde azalış değerlerine sahiptirler.

Tüm yatak'da ise birinci rakam YKO'ya, ikinci rakam AO'ya göre olmak üzere; B (11638.19-7758.79), Na (3.03-2.42), Ca (1.42-1.26) ve Mg (1.02-1.08) kez artış

gösterirken; Si (21.76-20.06), K (14.98-16.41), Al (64.92-70.92) ve Fe (20.62-22.24) şeklinde azalış değerlerine sahiptirler (Şekil 7.18).

İşletme alanından alınan KY yüzey ve bunun batısından alınan KS1 ve KS2 sondaj örneklerinin bolluk değerlerinin (Çizelge 7.12) karşılaştırılması, aynı ortamın farklı kesimlerindeki farklı özellikleri ortaya koymaktadır. Buna göre Na ve Mg'un daha yüksek değerleri KY bölgesinde olup, bu Na ve Mg'lu boratları işaret etmektedir. Buna karşılık Ca, KY bölgesine göre KS1 ve KS2'de daha yüksektir. Bu da Kırka borat yatağında batıya doğru Ca-boratların çoğaldığını gösterir.



Şekil 7.18 Kirka borat yatağı ana element zenginleşme katsayıları

Çizelge 7.12 Kırka borat yatığı örneklerine ait ana element jeokimyası sonuçları

Örnek No	Katı Dönüşüm	B2O3 (g/g)	Si (ppm)	Al (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	TOT (wt%)	TOF (wt%)	LOI	Sum (%)
KV2b	1006	422,400	3566	159	4278	78405	38256	1,61	-0,02	N.A.	31,78		
KV2c	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2d	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2e	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2f	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2g	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2h	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2i	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2j	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2k	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2l	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2m	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2n	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2o	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2p	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2q	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2r	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2s	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2t	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2u	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2v	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2w	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2x	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2y	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV2z	1094,5	379,100	9721	1799	4258	52585	42167	24185	1182	2,47	-0,02	N.A.	28,47
KV1	1059	368,827	14602	697	35448	79016	14101,23305	835,18071	2002	1,01	-0,02	N.A.	23,12
Ortalama		240,900-422,400	56,312-72	106-607,1	-278-2208	362-59603	317-30770	14101,23305	-835,18071	0,045-0,1	-0,02-0,03	*	17,25-31,78
Standart Sapma		16739	9634	2748	674	24056	31753	43319	2802	1,60	*	6,48	
KV3-1	90	411000	3551	57	4278	3920	98772	38476	531	0,10	-0,02	N.A.	22,63
KV3-2	165	439700	4057	159	4278	4764	38665	135558	249	0,16	-0,02	N.A.	22,87
KV3-3	108,5	407000	4274	425	4278	20695	22913	125013	415	1,58	-0,02	N.A.	27,81
KV3-4	110	275100	27459	900	4278	54213	75887	91684	908	4,77	-0,02	N.A.	38,14
KV3-5	136	448400	7711	425	4278	30755	127008	117881	109	0,34	-0,02	N.A.	24,37
KV3-6	189,3	388800	9946	159	4278	14232	104847	50891	165	1,00	-0,02	N.A.	26,09
KV3-7	142,5	379000	10704	212	4278	19758	103346	49845	249	1,06	-0,02	N.A.	26,04
KV3-8	195,7	265600	43803	5281	4278	48544	109471	55669	4234	3,31	-0,02	N.A.	38,76
Ortalama		374,513	18116	701	21099	73916	82587	961	162	*	*	28,34	
Standart Sapma		265,900-449,400	3553-43893	55-3281	-278	3920-54213	22013-109421	35400-127006	-433-2424	0,10-0,177	-0,02	*	22,63-38,76
KV3-1	163,1	437400	10564	212	4278	16222	170814	148	149	1,00	-0,02	N.A.	28,93
KV3-2	187	351000	8461	106	4278	22698	188635	47776	166	1,95	-0,02	N.A.	27,43
KV3-3	175	392100	6481	118	4278	18272	86908	52523	249	0,85	-0,02	N.A.	23,42
KV3-4	200	424700	9092	212	4278	20292	31718	117881	109	1,07	-0,02	N.A.	24,83
KV3-5	210	448900	4347	847	4278	4824	32162	123297	498	0,22	-0,02	N.A.	23,16
KV3-6	225	385500	9682	370	4278	12181	100273	52525	332	0,81	-0,02	N.A.	25,35
KV3-7	235	400200	9668	2382	4278	6573	90838	54526	1826	0,34	-0,02	N.A.	23,89
KV3-8	247	407300	8461	1315	4278	3377	91340	50159	1494	0,69	-0,02	N.A.	23,56
KV3-9	285	317700	14966	2031	4278	10996	115137	44886	2035	2,38	-0,02	N.A.	31,17
KV3-10	285	421900	12855	1111	4278	19177	160170	1464	149	1,49	-0,02	N.A.	30,21
KV3-11	385	294900	10377	100	4278	42514	121070	39244	166	4,01	-0,02	N.A.	31,57
KV3-12	300	417000	3973	179	4278	2050	97128	54710	498	0,16	-0,02	N.A.	23,32
KV3-13	312	264200	30684	1799	4278	49147	112422	35669	2407	3,79	-0,02	N.A.	36,05
Ortalama		381458	10341	878	19177	102169	102169	8284	843	1,41	*	27,07	
Standart Sapma		264,200-448,000	1978-10944	212-2382	-278	2051-49147	31518-170814	186-233297	83-2407	0,22-3,79	-0,02	*	22,15-36,05
KV3-14	101	437400	10564	212	4278	16222	170814	148	149	1,00	-0,02	N.A.	28,93
KV3-15	101	320200	81000	44000	42000	27000	41000	28000	21000	*	*	*	*
Ortalama		35	760000	85000	98500	48700	48700	30900	27000	*	*	*	*
Tarih ve Değerler aralığı (3)		0-101	3-33	-30-105,3	-30-105,3	0,8-29,113,32	1,8-49,29,113,32	1,15-36,78,5,28	0,51-9,9,12,9	*	*	*	*

(* Değer yok, (1), Krauskopf, 1989. (2), Schroll, 1975 (3), Abollino, vd. 2004 -] B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]

7.3.2 Kırka borat yatağının eser element bollukları

Kırka boratlarına ait eser element bollukları, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yer kabuğu, andezit ve göl sularında bulunan ortalama değerleri çizelge 7.13’de verilmektedir.

KS1 örneklerinin eser elementlerinin bollukları (rakamlar ppm dir); Sr (3714.54), Li (255.28), Cs (60.59), Ba (27.50), Rb (15.96), Se (15.71), As (5.12), Zr (4.29), Co (2.75), Cu (0.74), Th (0.63), Pb (0.53), Ni (0.45), Y (0.38), Nb (0.32), Mo (0.26) şeklinde sıralanırken, KS2 örneklerinde eser elementler; Sr (8443.54), Li (217.12), Ba (29.00), Cs (22.72), Se (15.40) Rb (12.18), As (2.75), Zr (2.52), Y (1.20), Cu (0.84), Co (0.78), Pb (0.68), Ni (0.62), Th (0.54), Nb (0.29), Mo (0.26), U (0.19) olarak sıralanmıştır. KY örneklerinin eser elementlerinin bollukları; Sr (5048.92), Li (324.33), Cs (84.10), Ba (40.33), Rb (30.05), As (7.01), Se (4.04) Zr (2.64), Y (1.18), Cu (1.12), Co (1.08), Pb (1.05), Ni (1.05), Th (0.78), Nb (0.60), Mo (0.36), U (0.22) şeklinde sıralanmıştır. Tüm eser elementler TSO’ya göre Kırka boratlarında çok fazla artma göstermektedir (Çizelge 7.13).

Birinci rakam YKO’ya, ikincisi AO’ya göre olmak üzere artış katsayıları **Sr** KS1’de 9.91–4.64, KS2’de 22.52–10.55, KY’de 13.46–6.31; **Li** KS1’de 12.76–12.76, KS2’de 10.86–10.86, KY’de 16.22–16.22; **Se** KS1’de 314.25–314.25, KS2’de 308–308, KY’de 80.83–80.83; **As** KS1’de 2.84–2.69, KS2’de 1.53–1.45, KY’de 3.89–3.69; **Cs** KS1’de 20.20–26.34, KS2’de 7.57–9.88, KY’de 28.03–36.57 şeklindedir (Şekil 7.19).

Tüm örnek gruplarında **Sr** 15.36–7.20, **Li** 14.15–14.15, **Se** 187.96–187.96, **Cs** 21.04–27.44 ve **As** 2.97–2.81, şeklindedir (Şekil 7.19). YKO’ya ve AO’ya göre kıyaslama yapıldığında eser elementlerin bollukları ve buna göre sıralanmalarına dikkat edilirse, Sr, Li, Cs, Se ve As’nin bolluğu her üç kesimde de diğer elementlere göre göze çarpmaktadır. Diğer elementlerin ise artma göstermemektedir.

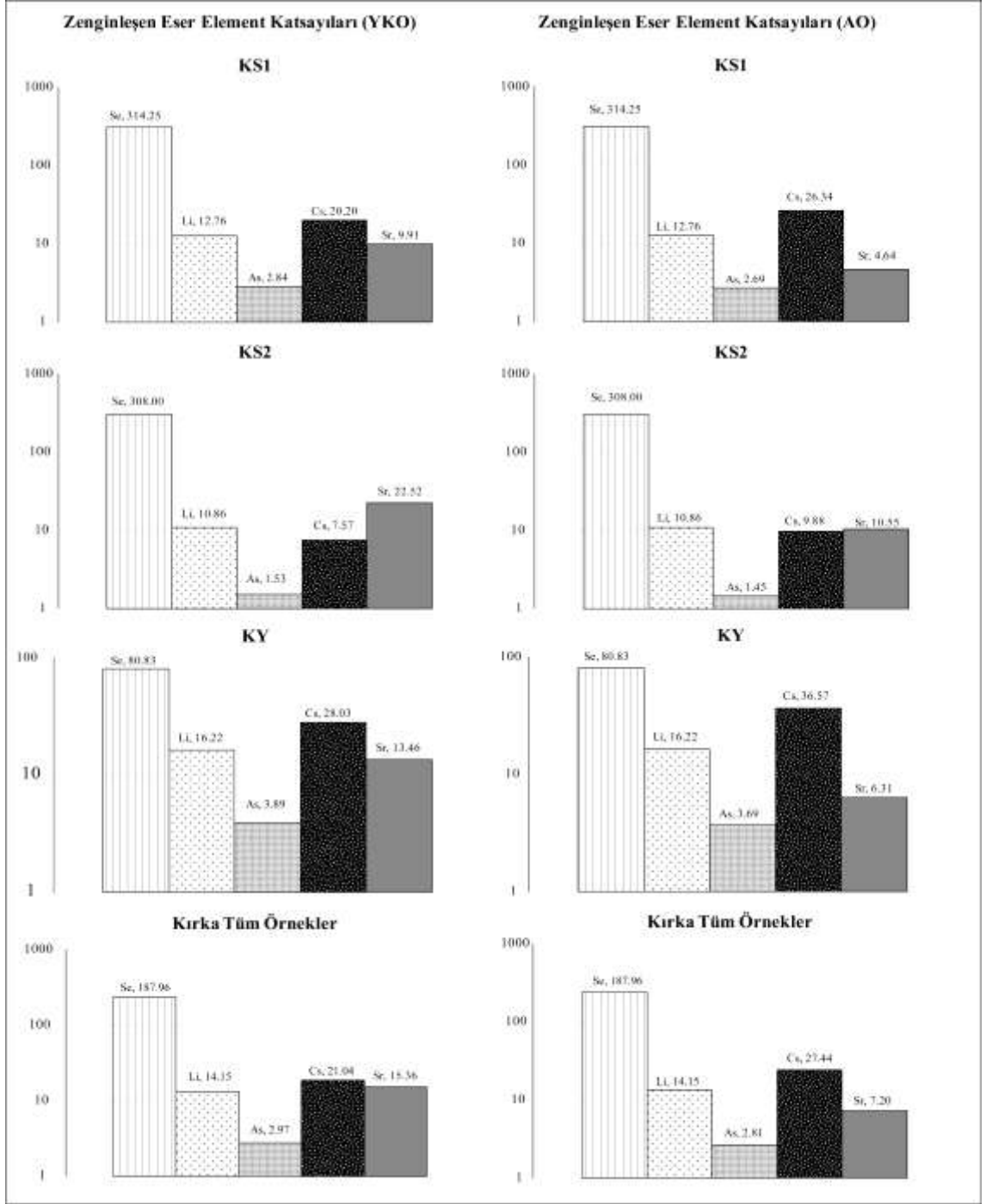
Çizelge 7.13 Kırka örneklerine ait eser element jeokimyası sonuçları

Örnek No	Karlı Derinlik	Lajaj (m)	Balıqlı (m)	Çarpı (m)	Şişgen (m)	Bığgen (m)	Sığgen (m)	Thıgen (m)	Uyggen (m)	Zıggen (m)	Yıggen (m)	Mıggen (m)	Çıggen (m)	Pığgen (m)	Nıggen (m)	Asıggen (m)	Sıggen (m)	
KY25	1068.5	45.25	8.25 (0)	0.20	4.40	-0.1	1.30	50400.00	-2.10	0.80	0.40	-0.1	0.50	0.20	-0.1	6.00	7.00	
KY26	1068.5	126.80	7.60	0.90	46.50	0.80	23.80	8520.00	0.10	0.20	2.20	0.30	1.30	1.60	1.30	7.10	5.70	
KY27	1094	95.60	3.00	3.90	17.20	0.10	7.20	1355.00	-0.30	-0.1	1.80	0.20	-0.1	0.40	0.20	-0.5	1.00	
KY28	1094	426.10	6.60	4.90	16.60	0.60	34.60	9047.00	1.00	0.20	1.70	1.20	0.70	0.90	1.40	4.00	6.10	
KY29	1092	155.90	-1	0.90	12.00	-0.1	2.60	839.20	0.50	0.30	0.80	0.20	-0.1	0.30	-0.1	0.20	0.5	
KY30	1082	133.70	10.00	0.90	12.90	0.30	8.90	1417.00	0.20	0.30	1.80	0.20	0.10	0.30	0.40	1.00	1.60	
KY31	1081	617.80	64.00	-0.2	58.10	-0.30	14.40	11907.00	0.60	0.30	0.60	0.60	1.00	0.80	0.70	1.80	10.30	
KY32	1080	203.20	19.00	2.00	70.70	0.90	34.20	4234.00	1.20	0.20	2.60	1.50	0.60	0.90	2.20	1.10	7.80	
KY33	1079	411.40	45.00	0.50	66.40	0.60	37.80	32979.00	0.90	0.20	1.90	1.40	0.70	-0.1	1.70	0.20	5.90	
KY34	1077	329.00	16.00	0.70	163.60	1.20	137.70	9830.00	2.20	0.20	0.20	1.10	0.40	1.90	3.10	4.90	23.90	
KY35	1076	154.10	-7.1	-0.2	1.20	-0.1	0.80	2.60	-0.2	-0.1	2.20	-0.1	-0.1	1.30	-0.1	0.10	-0.5	
KY36	1075	274.10	6.00	-0.2	30.60	-0.1	8.20	9530.00	-0.2	-0.1	0.90	0.20	-0.1	1.00	-0.1	0.30	-0.5	
KY37	1071	205.10	5.00	-0.2	7.20	-0.1	2.40	727.00	-0.2	-0.1	0.20	-0.1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.80	
KY38	1070	257.80	8.00	0.20	22.20	0.20	28.20	1211.00	1.10	0.20	2.80	1.00	-0.1	1.40	1.30	1.60	19.00	
KY39	1062	383.80	17.00	0.20	62.00	0.60	33.60	2414.00	0.40	0.20	4.20	0.50	0.20	0.40	1.20	0.80	5.70	
KY40	1060.5	269.90	8.00	0.20	33.40	0.40	19.20	4555.00	0.30	-0.1	0.90	0.50	-0.1	1.40	0.60	0.70	3.30	
KY41	1060.5	415.40	23.00	1.00	96.20	2.00	133.70	4591.00	-0.80	0.10	7.00	1.40	0.10	2.90	3.70	5.40	22.70	
KY42	1060	309.20	6.00	-0.2	52.20	0.20	7.40	2087.00	0.30	0.20	0.70	0.30	-0.1	1.10	1.20	0.40	1.60	
KY43	1057	428.10	4.00	-0.2	34.70	0.10	5.80	4531.00	-0.2	-0.1	1.70	0.30	-0.1	1.30	0.30	0.40	1.60	
KY44	1055	222.00	10.00	0.20	57.00	0.60	37.10	299.50	0.70	-0.1	2.60	1.00	0.10	1.20	1.50	5.50	9.00	
KY45	1054	237.40	7.00	-0.2	16.00	0.10	6.60	1196.00	0.30	-0.1	0.60	0.30	-0.1	1.30	0.10	0.30	2.20	
KY46	1053	693.40	12.00	-0.2	62.30	0.20	15.90	2835.00	0.20	0.20	3.40	0.40	0.30	1.10	0.40	0.50	3.90	
KY47	1052	687.50	17.00	0.20	74.90	0.20	16.40	2528.00	-0.2	-0.1	0.40	0.40	0.20	1.10	0.40	0.20	2.20	
KY48	1052	791.80	14.00	-0.2	101.40	-0.30	20.30	3024.00	-0.2	0.20	0.90	0.40	0.70	1.10	0.40	0.70	5.50	
KY49	1052	324.33	40.33	1.00	84.10	0.60	30.85	5948.82	0.78	0.22	2.64	1.28	0.26	1.12	1.05	1.05	7.91	
Ortalama		45.25-791.40	-1.625	-1.20	1.80-962.40	-0.14	10.10	22.60-10400	-0.22	-0.20	-0.14	0.20	-0.13	0.18	-0.12	0.26	0.53	4.04
Standart Sapma		201.85	1.38	182.41	182.41	0.57	40.02	10003.61	0.63	0.08	2.96	2.56	0.31	0.57	0.96	1.36	6.24	3.30
KS1-1	90	74.80	2.90	2.00	12.60	-0.1	1.40	7605.00	-0.2	-0.1	3.20	0.20	0.10	0.40	0.10	-0.1	-0.5	17.10
KS1-2	105	133.50	3.90	0.70	20.10	-0.1	5.30	1395.00	-0.2	-0.1	1.70	-0.1	-0.1	0.70	0.20	-0.1	0.70	9.80
KS1-3	108.5	346.00	10.00	10.80	66.20	0.20	10.60	813.20	-0.2	-0.1	5.80	0.20	0.10	0.90	0.50	0.20	1.60	6.20
KS1-4	110	615.70	24.00	3.20	151.40	0.40	28.40	5287.00	0.40	-0.1	2.70	0.40	0.30	1.60	0.40	0.40	8.40	16.40
KS1-5	116	162.50	6.00	2.70	25.80	0.10	9.40	1632.00	0.20	-0.1	4.30	-0.1	-0.1	1.90	0.40	-0.1	3.00	7.80
KS1-6	129.3	218.50	6.00	1.00	38.70	0.10	7.20	2518.00	-0.2	-0.1	2.10	0.10	-0.1	-0.1	-0.1	-0.5	23.70	
KS1-7	142.3	256.70	40.00	0.80	41.70	0.20	7.70	4281.00	0.20	-0.1	3.00	0.30	0.10	0.40	0.20	0.40	18.50	
KS1-8	145.3	234.90	125.00	0.70	128.20	0.90	57.60	6340.00	1.70	-0.1	10.60	1.10	0.70	0.80	1.00	0.80	16.40	
Ortalama		255.28	27.50	2.75	60.90	0.32	15.94	3714.54	0.63	-0.1	4.29	0.38	0.26	0.74	0.63	0.45	5.12	15.71
Standart Sapma		71.80-615.70	3.01-25.00	0.70-10.80	12.00-153.40	-0.10	10.90	813.30-10025.63	-0.21	-0.10	1.70-10.90	-0.14	-0.10	-0.13	0.60	-0.10	-0.5	16.40
KS2-1	163.1	176.70	1.25	2.10	3.40	0.10	1.90	2026.00	0.20	0.20	4.60	0.60	0.20	0.40	-0.1	5.30	47.40	
KS2-2	167	166.20	7.60	0.20	5.40	-0.10	2.80	10233.00	-0.2	0.20	2.70	0.60	0.20	0.20	-0.1	1.60	27.90	
KS2-3	173	105.60	10.00	0.90	20.10	-0.1	5.90	42122.00	-0.2	0.10	1.40	0.80	0.20	0.90	0.40	0.30	1.00	7.40
KS2-4	260	258.10	14.00	0.40	17.60	0.20	6.60	4996.00	-0.2	-0.1	1.90	0.40	0.30	1.60	0.30	1.00	4.80	
KS2-5	270	245.80	10.00	-0.2	21.90	0.30	12.10	4145.00	0.30	0.20	2.10	0.80	0.20	1.50	0.30	1.10	3.50	
KS2-6	275	169.80	19.00	-0.7	4.60	0.20	5.00	9305.00	0.30	0.10	1.40	0.60	-0.1	0.60	0.40	0.90	1.40	
KS2-7	325	91.60	22.00	0.90	26.30	0.50	24.20	13399.00	1.00	0.20	3.60	1.20	0.20	1.20	1.20	1.00	5.00	
KS2-8	347	103.70	44.00	0.50	20.10	0.20	14.20	10273.00	0.20	0.10	2.90	1.30	0.20	0.90	1.40	0.90	9.90	
KS2-9	355	231.50	26.00	-0.2	31.80	0.50	24.90	7653.00	1.00	0.20	2.20	1.50	0.20	0.70	2.60	0.80	5.20	
KS2-10	365	217.10	22.00	1.00	33.70	0.40	14.50	5412.00	0.40	0.20	2.40	0.60	0.10	1.20	0.50	-0.1	2.40	
KS2-11	295	300.70	41.00	-0.2	23.20	-0.1	2.70	3317.00	-0.2	0.20	1.10	1.80	-0.1	0.30	0.10	0.60	33.10	
KS2-12	300	81.30	5.00	0.20	10.60	0.10	5.90	1449.00	-0.2	-0.1	1.10	1.30	-0.1	0.40	0.10	0.10	8.60	
KS2-13	312	675.40	29.00	-0.2	70.50	0.50	30.90	4733.00	0.80	0.40	4.10	0.90	0.70	0.80	1.10	0.90	5.70	
Ortalama		80.20-675.40	5.60-125.00	-0.2	3.40-76.50	-0.10	16.50	19630.00	0.41	0.18	2.52	1.20	0.26	0.80	0.68	0.62	2.75	15.40
Standart Sapma		154.34	31.37	0.61	18.92	0.16	9.86	4929.84	0.34	0.08	1.21	1.02	0.17	0.43	0.38	0.36	1.82	12.27
Özellikler (1)	2008	500.00	22.00	1.00	100.00	0.00	60.00	375.00	8.5	2.70	16.00	35.00	1.50	50.00	12.50	33.50	1.80	0.05
Özellikler (2)	2005	714.00	10.00	2.30	200.00	72.00	800.00	700	1.80	200.00	25.00	4.90	35.00	15.00	55.00	1.90	0.05	
Tarih ve Depolama aralığı (t)	1	10 ⁴	10	10 ⁶	6.05	10 ⁴	50.10 ⁴	*	1.05	10 ⁶	*	1.10 ⁵	1.8	10 ⁶	0.2	10 ⁶	2	10 ⁴

(* Değer yok, (1). Krauskopf, 1989. (2). Schroll, 1975 (3). Abollino, vd. 2004. (4) Şahinci, 1991.) [B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]

Bu verilere göre KS1, KS2 ve KY örneklerinde en çok artan element Se olup, KS1’de bunu Cs, Sr, Li, ve As; KS2’de Sr, Li, Cs, ve As; KY’de Cs, Li, Sr, ve As takip etmektedir (Koç vd. 2012, Koçak ve Koç 2012b).

Bu elementlerin minimum – maksimum değerleri ise (ppm olarak) Se (<0.50 – 47.40), Li (45.20 – 791.80), As (<0.50 – 23.90), Cs (1.80 – 962.40) ve Sr (22.60 –50400.00) şeklinde olup, iki uç değer arasındaki açıklık çok fazladır. Bu da çökelme ortamına gelen malzeme miktarının çok değişken olduğunu gösterir. Burada belirlenen bolluklar, artma gösteren elementler ve minimum – maksimum değerler 3 farklı örnek alım bölgesinde de (KY, KS1, KS2) birbirine benzemektedir.



Şekil 7.19 Kırka borat yatağı eser element zenginleşme katsayıları

7.3.3 Kırka borat yatağı nadir toprak element jeokimyası

KY ve KS2 örneklerinde tüm NTE'leri tespit edilebildiği halde, KS1 örneklerinde sadece La, Ce ve Pr belirlenebilmiştir. Kırka yatağına ait tüm örneklerin NTE

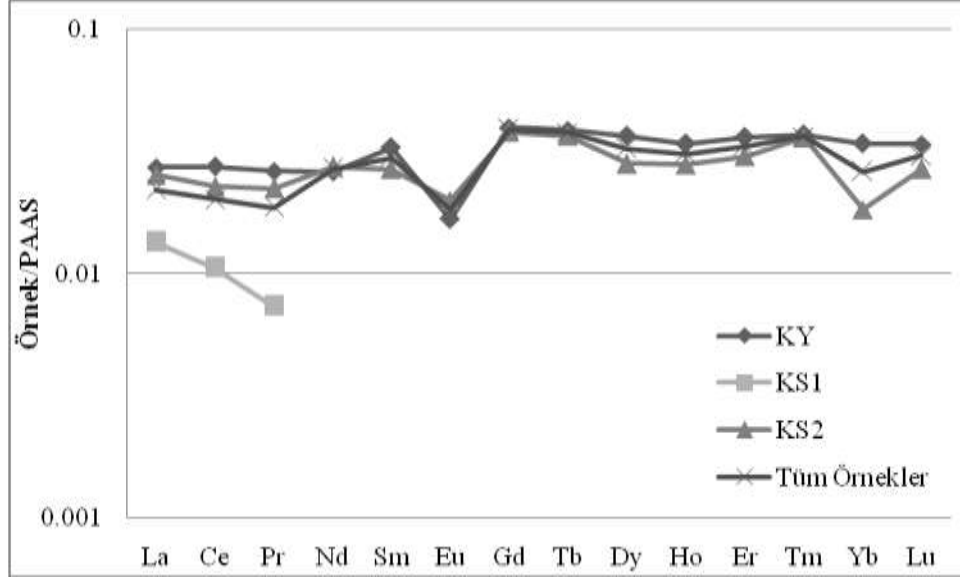
ortalamaları sırasıyla La (0.95), Ce (1.85), Pr (0.22), Nd (1.30), Sm (0.28), Eu (0.08), Gd (0.25), Tb (0.05), Dy (0.27), Ho (0.08), Er (0.18), Tm (0.03), Yb (0.23), Lu (0.03) şeklinde sıralanmaktadır (Çizelge 7.14).

Kırka örneklerinde tüm NTE’i belirlenen KS2, KY bölgelerine ait eğriler ve ortalama değerleri temsil eden egride görüldüğü gibi belirgin negatif Eu anomalisi bulunmaktadır (Şekil 7.20). Bu anomali dışında hafif bir negatif Ho anomalisinden söz edilebilir. Bu anomaliler dışında eğriler yatay eksene hemen hemen paralel gitmektedir. Ancak bir karşılaştırma yapılırsa Ağır Nadir Toprak Elementleri (ANTE)’nin Hafif Nadir Toprak Elementleri (HNTE)’nden daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.14 Kırka borat örneklerine ait Nadir Toprak Element jeokimyası sonuçları

Örnek No	La(ppm)	Ce(ppm)	Pr(ppm)	Nd(ppm)	Sm(ppm)	Eu(ppm)	Gd(ppm)	Tb(ppm)	Dy(ppm)	Ho(ppm)	Er(ppm)	Tm(ppm)	Yb(ppm)	Lu(ppm)
KY26	0.10	0.20	0.04	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY25	3.80	8.20	0.97	3.60	0.91	0.09	0.93	0.19	1.14	0.24	0.74	0.12	0.88	0.12
KY24	0.20	0.40	0.05	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY23	1.00	2.20	0.24	1.00	0.18	-0.02	0.19	0.03	0.17	0.04	0.10	0.02	0.11	0.02
KY22	0.60	1.00	0.13	0.60	0.12	-0.02	0.09	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY21	0.20	0.40	0.05	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY20	0.50	1.10	0.11	0.40	0.07	-0.02	0.07	0.02	0.07	0.02	0.05	-0.01	0.06	0.01
KY19	1.20	2.40	0.30	1.30	0.27	0.03	0.24	0.04	0.22	0.05	0.14	0.02	0.15	0.02
KY18	1.70	3.20	0.37	1.40	0.27	0.03	0.24	0.04	0.19	0.04	0.13	0.02	0.11	0.02
KY17	0.40	0.80	0.09	0.40	0.08	-0.02	0.08	0.01	0.08	-0.02	0.04	-0.01	-0.05	-0.01
KY16	10.40	23.80	2.48	9.60	2.06	0.29	2.05	0.33	1.86	0.38	1.08	0.15	0.92	0.14
KY15	-0.1	0.20	-0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY14	0.10	0.20	-0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY13	0.10	0.20	-0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY12	0.80	1.60	0.17	0.80	0.16	-0.02	0.15	0.02	0.12	0.02	0.09	0.02	0.11	0.02
KY11	0.50	0.90	0.09	0.40	0.08	-0.02	0.07	0.01	0.05	-0.02	0.04	-0.01	-0.05	-0.01
KY10	0.40	0.80	0.08	0.50	0.07	-0.02	0.08	0.01	0.07	-0.02	0.04	-0.01	-0.05	-0.01
KY9	1.90	3.50	0.38	1.50	0.26	0.03	0.23	0.04	0.25	0.06	0.18	0.02	0.13	0.02
KY8	0.60	1.00	0.10	0.60	0.07	-0.02	0.07	0.01	0.06	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY7	0.20	0.30	0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY6	0.30	0.50	0.04	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY5	0.80	1.80	0.17	0.70	0.14	-0.02	0.16	0.02	0.11	0.03	0.06	0.02	0.07	0.01
KY4	0.40	0.50	0.04	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY3	0.40	0.60	0.05	0.30	-0.05	-0.02	0.06	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY2	0.20	0.40	0.03	-0.3	-0.05	-0.02	0.06	-0.01	0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KY1	0.30	0.40	0.04	-0.3	-0.05	-0.02	0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
Ortalama	1.08	2.18	0.26	1.54	0.34	0.09	0.28	0.06	0.32	0.10	0.22	0.05	0.28	0.04
KS1-1	0.20	0.30	0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS1-2	0.10	0.10	-0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS1-3	0.30	0.40	0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS1-4	0.50	0.80	0.08	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS1-5	0.30	0.40	-0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS1-6	0.20	0.30	-0.02	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS1-7	0.40	0.60	0.06	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS1-8	2.10	3.80	0.34	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
Ortalama	0.51	0.84	0.10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
KS2-1	0.50	0.60	0.08	0.50	0.05	-0.02	0.08	0.02	0.05	0.03	0.03	0.02	-0.05	0.02
KS2-2	0.40	0.50	0.05	0.30	-0.05	-0.02	0.07	0.01	-0.05	-0.02	-0.03	0.01	-0.05	-0.01
KS2-3	0.50	0.70	0.07	0.50	0.07	-0.02	0.10	0.01	0.06	-0.02	0.05	0.01	-0.05	0.01
KS2-4	0.30	0.40	0.04	0.30	-0.05	-0.02	0.07	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS2-5	0.60	1.10	0.11	0.60	0.09	-0.02	0.12	0.02	0.07	0.02	0.06	0.01	-0.05	-0.01
KS2-6	0.50	0.90	0.07	0.40	0.05	-0.02	0.09	0.01	-0.05	-0.02	0.04	-0.01	-0.05	-0.01
KS2-7	2.40	4.90	0.53	2.20	0.41	0.06	4.46	0.09	4.46	0.09	2.27	0.04	2.23	0.03
KS2-8	3.20	7.00	0.83	3.50	0.57	0.11	6.53	0.09	6.48	0.09	3.31	0.04	2.22	0.03
KS2-9	1.90	3.60	0.37	1.40	0.29	0.06	6.25	0.05	6.17	0.05	6.14	0.03	6.10	0.03
KS2-10	0.50	0.90	0.08	0.50	0.06	-0.02	0.08	0.01	0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS2-11	0.30	0.30	0.03	-0.3	-0.05	-0.02	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.01
KS2-12	0.50	0.90	0.13	1.00	0.18	0.03	0.30	0.04	0.25	0.05	0.16	0.02	0.08	0.02
KS2-13	1.00	1.70	0.18	0.90	0.16	0.02	0.15	0.02	0.12	0.01	0.06	0.01	0.05	0.01
Ortalama	0.97	1.81	0.20	1.01	0.19	0.06	0.19	0.03	0.19	0.05	0.12	0.02	0.14	0.02
Ort.(Yerkabuğu) (1)	35.00	70.00	8.00	30.00	7.00	1.20	7.00	1.00	6.00	1.50	3.50	0.50	3.50	0.60

[(1) Krauskopf, 1989].



Şekil 7.20 Kırka Borat Örnekleri NTE Dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir)

7.3.4 Kırka borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi

Analizi yapılan örnekler KS1 ve KS2 sondajlarında çeşitli derinliklerden ve yüzeyde ortamı temsil edecek şekilde farklı yerlerden derlenen boratlardır. Bu bölümde, borat örneklerinin belirlenebilen elementler arasındaki korelasyonları incelenecektir. Bir kısmı boratların ana element bileşenleri arasında olan Si, Al, Fe, K, Mg, Ca gibi ana elementlerin birbirleriyle ve diğer eser elementlerle olan korelasyon ilişkileri ortamın jeokimyasal özelliklerini açıklamaya katkı sağlayabilecektir.

KS1 ve KS2 çökeltme ortamını farklı kesimlerine aittir. Yüzeyden derlenen örnekler ise hem farklı kesimlere aittir, hem de yüzey koşullarına maruz kaldıkları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

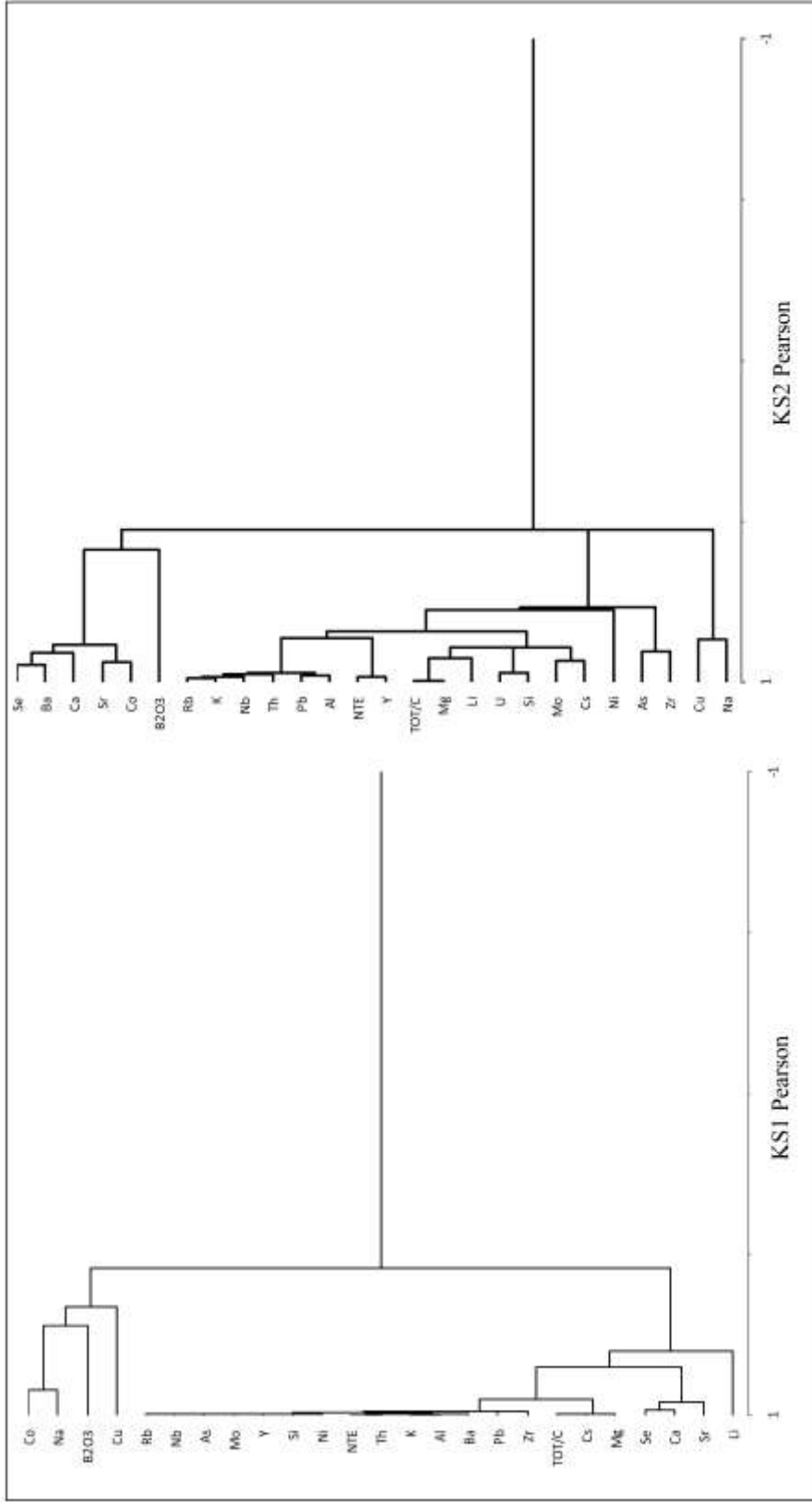
KS1 numaralı sondaj örneklerinin korelasyon analiz sonuçları önemli gruplaşmaları göstermektedir. **Si**; Al, Mg, K, Ba, Cs, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Pb, Ni, As, TOT/C ve NTE ile, **Al**; Si, Mg, K, Ba, Cs, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Pb, Ni, As, TOT/C ve NTE ile, **Mg**; Si, Al, K, Li, Ba, Cs, Nb, Rb, Th, Y, Mo, Pb, Ni, As, TOT/C ve NTE ile, **Ca**; Sr ve Se ile, **Na**; sadece Co ile, **K**; Si, Al, Mg, Ba, Cs, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Pb, Ni, As ve NTE ile,

TOT/C; *Si, Al, Mg, Li, Cs, Nb, Rb, Y, Mo* ve *Ni*, ile, kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **B** hiçbir elementle kuvvetli pozitif ilişki göstermemekte, sadece Na ile 0.52 pozitif ilişki göstermektedirler (Çizelge 7.15).

KS1 numaralı sondaj örneklerinde hesaplanan korelasyon katsayıları üç farklı grubu ortaya çıkarmıştır. Birinci grup ana elementlerden Si, Al, Mg ve K; eser elementlerden Li, Ba, Cs, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Pb, Ni, As, TOT/C ve NTE'den oluşmakta ve birbirleriyle çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedirler. Bu grubun ayrıca başta Ca olmak üzere Sr ve Se ile zayıf- çok zayıf pozitif ilişkisi vardır. Ca, Sr ve Se birbirleriyle kuvvetli pozitif ilişki gösteren ikinci grup olarak ortaya çıkmıştır. Ca, Sr ve Se üçlüsü Na ve Co ile negatif ilişki göstermekte olup özellikle Ca-Na arasındaki çok kuvvetli negatif ilişki dikkat çekmektedir. Na'un B₂O₃, Co ve Cu ile pozitif korelasyonu bu elementlerin üçüncü bir grup oluşturduğunu göstermektedir (Şekil 7.21).

Çizelge 7.15 KS1 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları

	B203	Si	Al	Mg	Ca	Na	K	Li	Ba	Co	Cs	Nb	Rh	Sr	Th	Zr	Y	Mo	Cu	Ph	Ni	As	Sa	TOTC	NTE
B203	1.00	-0.92	-0.76	-0.95	-0.56	0.52	-0.75	-0.64	-0.75	0.16	-0.92	-0.87	-0.86	-0.57	-0.76	-0.52	-0.84	-0.86	-0.18	-0.65	-0.36	-0.84	-0.67	-0.92	-0.75
Si		1.00	0.94	0.92	0.36	-0.37	0.93	0.49	0.89	-0.07	0.89	0.99	0.99	0.41	0.92	0.77	0.93	0.96	0.36	0.88	0.92	0.97	0.54	0.84	0.91
Al			1.00	0.73	0.33	-0.38	1.00	0.18	0.95	-0.15	0.69	0.97	0.98	0.40	0.99	0.89	0.95	0.96	0.34	0.98	0.87	0.97	0.52	0.62	0.99
Mg				1.00	0.28	-0.23	0.71	0.78	0.66	0.07	1.00	0.85	0.85	0.37	0.70	0.51	0.76	0.82	0.42	0.65	0.82	0.85	0.42	0.99	0.88
Ca					1.00	-0.99	0.34	-0.05	0.50	-0.62	0.20	0.38	0.33	0.76	0.41	0.17	0.53	0.44	-0.63	0.20	0.44	0.28	0.95	0.22	0.43
Na						1.00	-0.40	0.15	-0.56	0.63	-0.15	-0.41	-0.35	-0.75	-0.46	-0.25	-0.56	-0.47	0.64	-0.27	-0.45	-0.30	-0.95	-0.15	-0.49
K							1.00	0.14	0.95	-0.18	0.66	0.96	0.97	0.40	0.99	0.89	0.93	0.96	0.31	0.98	0.86	0.96	0.54	0.59	0.99
Li								1.00	0.11	0.36	0.82	0.37	0.37	0.01	0.13	0.00	0.24	0.30	0.45	0.10	0.42	0.36	0.01	0.86	0.10
Ba									1.00	-0.27	0.60	0.95	0.91	0.46	0.97	0.87	0.96	0.93	0.15	0.92	0.93	0.88	0.64	0.53	0.98
Co										1.00	0.13	-0.09	-0.13	-0.42	-0.26	0.13	-0.16	-0.14	0.43	-0.04	-0.09	-0.14	-0.61	0.10	-0.21
Cs											1.00	0.81	0.82	0.32	0.65	0.47	0.72	0.78	0.47	0.61	0.78	0.82	0.35	0.99	0.83
Nb												1.00	0.99	0.42	0.96	0.85	0.97	0.97	0.33	0.93	0.95	0.96	0.33	0.75	0.96
Rh													1.00	0.40	0.96	0.81	0.94	0.97	0.39	0.93	0.89	0.94	0.52	0.76	0.95
Sr														1.00	0.47	0.28	0.59	0.58	-0.16	0.31	0.46	0.43	0.65	0.35	0.47
Th															1.00	0.87	0.95	0.96	0.28	0.96	0.88	0.95	0.58	0.58	0.99
Zr																1.00	0.85	0.83	0.35	0.95	0.78	0.79	0.32	0.38	0.90
Y																	1.00	0.98	0.19	0.91	0.94	0.91	0.65	0.66	0.97
Mo																		1.00	1.00	0.92	0.92	0.58	0.58	0.72	0.96
Cu																			1.00	0.41	0.29	0.47	-0.54	0.45	0.23
Ph																				1.00	1.00	0.84	0.92	0.39	0.52
Ni																					1.00	1.00	0.51	0.23	0.89
As																						1.00	0.46	0.77	0.93
Se																							1.00	0.34	0.60
TOTC																								1.00	1.00
NTE																									1.00



Şekil 7.21 KS1 ve KS2 örneklerine ait dendrogram

KS2 numaralı sondaj örneklerinin korelasyon analiz sonuçları önemli gruplaşmaları göstermektedir. **Si**; *Mg, K, Li, Cs, Rb, Th, U, Mo* ve *TOT/C* ile, **Al**; *K, Cs, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Pb, As* ve *NTE* ile, **Mg**; *Si, Li, Cs, U* ve *TOT/C* ile, **Ca**; Sadece *Se* ile, **Na**; sadece *Cu* ile, **K**; *Si, Al, Cs, Nb, Rb, Th, Zr, Mo, Pb, As* ve *NTE* ile, **TOT/C**; *Si, Mg, Li* ve *Th* ile, kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **B** hiçbir elementle kuvvetli pozitif ilişki göstermemektedir (Çizelge 7.16).

Yapılan kümeleme analizi (Şekil 7.21) esas olarak 3 grup element varlığını göstermektedir. Birinci grup Na ve Cu'dan oluşmaktadır. İkinci grup Ca, Se, Ba, Sr ve Co'dan oluşmaktadır (B_2O_3 , ise bu gruplara çok zayıf ilişkilerle bağlanabilmektedir). Üçüncü grup ise (As, Zr); (Rb, Nb, K, Th, Pb, Al); (NTE, Y); (Li, Mg, U, TOT/C, Si, Mo ve Cs) alt gruplarının oluşturduğu büyük grup olarak gözükmemektedir.

Çizelge 7.16 KS2 sondaj örnekleri korelasyon katsayıları

	KS03	Si	Al	Mg	Ca	Ns	K	Li	Ba	Co	Cu	Nb	Rb	Sr	Th	U	Zr	Y	Mn	Cu	Pb	Ni	As	Se	TOTC	NTE
KS03	1.00																									
Si		1.00																								
Al			1.00																							
Mg				1.00																						
Ca					1.00																					
Cu						1.00																				
Ns							1.00																			
K								1.00																		
Li									1.00																	
Ba										1.00																
Co											1.00															
Cu												1.00														
Nb													1.00													
Rb														1.00												
Sr															1.00											
Th																1.00										
U																	1.00									
Zr																		1.00								
Y																			1.00							
Mn																				1.00						
Cu																					1.00					
Pb																						1.00				
Ni																							1.00			
As																								1.00		
Se																									1.00	
TOTC																										1.00
NTE																										1.00

Yüzey örneklerinde (KY) ana elementler arasına Fe'de katılmıştır. Birkaç elementte ve katsayı büyüklüğünde KS1 ve KS2'den farklılıklar bulunmasına rağmen yüzey örneklerinde de benzer korelasyonlar belirlenmiştir.

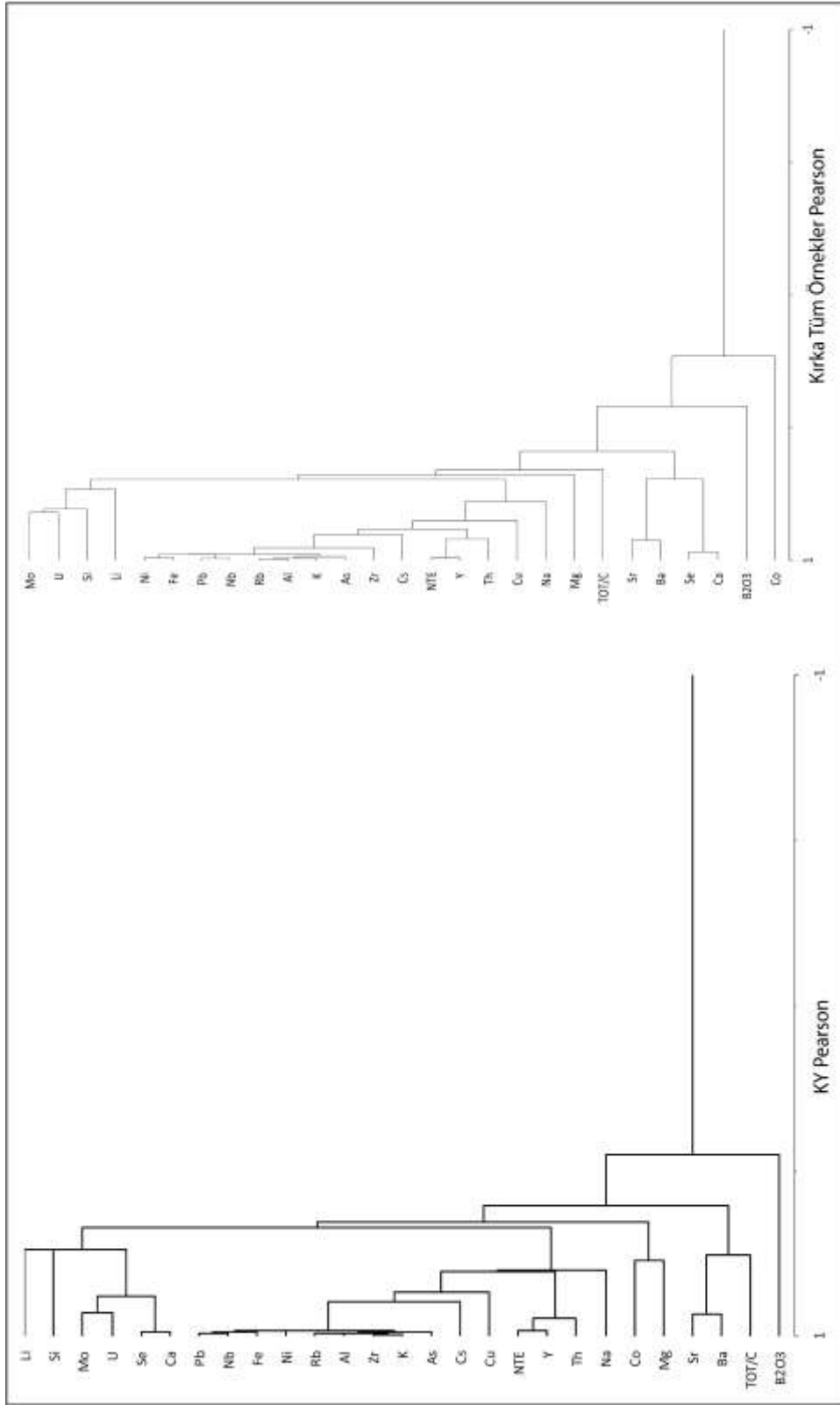
Ana elementlerden **Si**; *Al, K, Li, Nb, Rb, Mo, Pb* ve *As* ile, **Al**; *Si, K, Na, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni* ve *As* ile, **Fe**; *Al, K, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As* ve *NTE* ile, **Ca**; *Sr, U, Mo* ve *Se* ile, **Ti**; *Si, Mg, Al, Fe, K, Na, P, Cr, Cu, Zn, As, Rb, Zr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Hg, Pb, U, Co, Li, Y, Ni, TOT/S, TOT/C* ve *NTE* ile, **K**; *Si, Al, Fe, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni* ve *As* ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **B, Mg, Na** ve **TOT/C** hiçbir elementle kuvvetli pozitif ilişki göstermemektedir (Çizelge 7.17).

Sözü edilen bu korelasyon ilişkilerine göre KS1 ve KS2'ye benzeyen 3 grup ortaya çıkmaktadır. Birinci grup Si, Al, Fe ve K'un içerisinde bulunduğu yukarıda sayılan eser elementlerin oluşturduğu grup, İkincisi Ca, Se, U ve Mo grubu ve üçüncüsü ise Na, Cu ve Cs grubudur (Şekil 7.22). B₂O₃, TOT/C, Ba, Sr, Na, Mg ve Co Ba ile çok zayıf pozitif ilişki göstermekte olup, diğerleriyle bir ilişkisi söz konusu değildir.

Başta Si ve Al olmak üzere Fe, K, Na gibi ana elementler genel olarak karasal kökeni (detritik) ve killere bağlı hareketi (taşınma ve çökelmeyi) işaret eder. KS1, KS2 ve KY örneklerinin korelasyonlarında Si, Al, Mg ve K arasında kuvvetli çok kuvvetli pozitif ilişki olması bunların killere bağlı olduğunu göstermektedir. Birlikte hareket etikleri diğer eser elementler içinde aynı açıklama geçerlidir.

Çizelge 7.17 KY yüzey örneklere korelasyon katsayıları

	B203	Si	Al	Fe	Mn	Ca	Ni	K	Li	Rb	Co	Cs	Nb	Bi	Sr	Th	U	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Ni	Al	Sr	TOTC	NTE
B203	1.00	-0.63	-0.01	0.04	-0.54	-0.37	0.38	-0.03	-0.75	0.23	-0.14	0.01	-0.08	-0.04	0.17	-0.02	-0.55	-0.96	0.01	-0.50	0.14	-0.07	0.03	-0.03	-0.44	0.16	0.02
Si		1.00	0.65	0.59	0.12	0.47	-0.12	0.05	0.71	-0.13	0.12	0.37	-0.62	0.69	0.90	0.34	0.51	0.79	0.30	0.68	0.30	0.60	0.51	0.64	0.58	-0.05	0.78
Al			1.00	0.90	-0.21	-0.01	0.03	0.97	0.85	-0.07	0.11	0.50	0.83	0.97	-0.98	0.42	0.02	0.83	0.43	0.11	0.56	0.77	0.78	0.99	0.02	0.09	0.53
Fe				1.00	-0.16	0.06	-0.04	0.90	0.83	-0.09	0.20	0.46	0.96	0.95	-0.84	0.39	0.11	0.79	0.54	0.16	0.39	0.43	0.69	0.93	0.10	0.03	0.65
Mn					1.00	0.37	-0.31	-0.25	-0.06	-0.14	0.30	-0.13	-0.10	-0.25	-0.69	0.10	0.36	-0.22	-0.01	0.24	-0.38	-0.38	-0.20	-0.24	0.14	0.12	-0.09
Ca						1.00	0.32	0.01	0.39	0.34	0.12	0.98	0.13	0.05	0.79	0.37	0.65	0.06	0.25	0.69	-0.26	0.18	0.05	0.13	0.06	0.25	0.37
Ni							1.00	0.07	0.22	-0.03	0.07	0.32	0.71	0.02	-0.37	-0.44	0.08	0.40	-0.29	-0.38	0.87	-0.13	0.05	0.02	-0.48	-0.37	-0.25
K								1.00	0.07	-0.03	0.07	0.32	0.71	0.02	-0.37	-0.44	0.08	0.40	-0.29	-0.38	0.87	-0.13	0.05	0.02	-0.48	-0.37	
Li									1.00	0.07	-0.03	0.07	0.32	0.71	0.02	-0.37	-0.44	0.08	0.40	-0.29	-0.38	0.87	-0.13	0.05	0.02	-0.48	
Rb										1.00	-0.08	-0.06	-0.14	-0.09	0.94	-0.15	-0.17	-0.86	-0.07	-0.08	-0.18	-0.11	-0.12	0.06	0.24	0.54	-0.09
Co											1.00	0.08	0.16	0.09	0.60	0.24	0.09	0.84	0.08	0.24	-0.22	0.31	0.08	0.02	0.03	0.23	0.68
Cs												1.00	0.71	0.65	-0.30	0.20	0.09	0.79	0.17	0.05	0.46	0.69	0.77	0.65	0.07	0.19	
Nb													1.00	0.90	0.85	0.70	0.24	0.72	0.63	0.22	0.57	0.93	0.93	0.19	0.05	0.70	
Bi														1.00	-0.68	-0.48	0.06	0.91	0.50	0.13	0.65	0.83	0.89	0.10	0.09	0.63	
Sr															1.00	0.05	0.05	0.31	0.87	0.28	0.68	0.73	0.99	0.49	0.57	0.11	
Th																1.00	0.45	0.31	0.87	0.28	0.68	0.73	0.99	0.49	0.57	0.11	
U																	1.00	-0.02	0.24	0.65	-0.26	0.26	0.10	0.14	0.71	-0.12	
Zr																		1.00	0.40	-0.02	0.39	0.63	0.71	0.43	-0.01	0.11	
Y																			1.00	0.10	0.14	0.59	0.59	0.58	0.42	0.35	
Mo																				1.00	0.10	0.14	0.59	0.59	0.58	0.42	0.35
Cu																					1.00	0.10	0.14	0.59	0.59	0.58	0.42
Pb																						1.00	0.10	0.14	0.59	0.59	0.58
Ni																							1.00	0.10	0.14	0.59	
Al																								1.00	0.10	0.14	
Sr																									1.00	0.10	
TOTC																										1.00	
NTE																											1.00



Şekil 7.22 KY ve Kırka tüm örneklerine ait dendrogram

Tüm örnek grupları için çizelge 7.18'deki veriler ana elementlerden Si, Al, Fe ve K arasında kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyon bulunduğunu göstermektedir. Eser elementlerden Cs, Nb, Rb, Zr, Ni, Pb, As ve NTE de bu grupla ve kendi aralarında pozitif korelasyona sahiptir. Si bu grupla ilişkisi olmayan Li ve Mo ile kuvvetli, Mg, Ca ve U ile zayıf pozitif korelasyon göstermektedir. Bu durum Si'nin iki farklı kaynakla olan bağlantısını işaret edebilir. Öncelikle Si'nin Al ile birlikte kimyasal alterasyona karşı duraylı olduğu ve detritik kökeni gösterdiği (Boggs 2009, Fu vd. 2011) dikkate alındığında bunların karasal ortamdan göl ortamına killer vasıtasıyla taşındığı ileri sürülebilir. Buna göre Cs, Nb, Rb, Zr, Ni, Pb, As ve NTE de ortama killerle taşınmış olmalıdır. Si'nin bir kısmı ise göl ortamına Li'li silikatların alterasyon ürünü olarak silisik asit halinde taşınabilir (Krauskopf 1989).

Mg ve Ca bu elementlerden farklı davranış göstermektedir. Mg'nin Si ile çok zayıf (0.29) pozitif, Na ile kuvvetli (-0.57) negatif korelasyonu vardır. Ca ise Se ile çok kuvvetli pozitif, Na ile kuvvetli (-0.67) negatif korelasyona sahiptir. Ca'nin ayrıca Sr, U ve Mo ile zayıf pozitif korelasyonu bulunmaktadır. Ca ve Mg'un detritik kökenli grupla ilişkisinin bulunmaması bu elementlerin en yakın olarak karbonatlarla ilgili olabileceğini gösterir. Si ile zayıf pozitif korelasyonu Mg'nin bir kısmının silikatik kökenini gösterebilir.

Na çok zayıf olsa da (0.27) B_2O_3 ile pozitif ilişkisi olan tek ana elementtir. Na eser elementlerde de sadece Cu ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. Na'nın Ca ve Mg ile olan negatif korelasyonundan yukarıda söz edildi ve diğer eser ve ana elementlerle de genelde çok zayıf negatif ilişki sergiler.

B_2O_3 'ün ana elementlerden Si ve Mg ile, eser elementlerden Li ile kuvvetli negatif, Ca ve K ile çok zayıf, U ve Mo ile zayıf negatif; sadece Na ile çok zayıf pozitif korelasyonu bulunmaktadır. Bu veriler Na ve B_2O_3 'ün killerle ve karbonatlarla ilişkisi olmadığını, volkanizmanın ürettiği hidrotermal çözeltiler ve ekshalasyonlarla ortama katıldıklarını gösterebilir.

Çizelge 7.18 Kırka boratları tüm örneklerin korelasyon katsayıları

	TOFC	B203	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Nr	K	Li	Ba	Co	Cs	Nb	Rb	Sr	Th	U	Zr	V	Mo	Cu	Pb	Ni	As	Se	NTE	
TOFC	1.00																											
B203		1.00																										
Si			1.00																									
Al				1.00																								
Fe					1.00																							
Mg						1.00																						
Ca							1.00																					
Nr								1.00																				
K									1.00																			
Li										1.00																		
Ba											1.00																	
Co												1.00																
Cs													1.00															
Nb														1.00														
Rb															1.00													
Sr																1.00												
Th																	1.00											
U																		1.00										
Zr																			1.00									
V																				1.00								
Mo																					1.00							
Cu																						1.00						
Pb																							1.00					
Ni																								1.00				
As																									1.00			
Se																										1.00		
NTE																											1.00	

TOT/C ile hiçbir elementin kuvvetli bir korelasyonu yoktur. Si, Mg, Ca, Ba ve Sr ile zayıf pozitif; B₂O₃ ve Na ile zayıf negatif korelasyonu vardır. Ca ve Mg ile zayıf pozitif korelasyonu TOT/C'deki karbonun bir kısmının karbonatlarla ilgili olduğunu belirtir. Si'in TOT/C ve Ca ile zayıf pozitif, ayrıca Al ile kuvvetli pozitif korelasyonu kökeninin tek olmadığını, hem kil grubuyla hem de karbonatlarla ilişkili olduğunu işaret eder.

Bollukları YKO'ya ve AO'ya göre büyük artışlar gösteren Se, Li, As, Cs ve Sr'nin korelasyonları bunların kökensel ilişkilerini işaret etmektedir. Se'in Ca ile çok kuvvetli, Li'nin Si ile kuvvetli, As ve Cs'nin kil grubu elementlerle (Al, Fe, K...) kuvvetli-çok kuvvetli korelasyonları belirlenmiştir (Çizelge 7.18). Bunların negatif korelasyonları ve kümeleme analizinde (Şekil 7.22) belirlenen gruplar da göz önüne alındığında; As ve Cs'nin kil grubuyla, Se ve Sr'un karbonatlarla, Li'nin ise Si ile birlikte hareket ettiği ortaya çıkmaktadır.

Korelasyon katsayılarından yararlanılarak yapılan kümeleme analizi (Pearson) elementlerin 3 grup oluşturduğunu göstermektedir (Şekil 7.22). Birinci grup Al, Fe, K, Cs, Nb, Rb, Zr, Ni, Pb, As olup, bunlara daha düşük katsayılarla NTE, Y, Th ve Cu'da eklenebilir. İkinci grup Ca, Se, Ba ve Sr'den, üçüncü grup ise Si, U, Mo ve Li'den oluşmaktadır.

7.3.5 Kırka borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri

Korelasyon katsayısı değerlendirmelerinde (Çizelge 7.15-7.17) ve kümeleme diyagramlarında (Şekil 7.21-7.22) görüleceği üzere; KY, KS1 ve KS2 örneklemelerinden genel olarak üç farklı element grubu ortaya çıkmıştır.

Birinci grup Na ve Cu olup bu ikisine KY'de Cs, KS1'de Co dâhil olmuştur. İkinci grup Ca, Se ve Sr'dan oluşmakta ve bunlara KY'de Mo, U ve Ba; KS2'de ise Co ile Ba eklenmiştir.

Üçüncü grup Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li ve NTE'den oluşmaktadır. Bu gruba sadece KY'de Co, KS1 ve KS2'de Th ve Mo, KS1'de Ba katılmaktadır. NTE, KY ve KS2'de grup olarak bulunmakta fakat KS1'de sadece Ce, La ve Pr belirlenebildiğinden diğerleri yer almamaktadır.

Bu bölümde jeokimyasal olarak birlikte hareket ettikleri belirlenen elementlerin çökelme ortamının çeşitli derinliklerindeki davranışları incelenmektedir. Bunun için kümeleme analizinde ortaya çıkan grupların diyagramları ayrı ayrı çizilmiştir. Bu diyagramlarda hem elementlerin birbirleriyle olan korelasyonları izlenebilmekte hem de derinlik değişimlerine göre bolluklarındaki değişimler görülebilmektedir. Ancak her örnek grubu (KY, KS1, KS2) farklı derinlikleri temsil ettiklerinden birbirleriyle karşılaştırma yapılamamıştır. Her sondaj kendi örnek derinlikleri için anlamlıdır. Bu yüzden üç farklı örnekleme için bir genelleme yapmak mümkün olmamıştır.

İnceleme alanında KY yüzey örnekleri 1050 m ile 1096 m'ler arasında derlenmiştir. Örnekleme maden ocağının orta kesiminde ve en alt seviyesinden başlanmış ve cevherin üst zonlarına, aynı zamanda ortamın kenarlarına doğru gidilerek toplanmıştır.

Şekil 7.23'de KY örneklerinin birinci grubunun derinliğe bağlı değişimleri görülmektedir. Burada diğer örnekleme örneklerinden farklı olarak Na, Cu grubuna Cs katılmıştır. Bu elementler arasında pozitif korelasyonlar vardır. Na-Cu (0.67), Cu-Cs (0.66), Na-Cs (0.16) bulunan bu korelasyonlar derinliğe bağlı değişimlerde de özellikle Na ile Cu arasında görülmektedir. Na bolluğu 1079 m'ye kadar % 0-5, Cu ise 0-1.0 ppm aralıklarında değişirken bu derinlikten itibaren her iki element bolluğunda da büyük artışlar olmuştur. 1050-1079 m'ler arasında Na % 8-13, Cu 1.0-3.0 ppm aralığında yükselmiştir. Cs'nin 1060.5 m'deki 962.4 ppm'lik yükselişi ve 1077 m'deki 163.6 ppm'lik piki hariç tutulursa tüm derinliklerde 0-100 ppm arasında kalarak Na ve Cu gibi derinlik arttıkça artmadığı görülmektedir.

İkinci grup olan Ca, Se, Sr'ye KY'de Mo, U ve Ba da katılmaktadır. Bunların değişim diyagramlarında (Şekil 7.23) ilk bakışta 1076-1096 m'ler arasında element bolluklarının

diğer derinliklere göre daha fazla olduğu göze çarpmaktadır. Sadece Ba bu genel eğilime uymamaktadır. Bu derinliklerde Ca % 1-9.6, Se 1.0-10.3 ppm, Mo 0.1-0.7 ppm, U 0.1-0.3 ppm, Sr 0.10-12000 ppm aralıklarında değişmektedir. 1076 m'den itibaren bolluklarda büyük düşüşler görülmüştür. 1054-1076 m'ler arasındaki değişim aralıkları Ca % 0.08-2, Se 0.6-5.3 ppm, Mo 0.1-0.2 ppm, U 0.1-0.2 ppm şeklindedir. Bu gruba dâhil elementlerin bolluklarında 1054 m'den daha derinlere gidildikçe yeniden bir artma görülmektedir. Örneğin Ca % 5.7, Se 6.6 ppm, Mo 0.7 ppm, U 0.3 ppm'e kadar yükselmiştir.

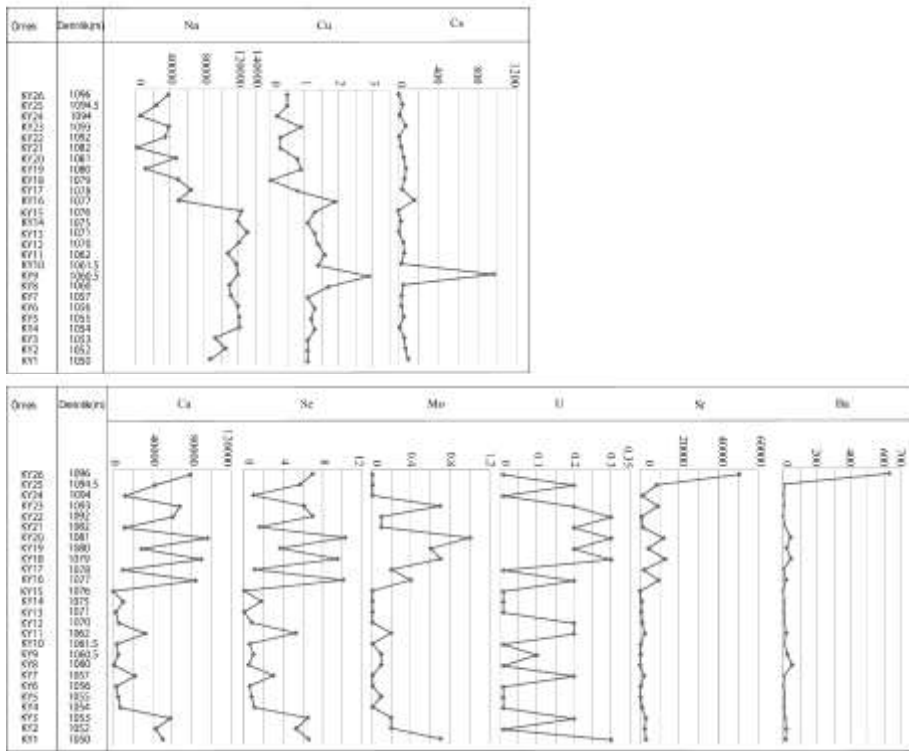
Ba ve Sr'un eğrileri birbirleriyle diğerlerinden daha fazla benzerliğe sahiptir. Özellikle 1075 m'den daha derinliklerde bu benzerlik artmaktadır. 1075-1096 m'ler arasında Sr % 1-5 daha derinlerde % 0.04-0.2; Ba ise sırasıyla 3-626 ppm ve 4-52 ppm değerlerini almışlardır. Bu değerler Ba ve Sr'daki derinliğe bağlı önemli düşüşleri göstermektedir.

Üçüncü grup olarak beliren (Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li ve NTE) elementlere KY örneklerinde Co'da dâhil olmuştur (Şekil 7.24). Sağdaki şekil değişimlerin birebir aynı olduğu NTE ve onlara eklenen Y'un değişimlerini göstermektedir. Bu eğrilerde 1077 m ve 1094 m'deki pikler hariç tutulursa NTE'nin 0.01-23.8 ppm arasında değişen değerlere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu elementler 1055 m'den daha derinlerde üst seviyelere göre bariz bir azalma göstermektedir. 1077 ve 1094 m'de görülen pikler NTE'nin bu derinliklerde yaklaşık 10 kat arttığına işaret etmektedir.

Şekil 7.24, soldaki eğrilerde K, Zr, Al, Rb, Pb, Nb, Fe, As ve Ni'in derinliğe bağlı davranışları hemen hemen aynıdır. 1077-1096 m'ler arasındaki 10 örnekte bu elementler sonraki derinliklere göre daha dar bir aralıkta azalıp çoğalmaktadır. 1077 m'deki ilk büyük pikle başlayan daha geniş aralıktaki değişimler 1060 m'deki ikinci büyük pikle son bulmaktadır. 1060 m'den daha derinlerde bu elementlerde belirgin bir değişim görülmemektedir.

Derinliğe bağlı değişimlerde üçüncü gruba ait olan Co, Mg, Li ve Si yukarıda açıklananlarda biraz daha farklı davranmaktadır. Örneğin birbirine benzer şekilde Si ve Li'nin bollukları tüm derinliklerde diğer elementlerden daha büyük değişim pikleri göstermektedir. 1096 m'den 1077 m'ye kadar artan (% 3) Si 1076 m'de en düşük seviyeye (% 0.05) inmekte, sonraki derinliklerde yeniden artarak 1060 m'de en yüksek değere (% 3.1) ulaşmaktadır. Bu derinlikten itibaren yeniden önce bir azalma ve sonra tekrar bir artma göstermektedir.

Li'nin önce 1081 m'ye kadar artmakta (617.80 ppm) sonra 1076 m'de 154 ppm'e kadar düşmekte ve tekrar inişli çıkışlı bir artışla en yüksek değerine (791.8 ppm) ulaşmaktadır. Mg ilk 10 örnekte (1096-1077 m) en fazla bolluk değerlerine sahip olup değişim aralıkları da derin olan kesimlere göre daha fazladır. Mg miktarı 1077 m'den 1056 m'ye kadar yaklaşık % 9'dan % 0.02'ye kadar düşmüş ve bu derinlikten sonra tekrar artarak 1050 m'de % 4.3'e ulaşmıştır. Mg'un bu genel değişimine benzeyen Co ilk derinliklerde 4.9 ppm değerinden 0.2 ppm'e kadar düşmüş, 1050 m'den sonra da Mg'daki gibi artmamıştır.



Şekil 7.23 Kırka KY örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri

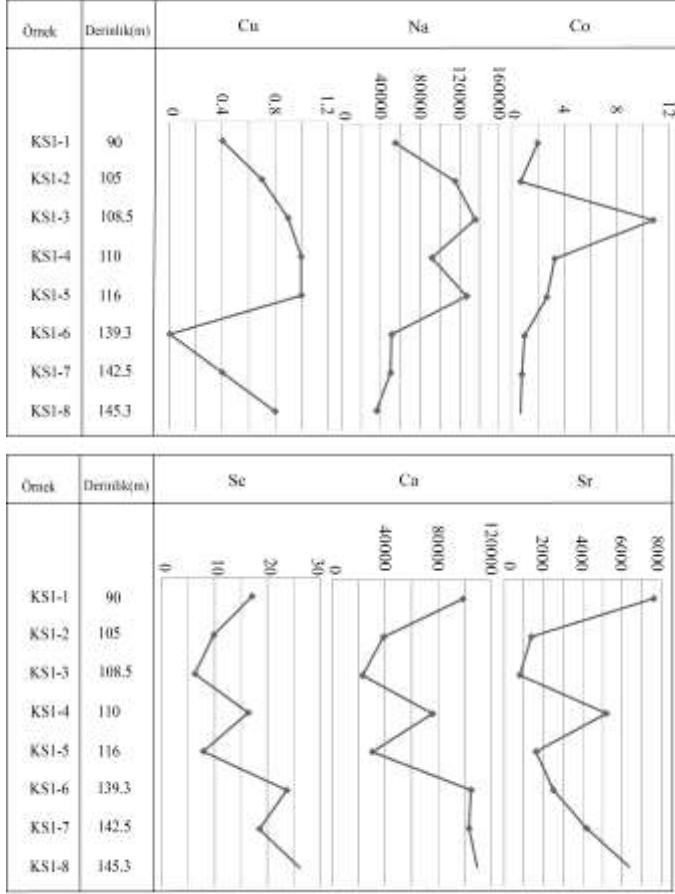
KS1 sondajı Kırka açık işletme alanının kuzeybatısında yapılmıştır. Bu sondaja ait karotlarda cevherleşme 90-145 m'ler arasında kesilmiştir. Örnekler boratların farklı renk ve doku gösteren seviyelerinden derlenmiştir. Böylelikle farklı olması muhtemel kimyasal özelliklerin inceleme kapsamında kalması sağlanmıştır.

Şekil 7.25'de birinci grubun (Na, Cu) ve buna eklenen Co'nun derinliğe bağlı değişimleri görülmektedir. Na-Cu (0.64), Na-Co (0.63) ve Co-Cu (0.43) çiftleri arasında pozitif korelasyonlar vardır (Çizelge 7.15). Na ile Cu'nun değişim eğrileri 139.3 m'ye kadar (110 m'deki zıtlık hariç) birbirine benzemektedir. 90 m'den itibaren Cu önce 0.4 ppm'den 1.00 ppm'e (116 m) kadar yükselmiş sonra hızla 139.3 m'de 0.1 ppm'in altına düşmüştür. Na ise 90 m'de % 5.5'den % 14'lere kadar artarak; 139.3 m'de Cu gibi azalarak % 5'e düşmüştür. Bu derinlikten sonra Cu 0.8 ppm'e kadar artmıştır, Na ise düşmeye devam ederek % 3.8'e inmiştir. Co'nun eğrisi Cu'a nazaran Na'a daha çok benzemektedir. Co'nun en fazla (10.8 ppm) olduğu derinlik Na'daki gibi 108.5 m'dir. Sonraki derinliklerde devamlı azalarak 145.3 m'de 0.7 ppm seviyelerine inmiştir.

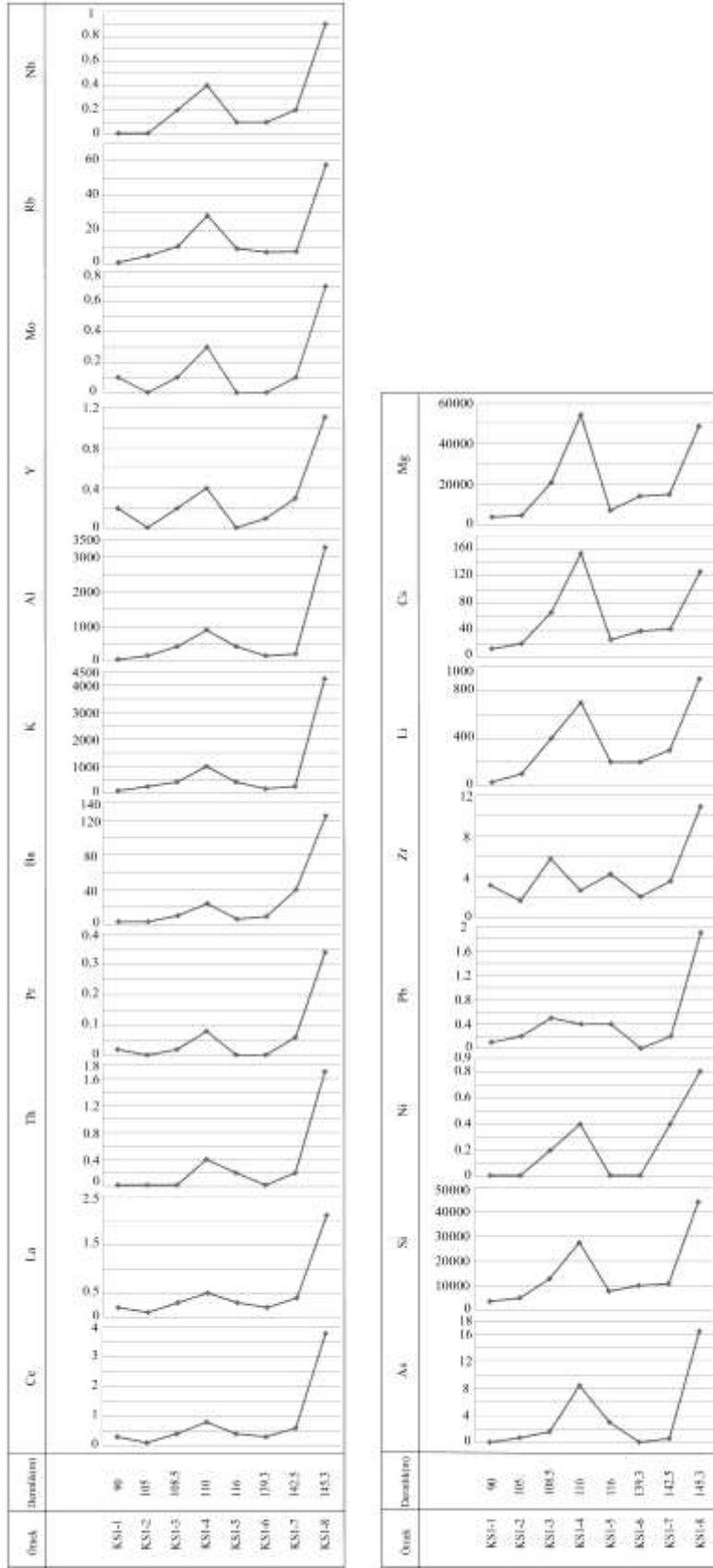
İkinci grup olan Ca, Se, Sr'un derinliğe bağlı değişimleri birbirine çok benzemektedir (Şekil 7.25). Bunların arasında çok kuvvetli korelasyonlar vardır (Çizelge 7.15). Gruptaki elementler 90 m'den 108.5 m'ye kadar azalarak Sr 7603 ppm'den 813 ppm'e; Ca % 9.8'den % 2.3'e; Se 17.1 ppm'den 6.2 ppm'e kadar düşmektedir. 110 m'de üç elementte de bir artma (Sr 5207 ppm, Ca % 7,6 ve Se 16.4 ppm) 116 m'de ise bir düşme gerçekleşmiş ve sonraki derinliklerde artarak en yüksek değerlerine (Sr 6349 ppm, Ca % 11, Se 26.2 ppm) ulaşmıştır. Şekil 7.26 üçüncü grup (Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li, Th ve Mo) elementlerin derinliğe bağlı değişimlerini göstermektedir. Diyagramlar arasında NTE grubundan Ce, La ve Pr'da bulunmaktadır. Ayrıca bu gruba KY ve KS2'den farklı olarak Ba'da katılmıştır.

Üçüncü grup elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri genel eğilim olarak birbirine çok benzemektedir. Bunlar arasında kuvvetli-çok kuvvetli korelasyonlar bulunduğu çizelge 7.15'de açıklanmıştır. Şekil 7.26'da Pb ve Zr hariç tüm elementlerde 90 m'den 110 m'ye kadar bir artış bulunduğu; 110 m'deki pikten sonra tekrar eski değerlere

düşüldüğü ve 139,3 m'den itibaren başlayan artışın 145,3 m'de en yüksek değere ulaşıldığı görülmektedir. Pb ve Zr diğerlerinin aksine 110 m'de bir azalmaya uğramış olup diğer derinliklerde benzer hareket etmişlerdir.



Şekil 7.25 Kırka KS1 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağılı değişimleri



Şekil 7.26 Kırka KS1 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri

KS2 örnekleri Kırka açık işletme alanının batısında yer alan bu sondajın örneklemeleri 162-312 m'ler arasında yapılmıştır.

Aralarında 0.61'lik korelasyon (Çizelge 7.16) olan Na ve Cu'nun derinliğe bağlı değişim eğrileri 265 m'ye kadar birbirine çok benzemektedir (Şekil 7.27). 163 m'de Cu 0.4 ppm, Na % 0.01 seviyesinde olup buradan 200-210 m'lere kadar artmışlar ve en yüksek değere (Cu 1.6 ppm, Na % 12.3) ulaşmışlardır. Sonraki derinliklerde biraz farklı olmakla birlikte her iki element de giderek azalmıştır. 265 m'de Cu'da kısmi bir artış görülürken, Na % 0.1'e kadar düşmüştür. Bu derinlikten sonra da Na ve Cu birbirlerine göre ters hareket etmekte, örneğin 312 m'de Cu artarken (0.8 ppm) Na azalmaktadır (% 3.6).

İkinci grup (Şekil 7.27) Ca, Se, Sr'a ek olarak Ba ve Co'tan oluşmaktadır. Birbirleriyle kuvvetli korelasyon gösteren bu elementlerden sadece Ca-Co arasında zayıf pozitif (0.53) bir ilişki vardır (Çizelge 7.16). Tüm derinliklerde değişimleri birbirine en çok benzeyenler Ca ve Se'dur. Bunlar 163 m'de en yüksek değerler olan Ca % 17 ve Se 47.4 ppm'den 210 m'de en düşük değerlere Ca % 3.2'ye, Se 3.1 ppm'e düşmektedir. Daha sonra 265 m'ye kadar artış gösteren Ca ve Se bu derinlikte bir pik yaparak azalma eğilimine geçmekte ve 312 m'de çok hafif artma göstermektedir. İkinci grubun diğer elementleri de 263-210 m'ler arasında Ca ve Se'un davranışına uymaktadır. Ancak 210-265 m'ler arasında Ba, Sr ve Co'nun eğrileri Ca ve Se'a karşı büyük oranda ters hareket etmektedirler. Ba, Sr ve Co özellikle 235 m'den sonra devamlı azalma eğilimi göstermektedir. Genel olarak aradaki iniş ve çıkışlar ihmal edilirse ikinci grup elementlerin 163 m'den 312 m'ye doğru azaldığı söylenebilir.

Korelasyonlarda (Çizelge 7.16) üçüncü grup olarak ortaya çıkan elementlerin (Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li, Th, Mo ve NTE) derinliğe bağlı değişimleri Şekil 7.28'de gösterilmiştir. Bu gruba KY ve KS1'de olmayan U'da dâhildir. Çok fazla element olan bu grupta genel bir eğilim olarak tüm elementler ilk derinliklerde (163-235 m'ler) daha az miktarlardayken özellikle 235-265 m'ler arasında olmak üzere derinlerde daha yüksek değerler almışlardır. Bu anlamda birbirlerine en çok benzeyen elementler

Al, Pb, Th, K, Nb ve Rb'dir. Bu genellemeye şekil 7.28'in sol tarafındakiler de As ve Zr ilk derinliklerde (163-235 m'ler) uymamaktadır. Bu iki element 163 m'de As 5.3 ppm, Zr 4.4 ppm olarak en yüksek bollukta olup bu bolluklar 225 m'ye kadar azalmaktadır.

Üçüncü gruba ait olan Si, Li, Mg, U, Mo ve Cs öncekilere benzemekle birlikte genel eğilimi bozmayan fakat bazı derinliklerde bire bir benzer davranmayan bir topluluktur. Bunların birbirleriyle özellikle 163-225 m'ler arasındaki korelasyonlarında terslikler bulunmaktadır. Örneğin Si'nin azaldığı derinliklerde Mo ve Cs artmaktadır. Si ile Al genel eğilime uymakla birlikte 163-235 m'ler arasında biri artarken diğeri azalmaktadır. Bu elementler 265 m'den daha derinlerde özellikle 312 m'deki artışları ile hem birbirlerine hem de öncekilere daha çok benzemektedir.

Element bolluklarındaki derinliğe göre artışlar parantez içindeki birinci değer 163 m, ikinci değer 225-265 m'ler olmak üzere şöyledir: Al (212; 2011 ppm), Pb (0.4; 2 ppm), Th (0.2; 1.0 ppm), K (83; 2075 ppm), Nb (0.1; 0,5 ppm) ve Rb (1.9; 24.9 ppm).

163 m'de As 5.3 ppm, Zr 4.4 ppm'lik en yüksek değerlerindedir. Bu iki element 175-200 m'lerde büyük bir azalma ile sırayla As 1.0 ppm, Zr 1.4 ppm'e kadar düşmüşler ve artan derinlikte yeniden yükselerek 235-255 m'lerde As 5 ppm, Zr 3.6 ppm'e ulaşmışlardır. Daha sonra büyük bir azalma ile 300 m'de en düşük değerlere (As 0.5 ppm; Zr 1.0 ppm) düşmüşlerdir. 312 m'de ise yeniden artış göstererek As 3.5 ppm, Zr 4.1 ppm'e yükselmiştir.

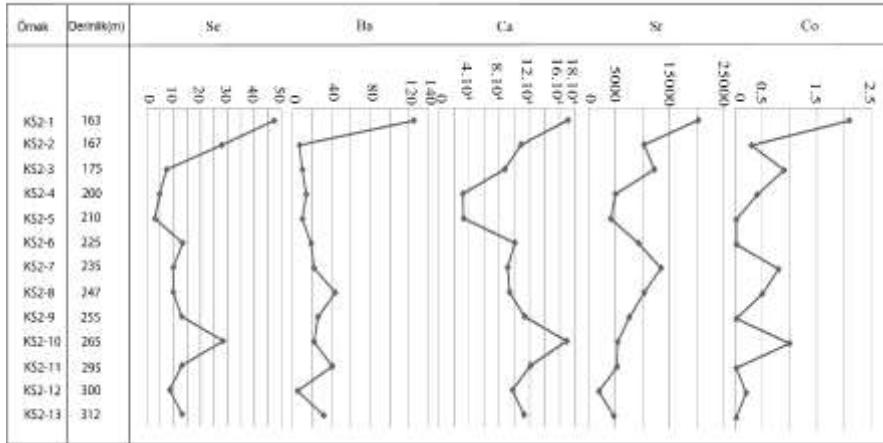
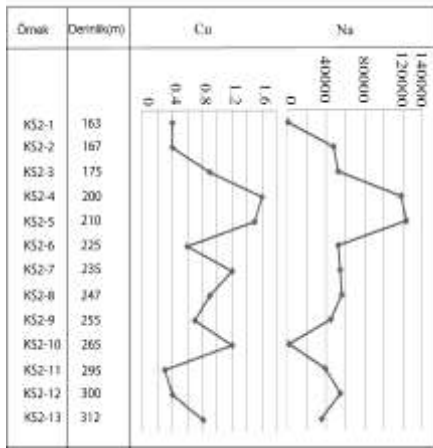
Şekil 7.28'in sağ tarafında görülen NTE'de genel olarak yukarıda açıklanan eğilimler çerçevesinde ait olduğu gruba uygun hareket etmektedir. NTE, Al ve Pb ile kuvvetli pozitif; K ile pozitif; As, Zr, Th, Rb ve Nb ile zayıf pozitif; Y ile çok kuvvetli pozitif korelasyonlara sahiptir (Çizelge 7.16). Y dahil tüm NTE'ler 163-225 m'lerde düşük fakat 225-255 m'lerde en yüksek değerleri almaktadır. 265-295 m'ler arasında yeniden en düşük seviyeye inen NTE'ler 300 m'de artmakta ve 312 m'de biraz azalmaktadır.

Elementlerin jeokimyasal davranışlarının çökelme ortamının derinliğine bağlı olarak nasıl değiştiği buraya kadar ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu davranışlarda çökelme ortamının farklı kesimlerini temsil eden KY, KS1 ve KS2 örneklerine göre aynı element grubunda farklı eğilimler belirlenmiştir. Örneğin KY örneklerinde Na ve Cu'nun derinlik arttıkça bolluklarında artış görülmektedir. Buna karşılık KS1 ve KS2 sondajlarında bu elementler derinliğe göre azalmaktadır. Ca, Se, Sr grubu KY örneklerinde derinlik arttıkça azalmakta, KS1'de artmakta ve KS2'de ise azalmaktadır. NTE'nin de dâhil olduğu Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li, Th, Mo grubu KY'de belli bazı derinliklerde çok büyük artışlar göstermiş olup, Co, Mg, Li ve Th dışında derinlik arttıkça artan ya da azalan bir eğilim sergilememiştir. Co, Mg ve Th'da derinlik arttıkça azalma, Li'da ise artma bulunmaktadır. KS1 ve KS2'de ise bu grup derinlik artışıyla artmaktadır. Çökelme ortamının farklı kesimlerinde görülen bu farklı jeokimyasal eğilimlere ek olarak KS1 örneklerinde derinlik arttıkça oluşan değişkenliğin KY ve KS2'dekilere göre daha az olduğu söylenebilir. KY ve KS2 kesimlerinde hemen hemen her derinlikte zikzak yapan değişken eğriler, KS1'de ise artış ve azalışların birkaç derinlik boyunca devam ettiği nispeten düz eğriler görülmektedir. Bu veriler Kırka borat çökeliş ortamının farklı kesimlerinde beslenme ve çökelme bakımından farklı koşulların hüküm sürdüğünü açıklamaktadır.

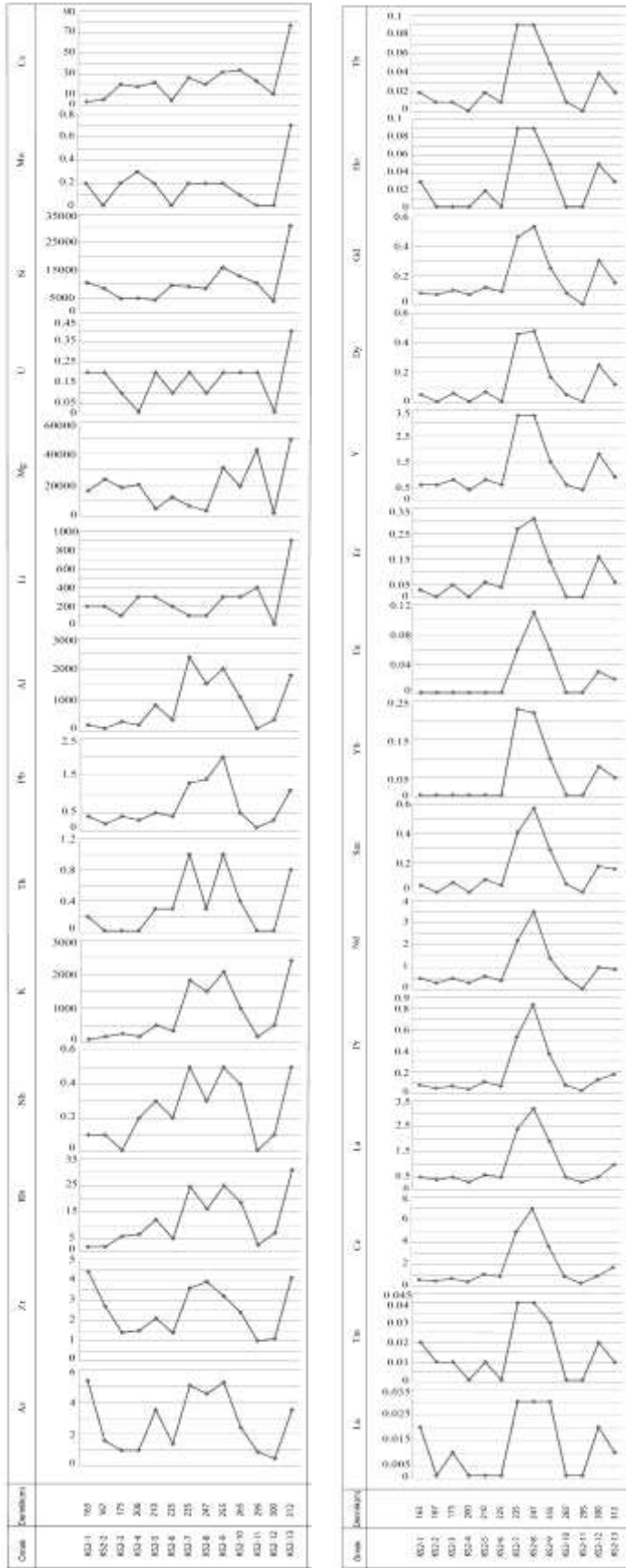
İncelenen örnekler çökelme ortamının farklı kesimlerini temsil eden KY 46, KS1 55.3 ve KS2 ise 149 m'lik bir derinlik aralığında oluşan borat örnekleridir. Buna göre her örnek grubu ortamın farklı bir yerini temsil ettiğinden kendi içinde anlamlıdır. Burada her şeye rağmen derinliğe bağlı değişimlerde ortak bir eğilim olup olmadığı da araştırılmıştır.

Elementlerin derinliğe bağlı değişimleri üç farklı örneklemede ayrı ayrı yapılmıştır. Korelasyon katsayıları ve kümeleme analizi yöntemleriyle her üç örneklemede de geçerli olan element gruplaşmaları belirlenmiştir. Bunlar birinci grup (Na, Cu), ikinci grup (Ca, Se, Sr) ve üçüncü grup (Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li ve NTE) olarak sınıflandırılmıştır. Birinci grup (Na, Cu) elementlerin KY, KS1 ve KS2'deki derinliğe bağlı değişimlerinde benzerlik yoktur. KY'de derinlik arttıkça

artmakta, KS1’de önce artma sonra azalma ve KS2’de ise orta derinliklere göre ilk ve son m’lerde daha düşük değerler görülmektedir. Üçüncü grup (Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li ve NTE) elementler KY ve KS2’de çok değişken olup baskın bir artma-azalma eğilimi yoktur. Sadece bazı derinliklerde büyük pikler görülmekte, KS1’de ise ilk m’lerden itibaren düzenli bir artış, 110 m’de bir pik ve daha derinlerde artışın devamı şeklinde bir eğilim vardır.



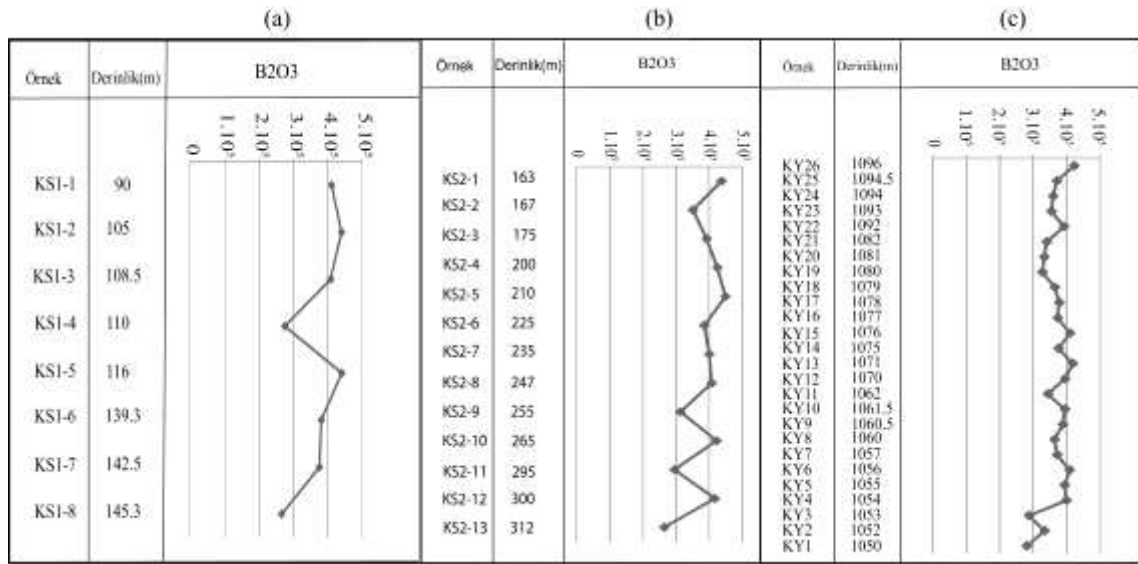
Şekil 7.27 Kırka KS2 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri



Şekil 7.28 Kırka KS2 örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri

7.3.6 Kırka boratlarının B₂O₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı

Örnekleme yerlerine göre B₂O₃ bollukları % olarak birinci sayı en küçük, ikinci sayı en büyük ve üçüncü sayı ortalama değer olmak üzere KY'de (28.03-42.24;36.83), KS1'de (26.56-44.04;37.45) ve KS2'de (26.42-44.89;38.14) şeklindedir (Çizelge 7.12). Ortalama değerlere göre B₂O₃ bollukları KY<KS1<KS2 şeklinde sıralanmaktadır. Değişim aralıkları açısından bakıldığında da aynı sıra göze çarpmaktadır. Sözü edilen değişim aralıkları ve derinliğe bağlı B₂O₃ değişimleri şekil 7.29'da her örnekleme için ayrı ayrı verilmektedir.



Şekil 7.29 Kırka örneklerine ait B₂O₃'ün derinliğe bağlı değişimi(%)

Şekil 7.29'da KS1 örneklerinin derinliğe bağlı B₂O₃ değişim eğrisi görülmektedir. B₂O₃ bolluğu 90-108,5 m'lerde % 40 ve biraz üzerinde iken 110 m'de % 27.51'e kadar düşmektedir. 116 m'de ise bu örneklemenin en yüksek değeri olan % 44'e çıkan B₂O₃ miktarı önce % 37-38'e (142.5 ve 139.3 m'lerde) ve nihayet KS1'in en derin örnek noktasında (145.3 m) en düşük değere düşmektedir. B₂O₃ eğrisi açıklanan bu eğilimleriyle Na eğrisine (Şekil 7.25) çok benzemektedir. Buna karşılık ikinci (Ca, Se, Sr) ve üçüncü (Si, Al, Fe, K, Mg, Cs, Nb, Rb, Zr, Pb, Ni, As, Li, Th, Mo La, Ce ve Pr) grupların eğilimlerine (Şekil 7.25-7.26) hiç benzememektedir. Bu grupların B₂O₃'ün azaldığı 110 m'de artış göstererek bir pik yapması ve 145.3 m'deki azalan B₂O₃'e göre çok fazla miktarda artışı göze çarpan zıt eğilimlerdir.

KS2'ye ait B_2O_3 değişim eğrisinde derinlik artıkça daha büyük oranlarda değişim görölmektedir (Şekil 7.29b) 163-247 m'lerde % 40 civarında yoğunlaşan değişimler 247 m'den sonra % 30 ile % 40 arasında değişmekte ve 312 m'de % 26.42'ye kadar düşmektedir. KS2'deki B_2O_3 eğrisinin bu eğilimi KY'nin B_2O_3 eğrisine (Şekil 7.29c) benzemektedir. Ancak KS2'nin değişimleri diğer ana ve eser element değişimlerine benzememektedir.

KY örneklerinin büyük bölümü 1094,5-1054 m'ler arasındaki derinliklerde %30-40 arasında değişmektedir. Bu örneklerde en yüksek değer 1096 m'de (% 42.24) olup bu derinlikten sonra değişimler 1054 m'ye kadar ortalamaya (% 36.83) yakın değerlerde seyretmiş ve daha sonra örnek alınan en derin noktalarda (1053-1050 m'ler) ise en düşük (yaklaşık % 28.00) değerlere düşmüştür (Şekil 7.29c). B_2O_3 'ün değişim eğrisi, ana, eser ve NTE'in eğrilerine (Şekil 7.23-7.24) benzemektedir. Bu veriler özetlenirse her üç örneklemede de ilk m'lerde % 40'ın üzerinde olan B_2O_3 bollukları en derin kesimlerde % 30'un altına (% 26.42) düşmektedir.

Her üç örneklemede de derinliğe bağlı değişimleri ile boratların içerdii diğer elementlerin derinliğe bağlı değişimleri arasında genel bir eğilim benzerliği bulunmamaktadır. Buna karşılık KS1 örneklerinde Na'un değişim eğrileriyle B_2O_3 'ün değişim eğrileri tüm derinliklerde giderek azalan eğilimleriyle birbirine benzemektedir.

7.3.6.1 Kırka borat yatağına ait B_2O_3 'ün diğer elementlerle korelasyonları

KS1 bölgesinde Na dışındaki tüm ana ve eser elementlerle kuvvetli negatif ilişki gösteren B_2O_3 yalnızca Na ile 0.5'lik bir korelasyona sahiptir (Çizelge 7.15). Element gruplaşmalarında (Şekil 7.21) B_2O_3 'ün Na, Co, Cu grubuna eklendiği görölmektedir.

KS2 bölgesinde de katsayıları daha düşük olmakla beraber B_2O_3 'ün Na, Cu ve Co ile zayıf-çok zayıf korelasyonları bulunmaktadır. Diğer elementlerle negatif ilişkileri de KS1'deki kadar güçlü değildir. KS1'de NTE ile B_2O_3 arasında negatif ilişki görülürken burada herhangi bir korelasyondan bahsedilemez. Kümeleme dendrogramlarında (Şekil

7.21) B_2O_3 'ün zayıf korelasyonlarla hem Na, Cu hem de, Ca, Sr, Se grubuna bağlandığı görülmektedir.

KY örneklerinde ise B_2O_3 'ün negatif (Si, Mg, Ca, U, Mo ve Se ile) ve pozitif (Ba ve Na ile) korelasyonları zayıf-çok zayıf derecesine düşmüştür. Ayrıca diğer elementlerle olan korelasyonlar sıfıra yakındır (Çizelge 7.17). Şekil 7.22'deki kümeleme dendrogramında da B_2O_3 'ün bu ilişkileri daha açık görülmektedir.

Bu verilere göre B_2O_3 'ün sadece KS1 örneklerinde Na ile zayıf pozitif; KS2 ve KY 'de ise başta Na olmak üzere Co, Cu ve Ba ile çok zayıf pozitif ilişkisinden söz edilebilir. B_2O_3 'ün Na dışındaki diğer elementlerle KS1 bölgesinde gösterdiği kuvvetli negatif ilişki dikkat çekicidir. KS2'de de daha düşük katsayılarla aynı negatif ilişki ortaya çıkmıştır.

KY örneklerinde ise önemli bir korelasyon ilişkisi görülmemesi özellikle detritik kökeni işaret eden Al ile korelasyonu bulunmaması (-0.01) sadece Si (-0.63) ile olan negatif korelasyonu diğer bölgelerden farklı bir jeokimyasal eğilimi işaret etmektedir. B_2O_3 burada genellikle elementlerden bağımsız davranmaktadır.

Bu verilere göre:

1. B_2O_3 ile kil grubu elementler arasında özellikle KS1 örneklerinde belirlenen negatif korelasyon göl ortamına bor sağlayan faktörlerin karasal (detritik) olmadığını, buna rağmen KS2'de görülen daha küçük katsayılı negatif ilişki az da olsa karasal katkının varlığına işaret etmektedir. O halde B_2O_3 'ün büyük çoğunluğu çökelme ortamına volkanik etkinlikler sonucunda ortaya çıkan gazlar ve hidrotermal çözeltiler tarafından sağlanmıştır.

2. KS1'de kuvvetli olmak üzere tüm örneklerde B_2O_3 ile Mg ve Ca arasında var olan negatif ilişki bor ile bu elementlerin farklı kökenden geldiğinin göstermektedir. Buna göre Ca ve Mg'un karasal kökenli olduğu ileri sürülebilir.

3. Aralarındaki zayıf pozitif korelasyon B_2O_3 ile Na'un kökensele beraberliğini ortaya koymaktadır. Ancak pozitif korelasyon Na'un iki farklı kökenden de (karasal ve volkanik) gelebileceğini göstermektedir.

7.4 Emet Yatağı Jeokimyası

Emet yöresi borat yatakları Espey ve Hisarcık olmak üzere iki ana yataktan oluşmaktadır. Bu iki yatak açık işletme şeklinde halen işletilmektedir. Bu iki yatak için yapılmış 2 adet sondajdan derlenen ve yüzeyden alınan örnekler üzerinde jeokimyasal analizler yapılmıştır

7.4.1 Emet borat yatağının ana element bollukları

Espey açık ocağında yapılan iki adet sondajdan (ES1 sondajından 9 adet, ES2 sondajından 11 adet) 20 ve yüzeyden (EY) 10 adet olmak üzere toplam 30 adet borat örneğinden jeokimyasal analizler yapılmıştır.

Ana element sonuçları, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yer kabuğunda, andezitlerde ve göl sularında bulunan ortalama değerleri çizelge 7.19'da verilmektedir. EY kodlu yüzey örneklerinde elementler çoktan aza doğru % olarak Ca (18.05), Si (1.02), Al (0.27), Mg (0.25), K (0.19), Fe (0.16), Ti (0.021), Na (0.017), P (0.010) şeklinde sıralanmaktadır.

EY örneklerinde ana elementlerden Ca YKO'ya göre 4.40 kat, B 14763 kat, AO'ya göre ise Ca 3.88 kat, B 9842 kat artmıştır. Diğer tüm ana elementler ise hem YKO'ya hem de AO'ya göre azalmalar göstermektedir. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre olmak üzere Si (27.51-25.36), Al (29.60-32.34), Fe (32.85-32.59), Mg (9.49-8.99), Na (136.22-170.27), K (11.14-12.21), Ti (23.35-37.36), P (10.80-15.71) azalma katsayıları görülmektedir.

ES1 sondajında elementler çokluk sırasına göre % olarak Ca (17.92), Si (10.19), Mg (0.37), Al (0.29), K (0.22), Fe (0.19), Na (0.02), Ti (0.016) ve P (0.011) şeklinde sıralanmaktadır.

ES1 sondaj örneklerinde ana elementlerden Ca YKO'ya göre 4.37 kat, B 14561 kat, AO'ya göre ise Ca 3.5 kat, B 9707 kat artmıştır. Diğer ana elementler ise hem YKO'ya hem de AO'ya göre azalmalar göstermektedir. Birinci sayı YKO'ya göre, ikinci sayı AO'ya göre azalma katsayıları olmak üzere Si (27.67-25.51), Al (27.77-30.34), Fe (27.46-29.75), Mg (6.15-5.83), Na (119.19-148.99), K (9.57-10.48) Ti (30.33-48.52), P (9.69-14.10) azalmalar görülmektedir (Şekil 7.30).

ES2 sondajında elementler çokluk sırasına göre % olarak Ca (17.56), Si (0.92), Mg (0.45), Al (0.33), K (0.19), Fe (0.18), Ti (0.018), Na (0.017) ve P (0.010) şeklinde sıralanmaktadır.

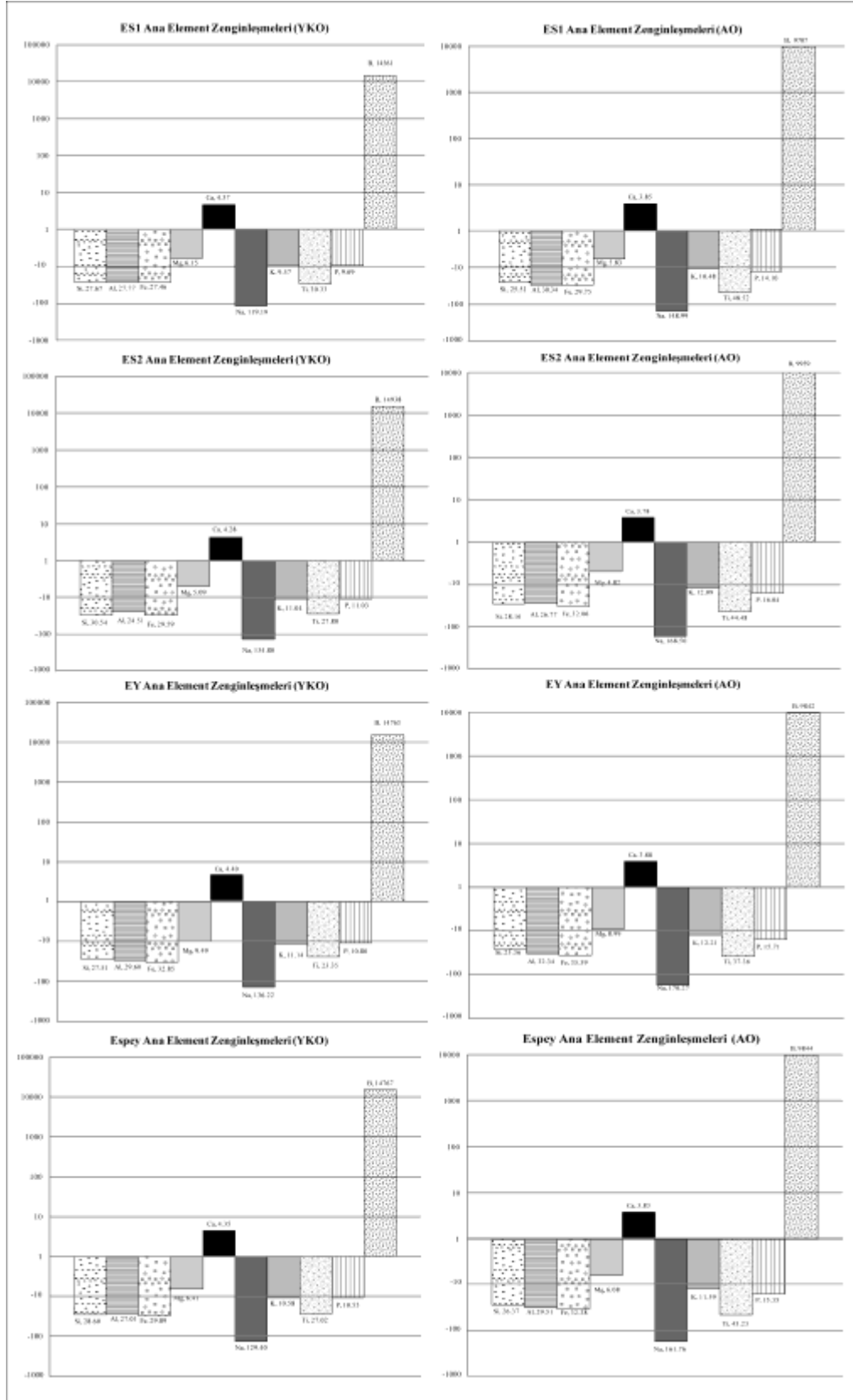
ES2 sondajında ana elementlerden Ca YKO'ya göre 4.28 kat, B 14938 kat AO'ya göre ise Ca 3.78 kat, B 9959 kat artmıştır. Diğer ana elementler ise hem YKO'ya hem de AO'ya göre azalmalar göstermektedir. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre azalma katsayıları olmak üzere Si (30.54-28.16), Al (24.51-26.77), Fe (29.59-32.06), Mg (5.09-4.82), Na (134.8-168.5), K (11.04-12.09), Ti (27.80-44.48) ve P (11.03-16.04) azalmalar görülmektedir (Şekil 7.30).

Elementlerin her üç farklı örnekleme grubu içerisinde çokluk sırasını karşılaştırdığımızda Mg'un ES2 örneklerinde ES1 ve EY örneklerine göre yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. ES1 örneklerinde K diğer örnekleme gruplarına göre daha yüksek bir ortalama değerine sahiptir. ES1 örneklerinde ise Na, EY ve ES2 örneklerinden biraz daha yüksek ortalama değere sahiptir.

Espey'de ana elementlerden Ca YKO'ya göre 4.35 kat, B 14767 kat, AO'ya göre ise Ca 3.83 kat, B 9844 kat artmıştır. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre

azalma katsayıları olmak üzere Si (28.60-26.37), Al (27.01-29.51), Fe (29.89-32.38), Mg (6.41-6.08), Na (129.40-161.76), K (10.58-11.59), Ti (27.02-43.23), P (10.55-15.35) azalmalar görülmektedir (Şekil 7.30).

Espey boratlarında tüm ana elementler TSO'ya göre çok fazla artma göstermektedir.



Şekil 7.30 Espesay ocağı ana element zenginleşme katsayıları

Çizelge 7.19 Espey Ocağı örneklerine ait ana element jeokimyası sonuçları

Örnek	Kot/Derinlik (m)	B(ppm)	Sil(ppm)	Al(ppm)	Fe(ppm)	Mg(ppm)	Ca(ppm)	Na(ppm)	K(ppm)	Ti(ppm)	P(ppm)	TOT/C(%)	TOT/S(%)	LOH(%)	Sum(%)
EY1	847	152760	2150	741	490	482	184679	74	415	<60	<43	0.02	<0.02	N.A.	26.66
EY2	848	153505	841	212	280	121	184321	74	166	<60	<43	<0.02	<0.02	N.A.	26.14
EY3	851	144717	15566	4922	2868	2412	176388	297	3570	300	131	0.05	<0.02	N.A.	30.3
EY4	854	145027	14537	3123	3256	174744	223	2906	180	44	0.04	0.08	0.08	N.A.	29.41
EY5	858	147543	7573	2276	1259	1809	175888	148	1494	120	87	0.04	0.27	N.A.	27.37
EY6	859	147139	10845	2011	1329	4101	180819	148	1411	120	<43	0.09	0.1	N.A.	29.09
EY7	873	138568	25101	7727	4536	4402	175602	297	5147	420	131	0.07	<0.02	N.A.	33.51
EY8	877	153102	2898	1006	560	482	185465	<74	581	<60	<43	0.03	<0.02	N.A.	27.02
EY9	883	148723	8180	1958	1189	3679	188610	<74	830	120	87	0.05	0.04	N.A.	29.44
EY10	887	145245	14818	3387	2098	3498	178532	148	2324	240	131	0.05	<0.02	N.A.	30.06
EY Ortalama		147633	10251	2736	1644	2424	180505	176	1884	214	102	0.05	0.12	*	29
Değişim Aralığı		138568-153505	841-25101	212-7727	280-4536	421-4402	174744-188610	<74-297	166-5147	<60-420	<43-131	<0.02-0.09	<0.02-0.27	*	26.14-33.51
ESI-1	33-33.20	147946	11172	2911	1539	2774	179747	297	1826	120	87	0.05	0.03	N.A.	29.07
ESI-2	37.3-37.5	146797	14678	4604	2658	2231	179890	297	3155	240	87	0.05	<0.02	N.A.	30.42
ESI-3	38.10-38.30	150182	7713	2382	1189	1930	181677	148	1494	120	<43	0.03	<0.02	N.A.	28.25
ESI-4	39.39-30	149437	7993	2382	1329	2171	182320	148	1577	120	44	0.09	<0.02	N.A.	28.47
ESI-5	61-61.35	152698	3272	847	420	844	180605	<74	913	<60	<43	<0.02	<0.02	N.A.	26.46
ESI-6	61.65-61.85	147046	9676	2699	1958	2895	175959	148	2158	120	<43	0.04	0.06	N.A.	28.27
ESI-7	63.65-63.75	130742	11592	2858	1329	9528	191111	148	2573	180	<43	1.36	0.06	N.A.	31.92
ESI-8	71.8-72	138692	16220	4128	1958	8382	162452	223	3072	240	305	0.45	0.14	N.A.	29.17
ESI-9	75-75.20	146984	9396	3440	5316	2895	178246	<74	2989	180	44	0.04	0.16	N.A.	29.25
ESI Ortalama		145614	10190	2917	1966	3739	179112	201	2195	165	113	*	0.09	*	29
Değişim Aralığı		130742-152698	3272-16220	847-4604	420-5316	844-9528	162452-191111	<74-297	913-3155	<60-240	<43-305	<0.02-1.36	<0.02-0.16	*	26.46-31.92
ES2-1	104.9-105.2	149220	9349	2752	1958	3377	188895	<74	1494	120	44	0.07	0.02	N.A.	30.01
ES2-2	106.15-106.4	149282	9349	5451	2378	2895	185608	74	1660	180	87	0.05	<0.02	N.A.	30.08
ES2-3	114.25-114.5	154841	1496	423	909	2483	143655	<74	415	<60	<43	0.03	<0.02	N.A.	24.77
ES2-4	115.3-115.55	152946	4207	1270	909	1869	192326	74	830	60	175	0.06	<0.02	N.A.	28.64
ES2-5	117.7-117.9	155151	1075	2329	280	181	145728	<74	166	<60	44	0.04	<0.02	N.A.	21.18
ES2-6	119-119.2	143350	20053	5928	3357	3498	183321	297	4068	300	87	0.08	<0.02	N.A.	32.73
ES2-7	125.5-125.75	154002	3179	1376	699	724	177961	<74	747	<60	<43	0.04	<0.02	N.A.	26.17
ES2-8	127.4-127.6	150120	6871	1694	1189	2593	181463	<74	1079	60	<43	0.06	<0.02	N.A.	27.93
HS2-9	130.45-130.65	139468	26083	8680	4966	4462	174673	297	5977	420	175	0.07	<0.02	N.A.	34
ES2-10	131.8-132	149810	5995	2064	979	1387	181034	<74	1245	60	87	0.08	0.02	N.A.	27.38
ES2-11	135.25-135.45	144965	14818	4393	2448	4282	177389	148	3238	240	<43	0.07	<0.02	N.A.	30.33
Ortalama		149378	9234	3305	1825	4523	175641	178	1902	180	100	0.06	0.02	*	*
Değişim Aralığı		139468-155151	3179-26083	423-8680	280-4966	181-24483	143655-192326	<74-297	166-5977	<60-300	<43-175	0.03-0.08	<0.02-0.02	*	*
Ort.(Veri kağıdı) (1)		10	282000	81000	54000	21000	41000	24000	21000	5000	1100	*	*	*	*
Ort.(Adezi) (2)		15	260000	88500	58500	21800	46500	30000	23000	8000	1600	*	*	*	*
Taah su Değişim aralığı (3)		0.01	5.33	<30.10 ³	<30.10 ⁷	0.8-15.073.64	1.8-49.293.22	1.15-36.78-5.28	0.51-3.9-12.9	<1.10 ⁵	*	*	*	*	*

(* Değer yok, (1). Krauskopf, 1989. (2). Schroll, 1975 (3). Abollino, vd. 2004). [B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]

Hisarcık açık ocağında da Espey ocağında olduğu gibi 2 adet sondajdan (HS1 sondajından 7 adet, HS2 sondajından 9 adet) 16 ve yüzeyden 14 adet olmak üzere toplam 30 adet borat örneğinden jeokimyasal analizler yapılmıştır.

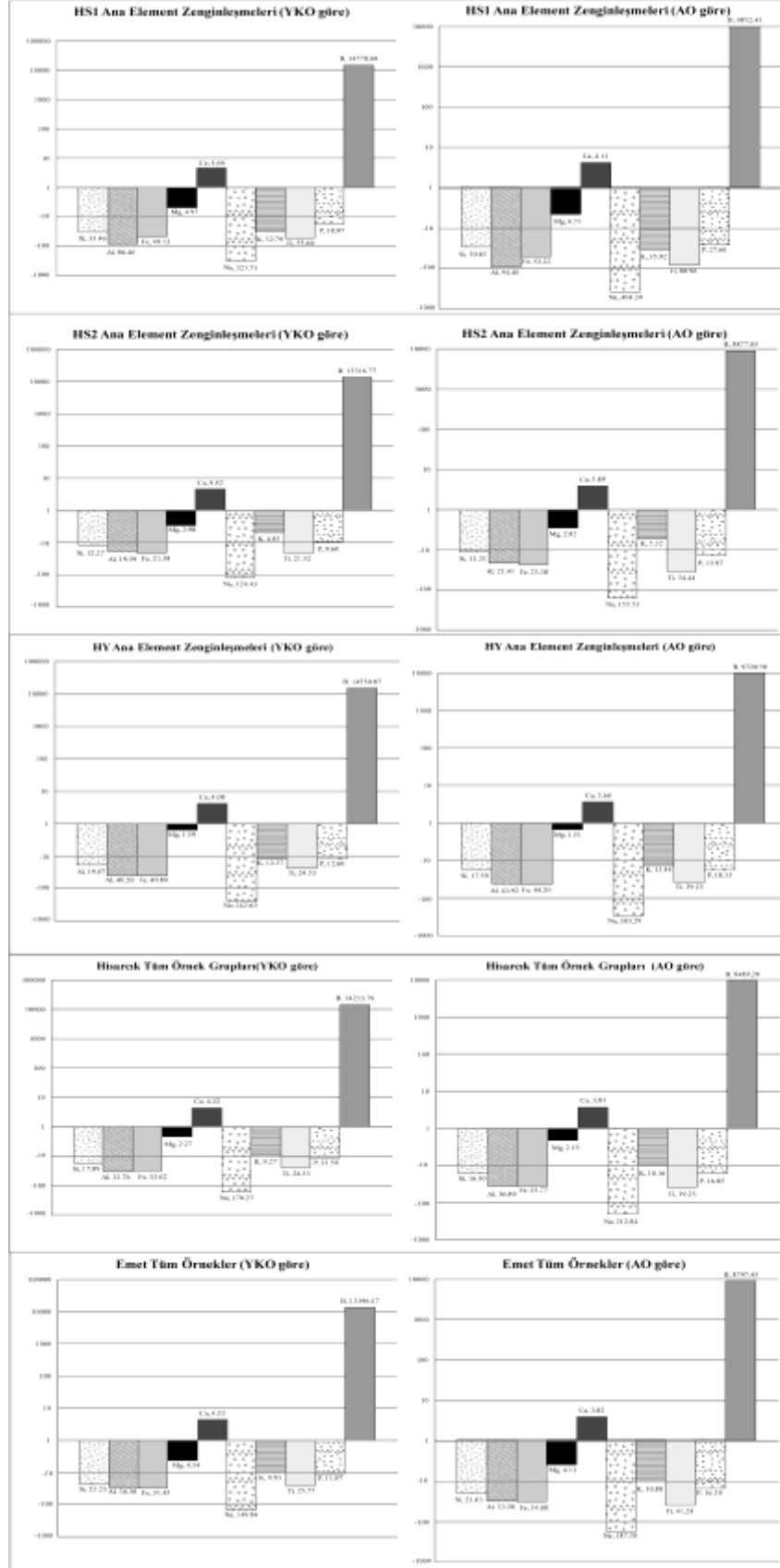
Ana elementlere ait sonuçlar, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yerkabuğunda, andezitlerde ve göl sularında bulunan ortalama değerleri çizelge 7.20'de verilmektedir.

HY kodlu yüzey örneklerinde elementler çokluk sırasına göre % olarak Ca (16.72), Si (1.47), Mg (1.44), Al (0.20), K (0.17), Fe (0.13), Ti (0.020), Na (0.009) ve P (0.008) şeklinde sıralanmaktadır.

HY örneklerinde ana elementlerden YKO'ya göre Ca 4.08 kat, B 14550 kat AO'ya göre ise Ca 3.60 kat, B 9700 kat artmıştır. Diğer tüm ana elementler ise hem YKO'ya hem de AO'ya göre azalmalar göstermektedir. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre azalma katsayıları olmak üzere Si (19.07-17.59), Al (40.20-43.92), Fe (40.80-44.20), Mg (1.59-1.51), Na (242.63-303.29), K (12.27-13.44), Ti (24.53-39.25) ve P (12.60-18.33) azalmalar görülmektedir(Şekil 7.31).

HS1 sondajında elementler çokluk sırasına göre % olarak Ca (19.11), Si (0.84), Mg (0.46), Fe (0.10), Al (0.09), K (0.06), Ti (0.009), Na (0.007) ve P (0.006) şeklinde sıralanmaktadır.

HS1 sondaj örneklerinde ana elementlerden Ca YKO'ya göre 4.7 kat, B 14778 kat AO'ya göre ise Ca 4.1 kat, B 9852 kat artmıştır. Diğer ana elementler ise hem YKO'ya hem de AO'ya göre azalmalar göstermektedirler. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre azalma katsayıları olmak üzere Si (33.46-3083), Al (86.40-94.40), Fe (49.13-53.22), Mg (4.97-4.71), Na (323.51-404.39), K (32.79-35.92), Ti (55.50-88.96) ve P (18.97-27.60) kez azalmışlardır (Şekil 7.31).



Şekil 7.31 Hısarcık ocağı ve tüm Emet örnekleri ana element zenginleşme katsayıları

HS2 sondajında elementler bolluklarına göre % olarak Ca (18.10), Si (2.29), Mg (0.77), K (0.43), Al (0.41), Fe (0.25), Ti (0.023), Na (0.019) ve P (0.011) şeklinde sıralanmaktadır.

HS2 sondajında ana elementlerden YKO'ya göre Ca 4.42 kat, B 13316 kat, AO'ya göre ise Ca 3.89 kat, B 8877 kat artmıştır. Diğer ana elementler ise hem YKO'ya hem de AO'ya göre azalmalar göstermektedir. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre azalma katsayıları olmak üzere Si (12.27-11.31), Al(19.59-21.41), Fe (21.58-23.38), Mg (2.98-2.82), Na (124.43-155.53), K (4.85-5.32) Ti (21.52-34.44) ve P (9.60-13.97) görülmektedir (Şekil 7.31).

Elementlerin her üç farklı örnekleme grubu içerisinde çokluk sırasını karşılaştırdığımızda Fe'in HS2 örneklerinde HY ve HS1 örneklerine göre fazla olduğu görülmektedir. K HS2 örneklerinde HS1 ve HY örneklerine göre oldukça yüksek değer sergilemiştir. Mg HY örneklerinde HS1 ve HS2 örneklerine göre belirgin oranda yüksek değer vermiş olup, bu durum diğer tüm örnekler kolemanit iken, iki örneğin hidroborasit olmasından kaynaklanmaktadır. Tüm ana elementler TSO'ya göre Hisarcık boratlarında çok fazla artma göstermektedir (Çizelge 7.20).

Hisarcık'ta tüm örneklerde ana elementlerden YKO'ya göre Ca 4.32 kat, B 14233 kat, AO'ya göre ise Ca 3.60 kat, B 9889 kat artmıştır. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre azalma katsayıları olmak üzere Si (17.89-16.50), Al (33.76-36.89), Fe (33.02-35.77), Mg (2.27-2.15), Na (170.27-212.84), K (9.27-10.16) Ti (24.53-39.25) ve P (11.59-16.85) azalmalar sunmaktadır (Şekil 7.31).

Espey ve Hisarcık örnekleri birlikte değerlendirildiğinde ana elementlerden YKO'ya göre Ca 4.33 kat, B 13196 kat AO'ya göre ise Ca 3.82 kat, B 8797 kat artmıştır. Birinci rakam YKO'ya göre, ikinci rakam AO'ya göre azalma katsayıları olmak üzere Si (23.25-21.43), Al (30.38-33.20), Fe (31.45-34.08), Mg (4.34-4.11), Na (149.84-187.30), K (9.93-10.88) Ti (25.77-41.24) ve P (11.07-16.10) azalmalar sunmaktadır (Şekil 7.31).

Çizelge 7.20 Hisarcık Ocağı örneklerine ait ana element jeokimyası sonuçları

Örnek	Kon/Deriflik (m)	B ₂ O ₃ (ppm)	Si(ppm)	Al(ppm)	Fe(ppm)	Mg(ppm)	Ca(ppm)	Na(ppm)	K(ppm)	Ti(ppm)	P(ppm)	TOT(C%)	TOT(S%)	LOH(%)	Sum(%)
HV1	710	400600	5833	423	420	2050	188252	<74	415	<60	<43	0.05	<0.02	N.A.	27.71
HV2	711	491200	3833	265	420	2342	186465	<74	166	<60	<43	0.04	<0.02	N.A.	27.44
HV3	712	420300	38377	1482	1259	75138	86336	<74	581	<60	<43	0.25	<0.02	N.A.	33.33
HV4	713	402600	42817	11220	5875	60967	80475	148	10792	540	87	0.11	0.05	N.A.	34.04
HV5	714	476400	12200	688	490	7538	181105	<74	249	<60	<44	0.09	<0.02	N.A.	29.48
HV6	715	498800	2150	159	350	1387	185322	<74	<83	<60	<43	0.05	<0.02	N.A.	26.7
HV7	716	470300	14771	1217	769	8201	180176	<74	830	60	44	0.09	<0.02	N.A.	30.19
HV8	717	460100	10050	582	560	6694	191754	74	332	<60	87	0.55	<0.02	N.A.	30.36
HV9	718	453200	22624	4340	2588	8985	173458	<74	3902	180	87	0.1	0.03	N.A.	32.32
HV10	719	495600	3085	212	<279	1809	188610	<74	166	<60	<43	0.04	<0.02	N.A.	27.44
HV11	720	480600	11359	1323	5970	170871	170871	<74	830	<60	<43	0.08	<0.02	N.A.	27.81
HV12	721	484300	8741	1111	560	4845	179676	<74	415	<60	<43	0.06	<0.02	N.A.	28.19
HV13	722	463300	18557	3228	1609	8443	173958	<74	2573	120	<43	0.07	0.03	N.A.	30.89
HV14	723	470000	14384	1958	1329	7960	175602	74	986	120	175	0.12	<0.02	N.A.	29.76
Ortalama		468550	14784	2015	1324	14460	167276	99	1711	204	87	0.12	0.24	N.A.	29.76
Değişim Aralığı		402600-498800	2150-42817	159-11220	<279-5875	1387-8201	80475-191754	<74-148	166-10792	<60-540	<43-175	0.04-0.12	<0.02-0.04	N.A.	27.44-33.33
Standart Sapma		28034	12502	2908	1508	23030	36108	43	2933	192	48	0.1	0.4	N.A.	2.5
HS1-1	89-89.3	402000	3038	159	420	1809	194184	<74	83	<60	<43	0.05	0.05	N.A.	28.22
HS1-2	90-90.3	484100	7199	476	490	4583	191826	<74	166	<60	<43	0.09	<0.02	N.A.	29.32
HS1-3	91-7-92	449100	12200	953	979	7960	190539	74	249	<60	44	0.76	0.33	N.A.	30.98
HS1-4	93.15-39.4	484400	7292	847	629	4161	190468	<74	415	<60	<43	0.08	0.05	N.A.	29.22
HS1-5	94.2-94.4	478700	8788	582	629	5367	195399	74	332	<60	87	0.25	<0.02	N.A.	30.39
HS1-6	94.5-94.7	472000	11022	2170	1259	4462	185250	<74	1992	120	<43	0.11	0.16	N.A.	20.88
HS1-7	98.6-99	479900	8442	1376	3287	4040	190110	<74	1245	60	43	0.1	0.38	N.A.	30.2
Ortalama		475886	8427	938	1099	4626	191111	74	649	99	58	0.21	0.19	N.A.	30.2
Değişim Aralığı		449100-492000	3038-12200	159-2170	420-3287	1809-7960	185250-195399	<74-74	831992	<60-120	<43-87	0.05-0.76	<0.02-0.38	N.A.	20.88-30.2
Standart Sapma		13934	3000	666	1099	1834	3277	0	710	42	25	0.3	0.2	N.A.	0.9
HS2-1	95.5-95.80	485500	8414	900	420	4704	186037	<74	498	<60	44	0.08	<0.02	N.A.	28.92
HS2-2	97.8-98	475300	13135	2223	1329	5548	184250	<74	2158	180	44	0.14	0.02	N.A.	30.44
HS2-3	100.8-101	472100	13322	2223	1399	5789	178900	<74	1909	120	44	0.11	0.02	N.A.	29.74
HS2-4	101.5-101.7	473900	15566	2282	1259	6875	179862	<74	2158	120	<43	0.1	<0.02	N.A.	30.59
HS2-5	105-105.3	449100	22718	3017	1749	9407	171957	74	3321	180	87	0.16	0.13	N.A.	31.77
HS2-6	107.5-107.7	449400	24728	4234	2038	7839	169741	148	5147	240	87	0.21	0.06	N.A.	32.27
HS2-7	108.3-108.6	299000	28420	6033	3357	9769	215411	445	6392	240	349	3.62	0.37	N.A.	40.51
HS2-8	109.2-109.5	452600	20006	4075	4686	4221	174459	74	4400	240	131	0.11	0.41	N.A.	31.45
HS2-9	111.8-112	303400	60533	12120	5386	15317	169098	223	12950	540	131	1.78	0.97	N.A.	44.01
Ortalama		428811	22982	4134	2502	7719	181089	193	4326	232	115	0.70	0.28	N.A.	33
Değişim Aralığı		299000-485500	8414-60533	900-12120	420-5386	4704-15317	169098-215411	<74-445	498-12950	<60-540	<43-349	0.08-3.62	<0.02-0.97	N.A.	28.92-32.27
Standart Sapma		33403	15448	3344	1697	3451	14224	154	3712	134	102	1.2	0.3	N.A.	5.3
Orta(Yerkabuğu) (1)		10	282000	81000	54000	23000	41000	24000	2100	5000	1100	*	*	N.A.	*
Orta(Antitezit) (2)		15	260000	88300	58500	21800	46500	30000	24000	8000	1600	*	*	N.A.	*
Tali ve Değişim aralığı (3)		0.01	5.33	<30.10⁻³	<30.10⁻³	0.8-15.07-3.64	1.8-40.20-15.22	1.15-36.78-3.28	0.51-3.91-2.9	<1.10⁻³	*	*	*	N.A.	*

(* Değer yok, (1). Krauskopf, 1989. (2). Schroll, 1975 (3). Abollino, vd. 2004.) [B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]

7.4.2 Emet borat yatağının eser element bollukları

Espey ocağına ait eser element bollukları, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yer kabuğunda (YKO), andezitlerde (AO) ve tatlı sularda (TSO) bulunan ortalama değerleri çizelge 7.21'de verilmektedir.

Eser elementler bolluk sırasına göre EY örneklerinde ppm olarak; Sr (11930), As (1848.85), Cs (90.94), Ba (68.50), Pb (40.66), Se (39.11), Li (38.97), Rb (37.34), Zn (12.50), Ni (10.99), Cu (8.99), Zr (5.90), Y (3.59), Co (3.38), Ga (1.40), Th (0.88), Nb (0.83), Cd (0.70), U (0.63), Ag (0.60), Sb (0.49), Tl (0.30), Bi (0.23), Mo (0.20), Hf (0.18) ve Au (0.00298) şeklinde sıralanmaktadır. Bu elementlerden Mo, Cd, Bi, Ag, ve Tl bir iki örnekte dedeksiyon limitinin üzerinde değer vermiş olup ortalamaları yalnızca bu örnekler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Eser elementler bolluk sırasına göre ES1 örneklerinde ppm olarak; Sr (16959), As (1947), Cs (74.36), Ba (46.67), Li (43.86), Se (36.69), Rb (32.87), Pb (10.82), Zn (7.56), Ni (6.69), Zr (5.33), Y (3.07), Cu (2.97), Mo (1.82), Co (1.48), Ga (1.14), Sb (1.09), Th (0.81), Nd (0.68), U (0.65), Cd (0.35), Tl (0.33), Ag (0.3), Hf (0.17), Bi (0.15) Au (0.00117) şeklinde sıralanmaktadır. Bu elementlerden Mo, Cd, Au ve Tl birkaç örnekte, Bi ve Ag bir iki örnekte dedeksiyon limitinin üzerinde değer vermiş olup ortalamaları yalnızca bu örnekler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

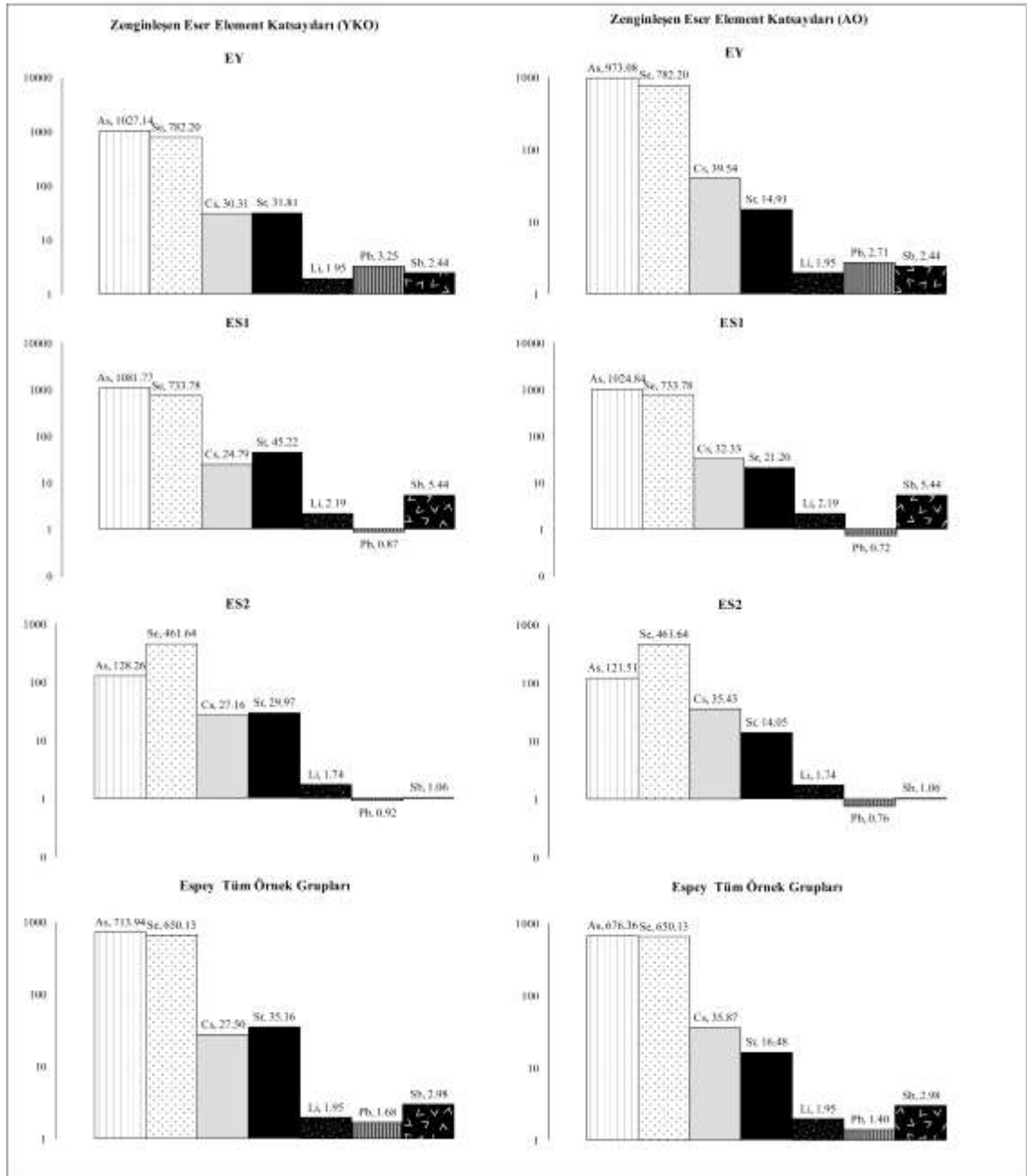
Eser elementler çokluk sırasına göre ES2 örneklerinde ise ppm olarak; Sr (11240), As (230.86), Li (34.81), Cs (81.48), Ba (159), Rb (33.47), Se (34.81), Zn (5.73), Pb (11.46), Zr (7.85), Y (2.93), Cu (2.87), Ni (4.95), Th (0.74), Ga (1.16), Sb (0.21), Nb (0.78), Tl (0.10), U (0.28), Co (1.36), Mo (<0.1), Hf (0.30), ve Au (0.001) şeklinde sıralanmaktadır. Bu elementlerden Mo hiçbir örnekte dedeksiyon limitinin üzerinde değer vermemiş, Tl sadece bir örnekte değer vermiştir. Hf ve Ga örneklerin yaklaşık yarısında değer vermiş olup ortalamaları yalnızca bu örnekler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Espey boratlarında tüm eser elementler TSO'ya göre çok fazla artma göstermektedir (Çizelge 7.21).

YKO'ya ve AO'ya göre kıyaslama yapıldığında eser elementlerden, As, Se, Sr, Cs, Sb ve Li'nin Espey ocağının her üç kesiminde de diğer elementlere göre artma gösterdiği görülmektedir. Pb ise sadece EY örneklerinde artış göstermiştir. Diğer elementlerin değerlerinde ise artma görülmediği belirlenmiştir.

Birinci rakam YKO'ya, ikincisi AO'ya göre olmak üzere artış katsayıları **As** EY'de 1027-973, ES1'de 1082-1025, ES2'de 128-122; **Se** EY'de 782-782, ES1'de 734-734, ES2'de 462-462; **Cs** EY'de 30.31-39.54 ES1'de 24.79-32.33, ES2'de 27.16-35.43; **Sr** EY'de 31.81-14.91, ES1'de 45.22-21.20, ES2'de 29.97-14.05; **Sb** EY'de 2.44 -2.44, ES1'de 5.44-5.44, ES2'de 1.06-1.06; **Li** EY'de 1.95-1.95, ES1'de 2.19-2.19, ES2'de 1.74-1.74; **Pb** ise sadece EY'de 3.25-2.71 kez şeklindedir (Şekil 7.32).

Espey'de zenginleşen bu elementlerin tüm örnek gruplarında birinci rakam YKO'ya, ikincisi AO'ya göre olmak üzere artış katsayıları As 714-676; Se 650-650; Cs 27.50-35.87; Sr 35.16-16.48; Sb 2.98-2.98 ve Li 1.95-1.95 kez şeklindedir (Şekil 7.32).



Şekil 7.32 Espey ocağı zenginleşen eserelementlerin katsayıları

Hisarcık ocağına ait eser element bollukları, değişim aralıkları, ortalama değerleri ile yer kabuğu, andezit ve göl sularında bulunan ortalama değerleri çizelge 7.22'de verilmektedir.

Eser elementlerin içerikleri bolluk sırasına göre HY örneklerinde ppm olarak; Sr (5286), As (922.16), Li (164.62), Cs (37.34), Se (18.15), Rb (37.34), Ba (15), Zr (6.42), Zn (5.75), Pb (3.57), Ni (1.24), Ga (1.40), Y (1.21), Cu (1.08), Co (1.02), Th (0.84), Nb (0.52), Sb (0.43), U (0.36), Mo (0.34), Hf (0.24), Tl (0.21) ve Au (0.0067) şeklinde sıralanmaktadır. Bu elementlerden Th, Mo, Au, Ga, Hf ve Tl örneklerinin yaklaşık yarısında dedeksiyon limitinin üzerinde olup ortalamaları yalnızca bu örneklerin sayısı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Eser elementler bolluk sırasına göre HS1 örneklerinde ppm olarak; Sr (6043), As (1824.47), Ba (83.57), Li (78.96), Cs (35.19), Se (22.16), Rb (7.00), Zr (5.20), Zn (4.43), Pb (3.03), Y (1.47), Cu (0.74), Sb (0.67), Ga (0.6), Co (0.58), U (0.50), Th (0.48), Ni (0.43), Nb (0.34), Hf (0.28), Tl (0.27), Mo (<0.1) ve Au (0.0093) şeklinde sıralanmaktadır. Bu elementlerden Mo dedeksiyon limitinin altında kalmış olup, Ga sadece bir örnekte dedeksiyon limitinin üzerinde kalmıştır. Hf, Ni ve Tl örneklerin yaklaşık yarısında dedeksiyon limitinin üzerinde olup ortalamaları yalnızca bu örneklerin sayısı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

HS2 örneklerinde ise eser elementlerin içerikleri bolluklarına göre ppm olarak; Sr (6959), As (2045.64), Li (154.82), Cs (111.13), Ba (58.11), Rb (43.50), Se (41.19), Zn (16.44), Pb (10.89), Zr (7.69), Y (3.73), Cu (2.97), Ni (1.91), Th (1.50), Ga (1.40), Sb (1.33), Nb (1.11), Tl (1.10), U (0.88), Co (0.86), Mo (0.53), Bi (0.28), Hf (0.20), Cd (0.20), Ag (0.20) ve Au (0.00118) şeklinde sıralanmaktadır. Bu elementlerden Mo, Bi ve Au birkaç örnekte; Cd ve Ag bir iki örnekte, dedeksiyon limitinin üzerinde olup ortalamaları yalnızca bu örneklerin sayısı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Hisarcık boratlarında tüm eser elementler TSO'ya göre çok fazla artış göstermektedir (Çizelge 7.22).

Birinci rakam YKO'ya, ikincisi AO'ya göre olmak üzere artış katsayıları **As** HY'de 512–485, HS1'de 1014–960, HS2'de 1136–1077; **Se** HY'de 363–363, HS1'de 443–443,

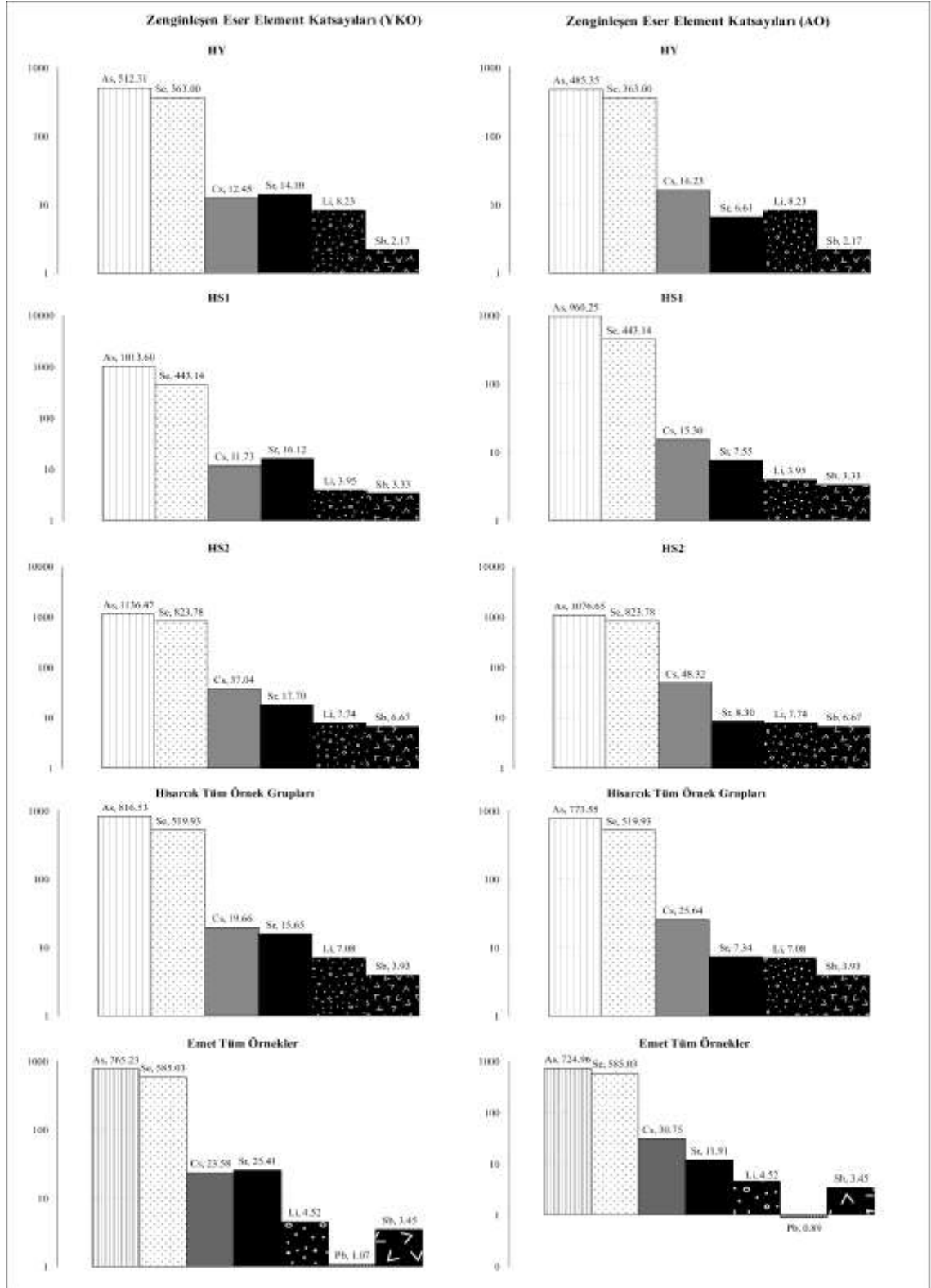
HS2'de 824–824; **Cs** HY'de 12.45–16.23, HS1'de 11.7–15.3, HS2'de 37.04–48.32; **Sr** HY'de 14.10–6.61, HS1'de 16.1-7.6, HS2'de 17.7–8.3; **Sb** HY'de 2.17–2.17, HS1'de 3.3–3.3, HS2'de 6.67–6.67; **Li** HY'de 8.23 –8.23, HS1'de 3.9–3.9, HS2'de 7.74–7.74; kez şeklindedir (Şekil 7.33).

YKO'ya ve AO'yagöre kıyaslama yapıldığında eser elementlerin bollukları ve buna göre karşılaştırma yapılırsa, As, Se, Cs, Sr, Li, ve Sb'nin bolluğu Hisarcık ocağının her üç kesiminde de diğer elementlere göre arttığı göze çarpmaktadır. Diğer elementlerin ise herhangi bir artış göstermediği gözlenmiştir.

Hisarcık'ta zenginleşen bu elementlerin tüm örnek gruplarında birinci rakam YKO'ya, ikincisi AO'yagöre olmak üzere artış katsayıları **As** 816–773; **Se** 520-520; **Cs** 16.66-25.64; **Sr** 15.65-7.34; **Sb** 3.93-3.93; **Li** 7.08-7.08 kez şeklindedir (Şekil 7.33).

Espey ve Hisarcık bölgelerindeki eser elementlerin bollukları ve buna dikkat edilerek kıyaslama yapıldığında, As, Se, Cs, Li, Sr ve Sb'nin bolluğu her iki bölge de diğer tüm eser elementlere göre artış göstermiştir. Pb ise sadece Espey EY örneklerinde artış göstermiştir Zenginleşme oranlarına bakıldığında As, Se, Cs, Sr ve Sb ise Espey bölgesinde Hisarcık bölgesine oranla daha fazla artış sergilemişlerdir. Li ise Hisarcık bölgesinde Espey bölgesine oranla daha fazla artmıştır.

Espey ve Hisarcık bölgelerinde alınan tüm örneklerde zenginleşen elementlerin tüm örnek gruplarında birinci rakam YKO'ya, ikincisi AO'ya göre olmak üzere artış katsayıları **As**, 765–725; **Se**, 585-585; **Cs**, 23.58-30.75; **Sr**, 25.41-11.91; **Sb**, 3.45-3.45; **Li**, 4.52-452 ve **Pb**, 1.07-0.89 kez şeklindedir (Şekil 7.33).



Şekil 7.33. Hissarcık Ocağı ve tüm Emet örnekleri zenginleşen eser elementlerin katsayıları

Çizelge 7.22 Hisarcık Ocağı örneklerine ait eser element jeokimyası sonuçları

Örnek	Kestirilmiş (n)	Ardıçlı	Sırtçın	Çayırca	Sığırcı	Lığırcı	Başçın	Çayırca	Hıfçın	Şibeyri	Diğirca	Uğurca	Zıppıca	Yığırcı	Morjırcı	Çayırca	Phırcıca	Zayırcı	Sığırcı	Şibeyri	Ardıçlı	Ölçüm	
HV1	710	3863	1159	2003.0	487	3.0	-0.2	-0.5	-0.1	0.1	2.7	0.2	0.2	4.0	0.2	0.4	2.0	-0.1	2.0	-0.1	0.1	-0.3	0.1
HV2	711	55.1	17.4	7.7	4461.0	49.7	8.0	0.5	-0.5	0.1	3.1	-0.2	0.1	3.6	1.0	0.2	0.4	0.0	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.1
HV3	712	216.3	40.8	656.7	582.5	5.0	0.3	-0.5	0.2	0.7	4.2	0.6	1.3	6.3	2.4	0.2	10.9	4.0	0.9	0.2	0.2	-0.5	-0.1
HV4	713	>10000	8.5	176.3	1340.0	205.2	780.0	3.3	2.7	0.5	2.7	100.0	3.3	11.4	5.1	-0.1	3.7	18.3	28.0	4.2	1.7	-0.5	0.4
HV5	714	566.8	21.1	192.0	2931.0	189.5	12.0	0.2	-0.5	0.1	0.1	3.9	-0.2	0.3	6.0	0.4	-0.1	0.2	1.4	3.0	0.0	0.4	0.5
HV6	715	713.0	15.9	3.5	13307.0	29.1	72.0	0.6	-0.5	-0.1	0.1	0.7	-0.2	0.1	3.0	0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.5	-0.1	-0.1
HV7	716	154.1	19.8	392.3	5249.0	213.3	37.0	0.6	-0.5	-0.1	0.3	10.7	0.6	0.2	7.0	0.9	-0.1	0.5	1.2	3.0	0.5	0.3	-0.5
HV8	717	177.2	19.3	17.6	5300.0	121.3	100.0	5.7	-0.5	-0.1	0.3	4.6	-0.2	0.3	4.9	0.5	0.2	1.2	2.0	2.0	0.4	0.1	-0.5
HV9	718	200.0	19.7	84.7	5842.0	174.7	14.0	0.7	1.0	-0.1	0.9	30.0	0.9	0.4	8.0	1.9	0.7	2.3	8.1	12.0	2.0	0.9	-0.5
HV10	719	30.7	15.0	5.6	5917.0	42.2	<1	-0.2	-0.5	-0.1	-0.1	2.3	-0.2	0.1	7.0	0.5	0.2	-0.1	0.6	-1	0.1	0.1	1.0
HV11	720	97.0	18.8	31.3	5735.0	118.5	3.0	0.5	-0.5	0.3	0.3	11.3	0.3	3.6	0.7	0.6	0.9	5.8	4.0	0.9	0.2	-0.5	-0.1
HV12	721	60.4	28.1	13.1	6088.0	111.2	8.0	-0.2	-0.5	0.1	0.3	6.3	-0.2	0.1	6.3	0.9	0.2	0.5	0.7	2.0	0.3	0.3	-0.5
HV13	722	146.2	17.3	35.8	8255.0	182.3	109.0	0.4	-0.5	0.2	0.3	23.5	0.5	0.3	5.0	1.2	0.3	1.1	1.0	5.0	1.0	0.6	-0.5
HV14	723	79.0	15.3	35.7	7941.0	184.9	8.0	0.4	0.5	0.2	0.3	17.1	0.3	0.6	12.1	1.0	0.2	0.6	0.7	3.0	1.3	0.3	0.5
Özellikler	922.2	18.2	37.3	6396.1	164.6	15.0	1.4	0.2	0.5	0.6	16.8	0.8	0.4	6.4	1.2	0.3	1.1	3.6	5.8	1.2	0.4	0.7	0.2
Değişim Aralığı	30 >> 10000	8.5-28.1	3.5-176.3	686.7-1830.7	29.1-382.5	<1-70	-0.2-5.7	-0.5-2.7	-0.1-0.5	-0.1-2.7	0.7-10.0	-0.2-3.3	-0.1-1.3	1.6-12.1	0.2-5.1	-0.1-4.7	-0.1-1.7	<0.1-1.8	<0.1-4.2	<0.1-1.7	<0.5-1.0	<0.1-0.4	<0.1-0.4
Standart Sapma	270.9	4.7	45.2	3116.9	180.7	18.0	1.6	1.2	0.1	0.7	26.3	1.0	0.3	5.6	1.3	0.2	1.0	4.8	7.6	1.1	0.5	0.3	0.1
H81-1	89489.3	91.0	24.9	6.3	81100.0	312.2	2.0	0.6	-0.5	0.2	-0.1	1.1	-0.2	0.1	1.8	0.3	-0.1	0.2	2.1	1.0	-0.1	0.6	3.4
H81-2	9040.3	49.5	25.6	13.7	4499.0	74.7	29.0	0.4	-0.5	-0.1	0.2	1.9	-0.2	0.2	3.1	0.7	-0.1	0.3	5.1	2.0	-0.1	-0.1	2.5
H81-3	91.7-92	8128.0	18.4	28.8	3990.0	115.8	17.0	0.6	-0.5	0.3	0.2	4.3	0.4	0.5	3.3	1.5	-0.1	0.7	2.5	4.0	0.4	2.1	1.3
H81-4	93.15-94.4	2419.0	26.9	31.1	4112.0	75.1	1.0	-0.2	-0.5	0.3	0.3	5.3	0.3	13.0	3.8	-0.1	0.5	1.7	3.0	0.1	0.5	1.5	-0.1
H81-5	94.2-94.4	269.8	21.1	54.2	3814.0	90.0	38.0	0.5	-0.5	-0.1	-0.1	4.4	0.3	1.0	7.2	1.3	-0.1	1.0	5.9	8.0	-0.1	0.2	-0.5
H81-6	94.5-94.7	475.0	19.8	96.5	10383.0	64.7	226.0	0.8	0.6	0.1	0.6	18.0	1.0	0.5	4.0	3.3	-0.1	1.3	4.7	0.0	-0.1	0.1	-0.5
H81-7	98.0-99	1239.0	18.4	21.3	8534.0	95.2	168.0	0.6	-0.5	-0.1	0.4	13.4	0.4	0.9	4.2	1.4	-0.1	1.2	1.2	4.0	0.8	0.5	1.4
Özellikler	1824.5	22.2	35.2	4043.1	79.0	83.6	0.6	0.6	0.3	0.2	7.0	0.5	0.5	5.2	1.5	0.5	0.4	0.7	3.0	4.4	0.7	2.0	0.3
Değişim Aralığı	49.5-8178	18.4-26.9	6.5-90.5	381.4-10283	37.2-315.8	1-226	-0.2-4.8	-0.5-2.6	-0.1-0.5	-0.1-4.0	1.1-14.6	-0.2-1.0	-0.1-1.0	1.8-7.2	0.3-1.8	-0.1	0.2-1.3	1.2-5.9	1.0-9.0	<0.1-0.8	<0.1-2.1	<0.5-1.4	<0.1-0.3
Standart Sapma	2001.8	3.6	28.8	1794.9	24.9	88.8	0.1	0.2	0.2	0.2	6.5	0.3	0.3	3.8	1.0	0.4	0.4	1.7	3.0	0.4	0.7	0.9	0.1
H82-1	95.5-95.90	80.0	36.5	17.8	1409.0	37.7	6.0	-0.2	-0.5	-0.1	0.3	6.8	0.3	0.2	2.9	1.2	-0.1	0.4	1.4	2.0	0.7	0.1	-0.5
H82-2	97.8-98	224.4	58.1	44.3	4388.0	112.1	14.0	0.2	-0.5	-0.1	0.8	21.6	0.5	0.5	5.3	1.8	0.2	1.2	8.7	8.0	0.7	1.4	0.8
H82-3	100.5-101	481.3	50.9	51.8	5495.0	105.0	10.0	0.5	-0.5	-0.1	0.8	23.0	1.0	0.3	3.7	2.0	-0.1	1.7	3.1	9.0	0.5	0.3	0.6
H82-4	101.5-101.7	204.7	40.0	47.6	5764.0	118.7	41.0	0.4	0.6	-0.1	0.7	22.1	1.2	0.2	4.8	2.6	-0.1	1.5	3.0	8.0	0.9	0.4	-0.3
H82-5	105-105.3	3496.0	39.2	59.6	3968.0	213.4	52.0	0.4	0.6	0.3	0.8	32.1	1.3	0.6	14.6	3.3	-0.1	3.5	18.5	13.0	1.4	1.1	1.0
H82-6	107.5-107.7	5192.0	43.8	88.5	1705.0	167.0	43.0	1.1	1.2	0.1	1.8	48.8	2.2	1.1	8.6	5.4	-0.1	2.3	18.2	21.0	1.8	0.5	-0.5
H82-7	108.3-108.8	2735.0	34.3	123.7	6976.0	173.8	187.0	1.1	1.8	0.1	1.4	60.3	2.1	3.2	8.0	6.7	0.1	3.5	12.7	22.0	2.1	2.2	1.1
H82-8	109.2-109.5	697.2	41.6	93.4	9418.0	118.5	99.0	1.3	1.2	0.2	1.1	52.2	1.2	0.8	7.6	5.4	0.1	4.8	8.6	15.0	3.0	2.6	-0.5
H82-9	>10000	265.3	471.5	12570.0	317.2	111.0	1.9	3.0	0.3	2.1	124.6	3.7	1.0	15.7	5.4	1.7	7.8	23.8	30.0	5.2	3.4	2.3	2.2
Özellikler	2045.6	41.2	111.1	6639.2	154.8	86.1	0.9	1.4	0.2	1.1	43.5	1.5	0.9	7.7	3.7	0.5	3.0	10.9	16.4	1.9	1.3	1.2	1.1
Değişim Aralığı	98-<10000	28.7-58.1	17.6-171.5	106.8-1257.0	77.7-317.2	6-187	-0.2-1.9	-0.5-2.0	-0.1-0.4	0.2-1.7	6.8-124.6	0.3-3.7	0.2-3.2	2.6-15.7	1.2-6.7	-0.1-1.7	0.4-7.8	1.4-23.8	1.6-50.0	0.5-5.2	0.1-3.8	-0.5-1.3	-0.1-2.2
Standart Sapma	1298.2	9.2	138.7	2885.0	74.0	89.9	0.6	0.9	0.1	0.7	59.0	1.0	0.9	4.6	2.0	0.8	2.3	7.9	18.1	1.6	1.2	0.7	0.8
Özellikler	1.8	0.1	3.0	375.0	24.0	50.0	22.0	18.0	3.0	20.0	90.0	8.5	2.7	185.0	35.0	1.5	50.0	12.5	70.0	75.0	0.2	3.0	0.8
Özellikler	1.9	0.1	2.5	960.0	20.0	3140.0	10.0	17.0	3.0	20.0	72.0	7.0	1.8	260.0	25.0	0.9	35.0	15.0	72.0	55.0	0.2	3.0	0.5
Taahhüt Değişim Aralığı	2.10 ⁶	0.130 ⁶	1.8.10 ⁴ (4)	56.30 ⁶	1.10 ⁶	10.30 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶	0.05.10 ⁶

(* Değer yok, (1). Krauskopf, 1989. (2). Schroll, 1975 (3). Abollino, vd. 2004 . (4) Şahinci, 1991.).[B₂O₃ içeriği SUM'a dahil değildir.]

7.4.3 Emet borat yatağı nadir toprak element jeokimyası

Emet borat yatakları oluşum ortamının fizikokimyasal şartlarını ve kökensele ilişkilerini belirlemek için Nadir Toprak Elementlerin (NTE) PAAS ortalama değerlerine göre normalize edilmiş dağılım diyagramları incelenmiştir. Espey için ayrı ayrı yapılan diyagramlarda (Şekil 7.34) görüldüğü gibi örneklerin tamamı benzer davranış sergilemektedir.

Espey ocağı NTE içeriklerinin ortalama değerleri **EY** örnekleri sırasıyla La (1.71), Ce (3.43), Pr (0.40), Nd (1.70), Sm (0.35), Eu (0.08), Gd (0.42), Tb (0.08), Dy (0.47), Ho (0.11), Er (0.33), Tm (0.05), Yb (0.35) ve Lu (0.06) şeklinde, **ES1** örnekleri için La (1.47), Ce (2.87), Pr (0.36), Nd (1.48), Sm (0.33), Eu (0.08), Gd (0.39), Tb (0.07), Dy (0.41), Ho (0.10), Er (0.28), Tm (0.05), Yb (0.27) ve Lu (0.05) şeklinde, **ES2** örnekleri için La (1.48), Ce (3.17), Pr (0.37), Nd (1.54), Sm (0.34), Eu (0.08), Gd (0.42), Tb (0.07), Dy (0.43), Ho (0.09), Er (0.26), Tm (0.04), Yb (0.25) ve Lu (0.04) şeklindedir.

Espey örneklerinin tamamının NTE ortalaması ise sırasıyla La (1.55), Ce (3.17), Pr (0.38), Nd (1.58), Sm (0.34), Eu (0.08), Gd (0.41), Tb (0.07), Dy (0.44), Ho (0.10), Er (0.29), Tm (0.05), Yb (0.29) ve Lu (0.05) şeklindedir.

Espey örneklerinde (Şekil 7.34) ES1, ES2, EY ve tüm örneklerin eğrisinde belirgin bir anomali göze çarpmamakla birlikte, çok az da olsa bazı anomaliler dikkat çekmektedir. Şekil 7.34'te de görüldüğü gibi çok az oranda da olsa Ağır Nadir Toprak Elementleri (ANTE) ve Orta Nadir Toprak Elementlerin (ONTE)'nin Hafif Nadir Toprak Elementleri (HNTE)'nden daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Espey örnekleri eğrisinde ES1, ES2, EY ve tüm örneklerin ortalamasında Ce ve Eu negatif anomalisi söz konusudur. Çok belirgin olmayan pozitif Ho anomalisinden de söz edilebilir.

Espey ocağında olduğu gibi Hisarcık ocağı için de ayrı ayrı yapılan diyagramlarda (Şekil 7.35) tüm örnekler benzer davranış sergilemektedir.

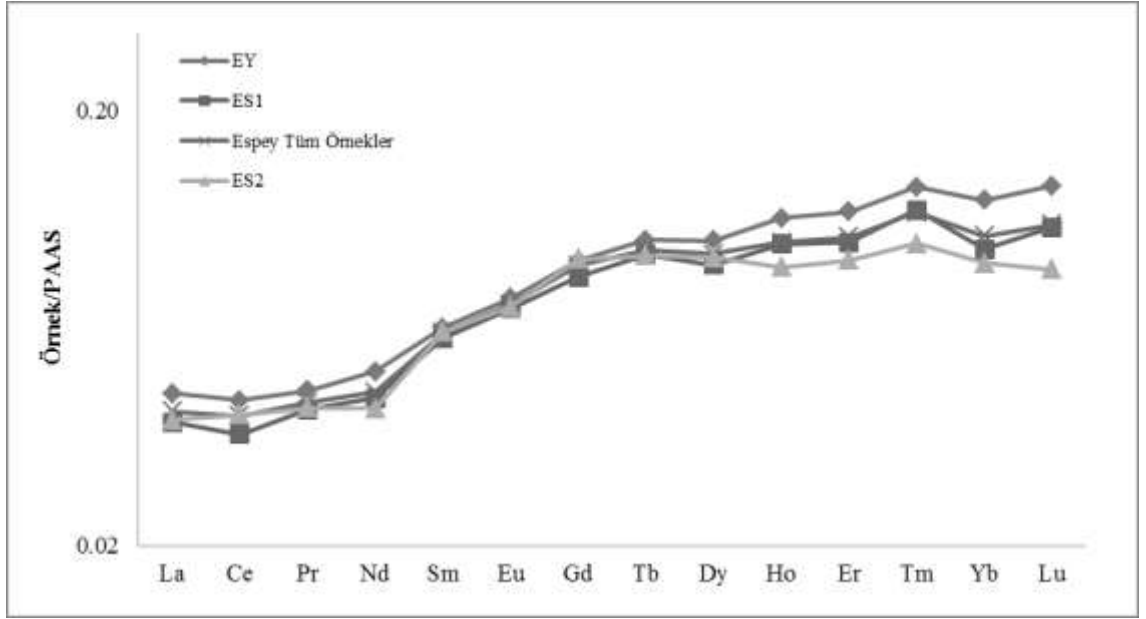
Hisarcık ocağı NTE içeriklerinin ortalama değerleri **HY** örnekleri için sırasıyla La (1.09), Ce (1.95), Pr (0.23), Nd (1.44), Sm (0.23), Eu (0.06), Gd (0.22), Tb (0.04), Dy (0.22), Ho (0.06), Er (0.13), Tm (0.03), Yb (0.13) ve Lu (0.03) şeklinde, **HS1** örnekleri için La (1.13), Ce (1.80), Pr (0.20), Nd (0.95), Sm (0.19), Eu (0.04), Gd (0.22), Tb (0.04), Dy (0.19), Ho (0.05), Er (0.15), Tm (0.03), Yb (0.15) ve Lu (0.03) şeklinde, **HS2** örnekleri için La (3.38), Ce (6.18), Pr (0.69), Nd (2.59), Sm (0.52), Eu (0.10), Gd (0.56), Tb (0.10), Dy (0.55), Ho (0.12), Er (0.34), Tm (0.05), Yb (0.34) ve Lu (0.05) değerindedir.

Hisarcık örneklerinin tamamının NTE ortalaması ise La (1.81), Ce (3.18), Pr (0.37), Nd (1.76), Sm (0.32), Eu (0.07), Gd (0.33), Tb (0.06), Dy (0.32), Ho (0.08), Er (0.21), Tm (0.04), Yb (0.21) ve Lu (0.04) değerlerine sahiptir.

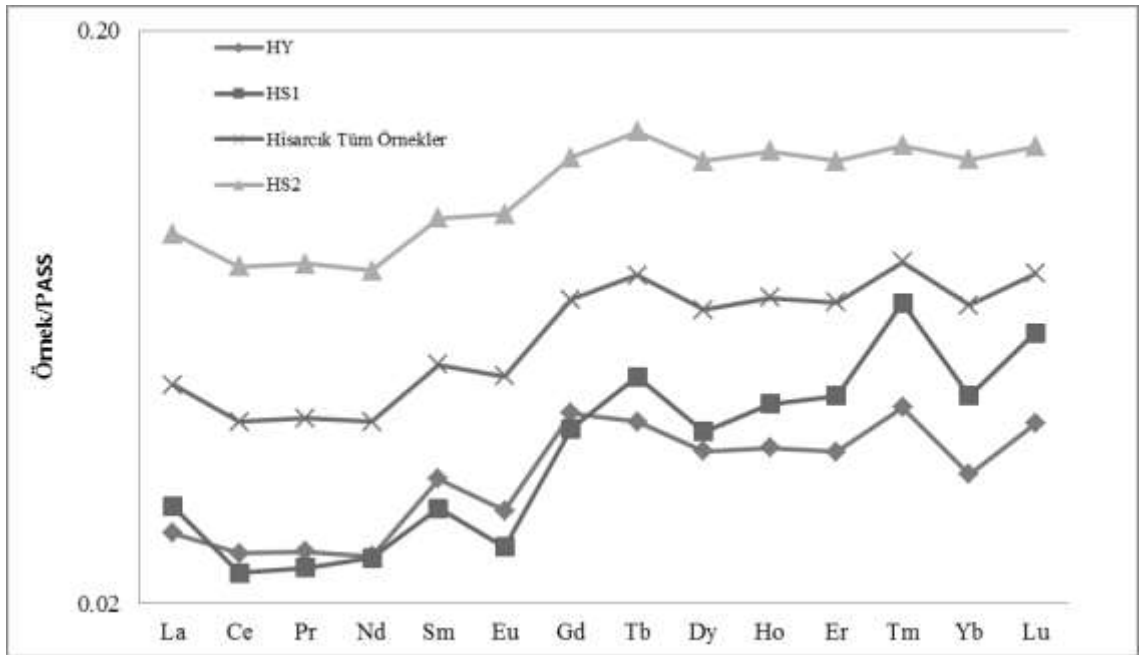
Hisarcık Ocağı örneklerinin NTE bollukları Espey Ocağı örneklerinin bolluklarına göre düşük değerdedir.

Hisarcık örneklerinde (Şekil 7.35) HS1, HS2, HY ve tüm örneklerin eğrisinde belirgin anomaliler görülmektedir. Bunun yanında Espey'de olduğu gibi çok az miktarda da olsa ANTE'nin ve ONTE'nin HNTE'den daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Hisarcık örnekleri eğrisinde ise bazı anomaliler görülebilmektedir. Bu eğrilere göre HS2 örneklerinde Ce anomali vermezken, diğer tüm örneklerde Ce ve Eu negatif anomali göstermektedir. Espeyde olduğu gibi çok belirgin olmayan pozitif Ho anomalisinden de söz edilebilir.



Şekil 7.34 Esprey Ocağı borat örnekleri NTE dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir)



Şekil 7.35 Hisarcık Ocağı borat örnekleri NTE dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir)

Çizelge 7.23 Espy Ocağı örneklerine ait Nadir Toprak Element jeokimyası sonuçları

Örnek	La(ppm)	Ce(ppm)	Pr(ppm)	Nd(ppm)	Sm(ppm)	Eu(ppm)	Gd(ppm)	Tb(ppm)	Dy(ppm)	Ho(ppm)	Er(ppm)	Tm(ppm)	Yb(ppm)	Lu(ppm)
EY1	1.00	2.00	0.22	1.30	0.18	0.06	0.34	0.06	0.38	0.10	0.33	0.05	0.31	0.05
EY2	0.50	0.60	0.08	0.40	0.08	0.02	0.15	0.03	0.20	0.06	0.16	0.03	0.21	0.04
EY3	2.70	5.50	0.62	3.00	0.58	0.12	0.65	0.13	0.81	0.23	0.70	0.12	0.84	0.15
EY4	1.80	4.00	0.48	2.00	0.43	0.10	0.55	0.11	0.62	0.17	0.43	0.07	0.51	0.07
EY5	1.90	3.80	0.46	1.70	0.40	0.09	0.42	0.08	0.44	0.09	0.27	0.04	0.25	0.05
EY6	1.00	2.00	0.23	0.90	0.19	0.05	0.20	0.04	0.28	0.04	0.13	0.02	0.13	0.02
EY7	3.90	7.50	0.89	3.10	0.70	0.14	0.73	0.14	0.71	0.15	0.49	0.08	0.45	0.07
EY8	1.10	2.00	0.25	1.40	0.27	0.08	0.42	0.07	0.56	0.11	0.38	0.06	0.33	0.06
EY9	1.10	2.50	0.30	1.50	0.32	0.07	0.38	0.06	0.35	0.08	0.23	0.04	0.23	0.04
EY10	2.10	4.40	0.48	1.70	0.36	0.07	0.36	0.06	0.35	0.09	0.21	0.03	0.24	0.03
Ortalama	1.71	3.43	0.40	1.70	0.35	0.08	0.42	0.08	0.47	0.11	0.33	0.05	0.35	0.06
ES1-1	1.50	2.70	0.36	1.70	0.29	0.10	0.47	0.08	0.52	0.12	0.35	0.06	0.33	0.06
ES1-2	2.30	4.60	0.53	2.00	0.42	0.08	0.44	0.08	0.46	0.11	0.31	0.06	0.36	0.06
ES1-3	1.60	3.10	0.38	1.70	0.34	0.08	0.43	0.08	0.51	0.09	0.25	0.05	0.28	0.04
ES1-4	1.70	3.00	0.42	1.50	0.41	0.10	0.48	0.08	0.45	0.10	0.28	0.04	0.21	0.04
ES1-5	0.80	1.20	0.16	0.50	0.13	0.03	0.19	0.04	0.21	0.06	0.20	0.03	0.17	0.03
ES1-6	1.30	2.70	0.23	1.40	0.34	0.08	0.38	0.08	0.45	0.11	0.31	0.05	0.27	0.05
ES1-7	1.20	2.70	0.32	1.50	0.31	0.05	0.26	0.05	0.21	0.06	0.16	0.03	0.15	0.03
ES1-8	1.60	3.40	0.42	1.70	0.39	0.07	0.32	0.06	0.34	0.08	0.23	0.04	0.21	0.04
ES1-9	1.20	2.40	0.34	1.50	0.36	0.09	0.50	0.10	0.57	0.15	0.46	0.07	0.45	0.07
Ortalama	1.47	2.87	0.36	1.48	0.33	0.08	0.39	0.07	0.41	0.10	0.28	0.05	0.27	0.05
ES2-1	1.30	2.80	0.35	1.30	0.29	0.06	0.36	0.07	0.40	0.07	0.23	0.03	0.25	0.03
ES2-2	1.90	4.60	0.51	1.90	0.59	0.13	0.68	0.12	0.65	0.12	0.36	0.05	0.26	0.04
ES2-3	0.90	1.90	0.25	1.00	0.25	0.06	0.35	0.06	0.36	0.07	0.24	0.03	0.16	0.03
ES2-4	0.80	1.70	0.23	1.10	0.25	0.05	0.32	0.06	0.28	0.07	0.20	0.03	0.18	0.03
ES2-5	0.50	0.70	0.08	<0.3	0.06	0.03	0.19	0.03	0.19	0.03	0.12	0.03	0.15	0.02
ES2-6	2.70	5.90	0.61	2.60	0.50	0.11	0.51	0.09	0.57	0.12	0.33	0.05	0.37	0.05
ES2-7	0.60	1.30	0.13	0.40	0.12	0.02	0.18	0.03	0.23	0.04	0.12	0.02	0.13	0.02
ES2-8	1.00	2.00	0.24	0.90	0.18	0.05	0.24	0.03	0.13	0.04	0.09	0.02	0.11	0.01
ES2-9	3.60	7.30	0.82	3.00	0.70	0.16	0.86	0.14	0.90	0.20	0.60	0.09	0.60	0.10
ES2-10	0.80	1.90	0.22	1.00	0.28	0.06	0.32	0.06	0.37	0.08	0.21	0.04	0.21	0.03
ES2-11	2.20	4.90	0.58	2.20	0.56	0.11	0.65	0.10	0.65	0.11	0.34	0.05	0.34	0.05
Ortalama	1.48	3.17	0.37	1.54	0.34	0.08	0.42	0.07	0.43	0.09	0.26	0.04	0.25	0.04
Ort.(Yerkabuğu) (1)	35	70	8	30	7	1.2	7	1	6	1.5	3.5	0.5	3.5	0.6

[(1) Krauskopf, 1989].

Çizelge 7.24 Hisarcık Ocağı örneklerine ait Nadir Toprak Element jeokimyası sonuçları

Örnek	La(ppm)	Ce(ppm)	Pr(ppm)	Nd(ppm)	Sm(ppm)	Eu(ppm)	Gd(ppm)	Tb(ppm)	Dy(ppm)	Ho(ppm)	Er(ppm)	Tm(ppm)	Yb(ppm)	Lu(ppm)
HY1	0.30	0.30	0.04	<0.3	<0.05	<0.02	0.06	0.01	0.06	<0.02	<0.03	<0.01	<0.05	<0.01
HY2	1.00	0.90	0.10	<0.3	0.07	<0.02	0.08	0.02	0.08	0.02	0.07	0.02	0.08	0.02
HY3	2.40	4.40	0.42	1.80	0.28	0.06	0.25	0.05	0.25	0.07	0.20	0.04	0.25	0.05
HY4	3.60	8.00	0.97	4.60	0.95	0.14	0.96	0.15	0.84	0.18	0.49	0.08	0.40	0.07
HY5	0.30	0.40	0.06	<0.3	<0.05	<0.02	0.09	<0.01	<0.05	<0.02	<0.03	<0.01	<0.05	<0.01
HY6	<0.1	0.10	<0.02	<0.3	<0.05	<0.02	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.03	<0.01	<0.05	<0.01
HY7	0.80	1.20	0.15	0.40	0.12	0.04	0.17	0.02	0.12	0.04	0.09	0.02	0.06	0.01
HY8	0.30	0.70	0.08	<0.3	0.05	<0.02	0.07	0.01	<0.05	<0.02	0.04	<0.01	0.05	<0.01
HY9	1.60	3.60	0.37	1.40	0.33	0.06	0.35	0.06	0.27	0.05	0.13	0.03	0.15	0.02
HY10	0.30	0.50	0.05	<0.3	0.05	<0.02	0.06	0.01	0.12	<0.02	0.06	0.01	0.05	0.01
HY11	0.50	1.20	0.13	0.50	0.11	0.02	0.10	0.02	0.13	0.03	0.07	<0.01	<0.05	0.01
HY12	0.90	1.60	0.19	1.00	0.21	0.03	0.18	0.03	0.16	0.04	0.09	0.01	0.12	0.02
HY13	1.20	2.40	0.27	1.00	0.24	0.05	0.23	0.04	0.18	0.05	0.12	0.02	0.09	0.02
HY14	1.00	2.00	0.22	0.80	0.16	0.04	0.21	0.03	0.21	0.04	0.11	0.02	0.08	0.02
Ortalama	1.09	1.95	0.23	1.44	0.23	0.06	0.22	0.04	0.22	0.06	0.13	0.03	0.13	0.03
HS1-1	0.40	0.50	0.06	0.40	<0.05	0.02	<0.05	0.02	0.08	<0.02	<0.03	0.02	<0.05	0.01
HS1-2	0.90	0.80	0.11	<0.3	0.09	<0.02	0.09	0.02	0.09	0.02	0.06	0.02	0.07	0.02
HS1-3	1.30	1.50	0.17	0.80	0.13	<0.02	0.18	0.04	0.17	0.04	0.12	0.03	0.12	0.02
HS1-4	1.10	2.00	0.22	1.20	0.18	0.04	0.20	0.04	0.22	0.06	0.16	0.03	0.17	0.03
HS1-5	0.80	1.60	0.17	0.40	0.14	0.03	0.16	0.03	0.14	0.04	0.14	0.02	0.13	0.03
HS1-6	2.00	4.20	0.45	1.90	0.41	0.07	0.47	0.08	0.41	0.10	0.30	0.05	0.29	0.05
HS1-7	1.40	2.00	0.25	1.00	0.19	0.03	0.22	0.04	0.20	0.05	0.14	0.02	0.13	0.02
Ortalama	1.13	1.80	0.20	0.95	0.19	0.04	0.22	0.04	0.19	0.05	0.15	0.03	0.15	0.03
HS2-1	1.40	2.50	0.24	0.90	0.19	0.04	0.19	0.04	0.19	0.04	0.11	0.01	0.14	0.02
HS2-2	1.50	3.30	0.37	1.30	0.24	0.06	0.25	0.06	0.27	0.07	0.16	0.02	0.17	0.03
HS2-3	1.50	2.70	0.33	1.10	0.29	0.06	0.35	0.06	0.28	0.08	0.17	0.03	0.15	0.03
HS2-4	2.90	4.70	0.54	2.50	0.42	0.08	0.41	0.08	0.41	0.09	0.20	0.04	0.23	0.04
HS2-5	2.40	4.20	0.49	1.80	0.33	0.06	0.38	0.08	0.48	0.09	0.27	0.04	0.30	0.06
HS2-6	5.20	8.60	0.98	3.40	0.72	0.13	0.79	0.14	0.80	0.18	0.49	0.08	0.49	0.07
HS2-7	5.80	9.40	1.06	3.70	0.85	0.15	0.88	0.16	0.84	0.18	0.61	0.10	0.65	0.10
HS2-8	4.10	8.50	0.96	3.70	0.74	0.16	0.82	0.15	0.78	0.17	0.48	0.06	0.42	0.06
HS2-9	5.60	11.70	1.27	4.90	0.93	0.19	0.97	0.16	0.94	0.20	0.55	0.08	0.48	0.08
Ortalama	3.38	6.18	0.69	2.59	0.52	0.10	0.56	0.10	0.55	0.12	0.34	0.05	0.34	0.05
Ort.(Yerkabuğu) (1)	35	70	8	30	7	1.2	7	1	6	1.5	3.5	0.5	3.5	0.6

[(1) Krauskopf, 1989].

7.4.4 Emet borat yatağı ana ve eser elementlerinin korelasyon analizi

Emet borat yatağı oluşumlarında yer alan elementlerin jeokimyasal eğilimlerinin belirlenmesi, birlikte ya da ters hareket eden elementlerin ve oluşan grupların değerlendirilmesi için korelasyon kat sayıları hesaplanmış, ayrıca kümeleme analizi yöntemi uygulanmıştır. Hesaplama ve değerlendirmeler Emet Borat Yatağının Espey Ocağı kesimi ve Hisarcık Ocağı kesimi için ayrı ayrı yapılmıştır. Espey ocağı örnek grupları ayrı ayrı kendi içinde, Hisarcık Ocağı örnek grupları da ayrı ayrı kendi içinde pearson korelasyon katsayıları hesaplanarak elementlerin korelasyonları yapılmıştır. Ayrıca her ocağa ait örnekler grupları hem ayrı ayrı kendi içlerinde hem de ocağın tamamında değerlendirilmiştir.

Bunun yanında bir kısmı boratların ana element bileşenleri arasında olan Si, Al, Fe, K, Mg, Ca gibi elementlerin birbirleriyle ve diğer eser elementlerle olan korelasyon ilişkileri ortamın jeokimyasal özelliklerini açıklamaya katkı sağlayabilecektir.

7.4.4.1 Espey Ocağı ana ve eser element korelasyonları

ES1 örnekleri için **Si**; *Al, Mg, Na, K, Ti, P, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zn, Sb, As, Li* ve *NTE* ile, **Al**; *Si, Na, K, Ti, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zr, Zn* ve *NTE* ile, **Fe**; *K, Ga, Y, Ni, Cd, Tl* ve *NTE* ile, **Mg**; *Si, TOT/C, Th, U, Zn* ve *Li* ile, **Na**; *Si, Al, Cs, Rb, Zr* ve *NTE* ile, **K**; *Si, Al, Fe, Ti, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zn, Tl, Li* ve *NTE* ile, **Ti**; *Si, Al, K, P, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zn, Li* ve *NTE* ile, **P**; *Si, Ti, As* ve *Li* ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **Ca**; *TOT/C, Ba, U, Mo, Pb, Au* ve *Se* ile **B** ise *TOT/S, Co, Hf, Sr, Zr, Y, Cu, Pb, Ni* ve *Cd* ile pozitif ilişkisi söz konusudur.

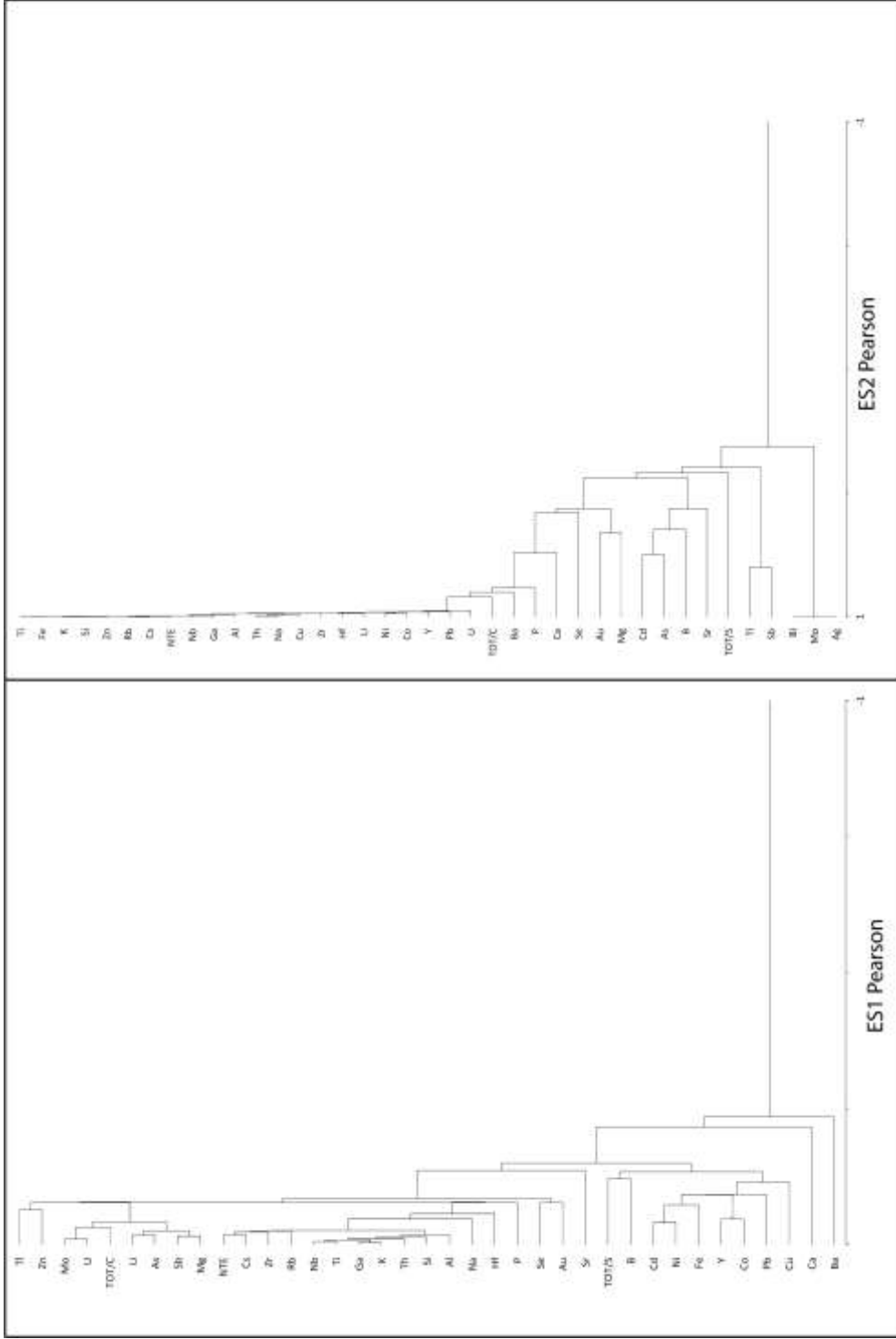
Yapılan kümeleme analizi esas olarak 4 ana grup element varlığını göstermektedir. Birinci grup Mo, U, TOT/C, Li, As, Sb ve Mg'den oluşmaktadır. NTE, Cs, Zr, Rb, Nb, Ti, Ga, K, Th, Si, Al, Na, Hf, P, Se ve Au ikinci grubu oluştururken, TOT/S, B, Cd, Ni, Fe, Y, Co, Pb, Cu, Sr, Ca ve Ba üçüncü grup elementleri oluşturmaktadır. Tl ve Zn ikilisi dördüncü ve son grubu oluşturmaktadır.

Si, Al, Fe, K ve Ti gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdıkları eser elementlerle yüksek korelasyon katsayıları vermiştir. TOT/S, B, Cd, Ni, Fe, Y, Co, Pb, Cu, Sr, Ca ve Ba elementler ise grup içerisinde düşük pozitif korelasyonu söz konusudur. Bu elementler kendi aralarında örneğin Ca; TOT/C ile 0.36, Ba ile 0.23 ve Mo ile 0.42 korelasyon katsayıları göstermiştir. Ca'un Si, Al, Fe, K ve Ti grubu elementlerle negatif ilişkisi bunların kökensel olarak farklı olduğuna işaret etmektedir.

Elementler bu ana gruplamaların altında kendi içlerinde daha kuvvetli korelasyon gösterdikleri 7 grup oluşturmaktadır. Bunlar (Tl, Zn), (Mo, U, TOT/C), (Li, As, Sb, Mg), (NTE, Cs, Zr, Rb, Nb, Ti, Ga, K, Th, Si, Al, Na, Hf, P), (Se, Au), (TOT/S, B) ve (Cd, Ni, Fe, Y, Co, Pb, Cu) şeklinde gruplanmışlardır.

Çizelge 7.25 ES1 Sondaj örnekleri korelasyon katsayıları

B	1.00	-0.01	-0.41	-0.04	-0.97	-0.08	-0.14	-0.38	-0.59	-0.35	-0.00	0.47	-0.06	0.41	-0.08	-0.34	0.25	-0.17	-0.21	0.66	-0.66	-0.84	0.12	0.44	-0.82	0.31	0.24	-0.39	0.22	-0.77	0.13	-0.84	-0.49	-0.56	-0.38	-0.81	-0.85						
Si		1.00	0.59	0.20	0.41	-0.53	0.12	0.36	0.91	0.69	0.24	-0.27	-0.06	0.04	0.72	0.46	0.34	0.33	0.52	-0.59	0.01	0.23	0.29	0.12	0.44	0.17	0.18	0.13	0.41	-0.16	0.51	0.27	0.30	0.04	0.71								
Al			1.00	0.57	0.19	-0.38	-0.03	0.02	0.94	0.53	0.05	-0.07	-0.07	-0.28	0.89	0.75	0.48	0.06	0.89	-0.07	0.01	0.17	0.07	0.42	0.07	0.42	0.05	0.23	0.06	0.12	0.36	0.19	0.14	-0.19	0.32	-0.38	0.59	0.04					
Fe				1.00	-0.01	-0.20	-0.11	0.09	0.50	0.02	-0.22	0.07	-0.26	0.31	0.58	0.09	0.32	0.54	0.52	0.38	0.43	0.05	0.14	0.57	0.27	0.27	0.05	0.24	0.57	0.64	0.26	0.38	-0.15	0.69	0.43	0.01	0.01	0.39					
Mg					1.00	-0.11	0.13	0.54	0.57	0.53	0.15	-0.43	0.08	-0.44	0.01	0.59	-0.26	0.51	0.15	0.65	0.03	0.15	-0.15	-0.49	0.71	-0.14	-0.31	0.64	-0.26	0.38	-0.15	0.69	0.43	0.57	0.41	0.01	0.01	0.01					
Ca						1.00	-0.21	0.33	0.36	-0.43	0.16	-0.10	0.23	-0.06	-0.22	0.28	-0.31	-0.28	-0.58	0.10	0.19	-0.14	0.42	-0.27	0.29	0.45	-0.12	-0.43	-0.02	-0.20	0.66	-0.25	0.10	-0.09	-0.09	-0.21	0.01	0.01					
Na							1.00	0.35	0.48	0.42	-0.08	-0.38	-0.02	0.11	0.63	0.39	0.47	0.71	-0.31	0.58	-0.25	-0.63	0.63	0.15	-0.24	0.37	0.02	-0.06	-0.21	0.19	-0.48	-0.05	-0.47	-0.36	-0.64	0.55	0.09	0.01					
K								1.00	0.04	0.47	0.23	-0.17	-0.19	0.06	0.77	0.99	0.26	0.97	0.25	0.33	0.33	0.44	0.37	0.23	0.21	0.10	0.06	0.19	0.33	0.21	0.33	0.02	0.61	-0.23	0.68	0.03	0.03	0.03					
Ti									1.00	0.60	0.26	0.03	-0.04	0.08	0.79	0.95	0.43	0.95	0.52	-0.07	0.94	0.33	0.43	0.17	0.19	0.08	-0.09	0.70	0.08	0.50	0.12	0.33	-0.03	0.40	-0.21	0.71	0.03	0.03					
P										1.00	0.10	-0.01	-0.10	-0.22	0.26	0.43	0.30	0.51	0.40	0.23	0.44	-0.03	0.28	-0.19	-0.17	0.26	-0.37	0.53	-0.24	0.73	-0.28	0.46	-0.28	0.21	-0.09	0.01	0.26	0.26					
TOTC											1.00	-0.17	0.11	-0.46	-0.22	0.19	-0.37	0.23	-0.09	-0.20	0.37	0.15	-0.55	-0.68	0.54	-0.35	-0.27	0.28	-0.44	0.36	-0.23	0.78	0.01	0.36	0.48	0.57	-0.28	0.28					
TOTB												1.00	0.19	0.11	0.17	-0.04	0.29	-0.17	0.08	-0.19	-0.23	-0.37	0.19	0.08	-0.58	-0.20	-0.15	-0.17	-0.12	-0.51	0.23	-0.47	-0.13	-0.33	-0.00	-0.25	0.08	0.08	0.08				
Ba													1.00	0.42	-0.18	-0.12	-0.49	-0.22	-0.13	-0.21	-0.08	-0.11	0.25	-0.19	0.01	-0.22	-0.29	-0.05	-0.11	-0.02	-0.05	0.00	-0.23	0.21	-0.01	-0.31	-0.01	0.18	0.18				
Co														1.00	0.26	0.21	-0.01	0.09	0.20	0.35	0.10	-0.27	0.46	0.78	-0.52	0.25	0.39	0.08	0.78	-0.37	0.54	-0.54	0.30	0.01	-0.43	-0.33	0.53	0.53					
Cu															1.00	0.31	0.73	0.02	0.03	-0.20	0.03	-0.20	0.77	-0.06	0.78	0.58	-0.20	0.24	0.25	0.30	-0.05	0.17	-0.25	-0.39	0.04	-0.84	0.21	0.86	0.86				
Zn																1.00	0.57	0.96	0.77	0.64	0.95	0.41	0.44	0.19	0.27	0.11	0.10	0.72	0.34	0.43	0.31	0.25	-0.01	0.55	-0.19	0.68	0.78	0.78					
Fe																	1.00	0.41	0.62	-0.35	0.56	-0.37	0.54	0.38	-0.56	0.44	0.29	-0.12	-0.08	-0.22	0.04	-0.45	-0.71	-0.28	-0.65	-0.05	0.44	0.44					
Nb																		1.00	0.99	-0.02	0.93	0.28	0.88	-0.03	0.71	0.19	0.21	0.09	0.34	-0.12	0.47	-0.38	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09						
Mn																			1.00	-0.30	0.81	-0.68	0.82	0.32	-0.11	0.02	-0.11	0.34	0.02	0.14	-0.15	-0.01	-0.79	-0.02	-0.59	0.40	0.15	0.15					
Se																				1.00	-0.20	0.05	-0.40	0.37	0.08	-0.16	-0.15	0.01	0.54	0.38	0.44	0.30	0.09	0.09	0.34	0.18	-0.28	0.28					
Th																					1.00	-0.20	0.05	-0.40	0.37	0.08	-0.16	-0.15	0.01	0.54	0.38	0.44	0.30	0.09	0.09	0.34	0.18	-0.28	0.28				
U																						1.00	0.48	0.52	0.16	0.35	0.08	0.01	0.40	0.10	0.48	0.05	0.35	0.08	0.38	-0.24	0.07	0.64	0.64				
Zr																							1.00	-0.29	-0.25	0.09	-0.19	0.04	0.02	0.46	0.29	0.46	0.29	0.60	0.76	0.66	0.43	0.44	-0.17	-0.17			
Y																								1.00	0.36	-0.46	0.20	0.00	-0.16	-0.02	-0.15	-0.22	-0.36	-0.39	-0.44	-0.69	0.10	0.00	0.00	0.00			
Mo																									1.00	-0.57	0.59	0.09	0.12	0.63	-0.37	0.65	-0.64	-0.32	0.13	-0.44	-0.36	-0.36	0.55	0.55			
Ce																										1.00	-0.43	-0.14	0.44	0.01	0.49	0.02	0.73	0.69	0.63	0.45	0.43	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33		
Pr																										1.00	0.74	-0.12	0.28	0.02	0.21	-0.19	-0.24	-0.07	-0.27	-0.05	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19		
Pb																											1.00	0.42	0.54	-0.38	0.62	-0.58	-0.07	0.04	-0.28	-0.44	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
Zn																											1.00	0.00	0.00	-0.13	0.01	-0.13	0.01	-0.29	0.12	0.53	-0.18	-0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	
Ni																											1.00	0.00	0.00	-0.13	0.01	-0.13	0.01	-0.29	0.12	0.53	-0.18	-0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	
As																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01
Ag																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01
Cd																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01
Sr																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01
Te																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01
Se																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01
Li																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01
NTE																											1.00	0.00	0.00	-0.17	0.01	-0.17	0.01	-0.31	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01



Şekil 7.36 ES1 ve ES2 sondaj örneklerine ait dendrogram

ES2 sondaj örnekleri için **Si**; *Al, Fe, Na, K, Ti, TOT/C, Cs, Li, Co, Pb, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, U, Zr, Y, Cu, Zn, Ni* ve *NTE* ile, **Al**; *Si, Fe, Na, K, Ti, Cs, Li, Co, Pb, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, U, Zr, Y, Cu, Zn, Ni* ve *NTE* ile, **Fe**; *Si, Al, Na, K, Ti, Cs, Li, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, U, Zr, Y, Cu, Zn, Ni* ve *NTE* ile, **Mg**; sadece *Au* ile, **Ca**; ise sadece *TOT/C* ile, **Na**; *Si, Al, Fe, K, Ti, Cs, Li, Pb, Ba, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, U, Zr, Y, Cu, Zn* ve *NTE* ile, **K**; *Si, Al, Fe, Na, Ti, TOT/C, Cs, Li, Pb, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, U, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni* ve *NTE* ile, **Ti**; *Si, Al, Fe, Na, K, Cs, Li, Pb, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, U, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni* ve *NTE* ile, **P**; sadece *Y* ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **B** ise sadece *Mg, TOT/S, As* ve *Cd* ile zayıf pozitif ilişkisi söz konusudur.

Yapılan kümeleme analizi esas olarak 2 ana element grubunun varlığını göstermektedir. *Ti, Fe, K, Si, Zn, Rb, Cs, NTE, Nb, Ga, Al, Th, Na, Cu, Zr, Hf, Li, Ni, Co, Y, Pb* ve *U* birinci grup, *TOT/C, Ba, P, Ca, Se, Au, Mg, Cd, As, B, Sr, TOT/S, Tl, Sb, Bi, Mo* ve *Ag* ikinci grup şeklindedir.

Si, Al, Fe, K ve *Ti* gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementlerle yüksek korelasyon katsayısı vermiştir. *TOT/C, Ba, P, Ca, Se, Au, Mg, Cd, As, B, Sr, TOT/S, Tl, Sb, Bi, Mo* ve *Ag* elementlerinin ise gruplaştığı elementlerle düşük pozitif korelasyonu söz konusudur. Bu elementler kendi aralarında örneğin *Ca*; *TOT/C* ile 0.66 ve *Se* ile 0.38 korelasyon katsayıları göstermiştir. *Ca*'un *Si, Al, Fe, K* ve *Ti* grubu elementlerle düşük pozitif ilişkisi detritik kökenli *Ca*'un da bulunabileceğini işaret etmektedir.

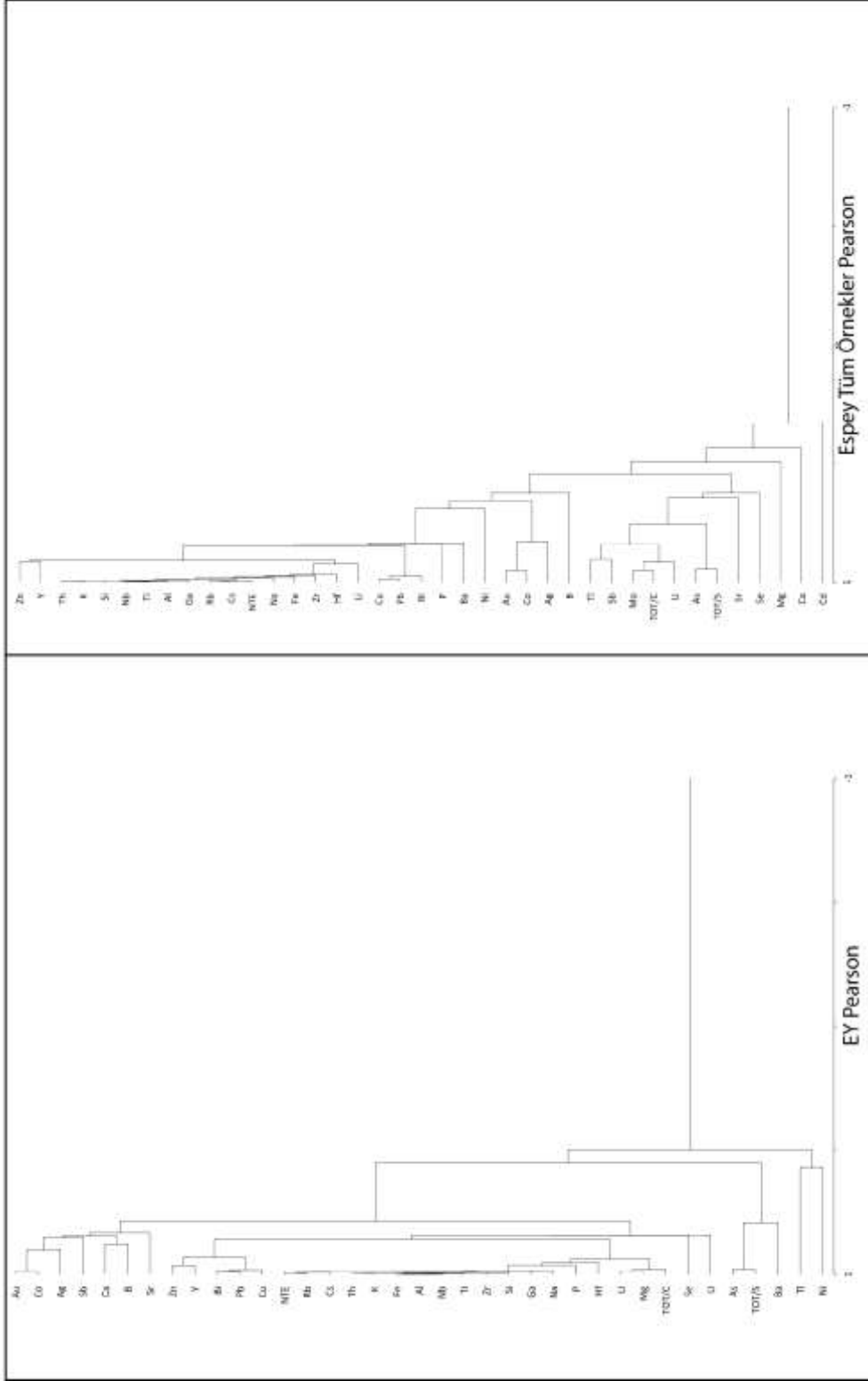
Elementler bu ana gruplamaların altında kendi içlerinde daha kuvvetli korelasyonlar gösterdikleri 5 grup oluşturmaktadırlar. Bunlar *Ti, Fe, K, Si, Zn, Rb, Cs, NTE, Nb, Ga, Al, Th, Na, Cu, Zr, Hf, Li, Ni, Co, Y, Pb* ve *U*'un oluşturduğu birinci grup, *TOT/C, Ba, P* ve *Ca*'un oluşturduğu ikinci grup, *Cd, As, B* ve *Sr*'un oluşturduğu üçüncü grubu oluşturmuştur. *Tl* ve *Sb* dördüncü grup ve son olarak *Bi, Mo* ve *Ag*'un oluşturduğu beşinci gruptur.

EY yüzey örnekleri için **B**; sadece *Ca* ile, **Si**; *Al, Fe, Mg, Na, K, Ti, P TOT/C, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Li* ve *NTE* ile, **Al**; *Si, Fe, Mg, Na, K, Ti, P, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Zn, Li* ve *NTE* ile, **Fe**; *Si, Al, Mg, Na, K, Ti, P, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Zn, Li* ve *NTE* ile, **Mg**; *Si, Al, Fe, K, Ti, TOT/C, Cs, Nb, Th, U, Zr* ve *Li* ile, **Ca**; sadece *B* ile, **Na**; *Si, Al, Fe, K, Ti, P, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Zn, Li* ve *NTE* ile, **K**; *Si, Al, Fe, Mg, Na, Ti, P, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Zn, Li* ve *NTE* ile, **Ti**; *Si, Al, Fe, Mg, Na, K, P, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Zn, Li* ve *NTE* ile, **P**; *Si, Al, Fe, Na, K, Ti, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Zn* ve *Li* ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir.

Yapılan kümeleme analizi esas olarak 4 ana element grubunun varlığını göstermektedir (Şekil 7.37). *NTE, Rb, Cs, Th, K, Fe, Al, Nb, Ti, Zr, Si, Ga, Na, P, Hf, Li, Mg, TOT/C, Zn, Y, Bi, Pb, Cu* Se ve *U* birinci grup, *As, TOT/S* ve *Ba* ikinci grup, *Ni* ve *Tl* üçüncü grup, son olarak *Au, Co, Ag, Sb, Ca, B* ve *Sr* dördüncü grup şeklindedir.

Si, Al, Fe, K ve *Ti* gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementlerle kuvvetli korelasyon katsayıları vermiştir. *Au, Co, Ag, Sb, Ca, B* ve *Sr* elementlerinin ise gruplaştığı elementlerle çok kuvvetli pozitif bir ilişkisi göstermemektedir. Bu elementler kendi aralarında örneğin *Ca; Co* ile 0.08 ve *Ag* ile 0.27 korelasyon katsayıları göstermiştir. *Ca*'un *Si, Al, Fe, K* ve *Ti* grubu elementlerle negatif ilişkisi, bunların kökensel olarak farklı olduğunu işaret etmektedir.

Elementler bu ana gruplamaların altında kendi içlerinde daha kuvvetli korelasyon gösterdikleri 6 grup oluşturmaktadır. Bunlar (*NTE, Rb, Cs, Th, K, Fe, Al, Nb, Ti, Zr, Si, Ga, Na, P, Hf, Li, Mg, TOT/C*), (*Zn, Y, Bi, Pb, Cu*), (*Au, Co, Ag, Sb, Ca, B, Sr*), (*Se, U*), (*As, TOT/S, Ba*) ve (*Tl, Ni*) şeklinde gruplaşmışlardır (Şekil 7.37).



Şekil 7.37 EY ve Espey Ocağı tüm örnek gruplarına ait dendrogram

Espey Ocağı tüm örnek grupları için **Si**; Al, Fe, Mg, K, Ti, TOT/S, Cs, Li, Ga, Nb, Rb, Th, Zr ve NTE ile, **Al**; Si, Fe, Na, K, Ti, Cs, Li, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y ve NTE ile, **Fe**; Si, Al, K, Ti, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y ve NTE ile, **Na**; Si, Al, K, Ti, Cs, Li, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Zn ve NTE ile, **K**; Si, Al, Fe, Na, Ti, Cs, Li, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Zn ve NTE ile, **Ti**; Si, Al, Fe, Na, K, Cs, Li, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Zn ve NTE ile, ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **Ca**; Si, Fe, K, TOT/C, Se, Cs, Li, Ba, Co, Nb, Rb, Th, U, Y, Mo, Cu, Ni, Cd, Ag, Au ve NTE ile, **B** ise Sr, Co, Cd, Ag ve Au ile, **Mg**; Si, Fe, Na, K, Ti, P, TOT/C, TOT/S, As, Sr, Li, Ga, Hf, Nb, Th, U, Zr, Mo, Sb, Tl ve NTE ile pozitif **P**; B, Ca, Sr, Co, Mo, Ni, Cd, Ag ve Au ile negatif ilişkisi söz konusudur.

Yapılan korelasyon katsayıları ve kümeleme analizi esas olarak 3 ana element grubunun varlığını göstermektedir (Şekil 7.37). Bunlar Zn, Y, Th, K, Si, Nb, Ti, Al, Ga, Rb, Cs, NTE, Na, Fe, Zr, Hf ve Li birinci grup, Cu, Pb, Bi, P, Ba, Ni, Au, Co, Ag, ve B ikinci grup ve Tl, Sb, Mo, TOT/C, U, As, TOT/S, Sr, Se, Mg, Ca ve Cd üçüncü grup şeklindedir. Si, Al, Fe, K ve Ti gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementlerle kuvvetli korelasyon katsayıları vermişlerdir. Mo, TOT/C, U, As, TOT/S, Sr, Se, Mg, Ca ve Cd elementlerinin ise grup oluşturduğu elementlerle zayıf-çok yüksek pozitif şeklinde değişken korelasyonları söz konusudur. Bu elementler kendi aralarında örneğin Ca; Se ile 0.26 ve U ile 0.19 korelasyon katsayıları gösterirken Mo-TOT/C 0.87 korelasyon katsayısı vermiştir. Ca'un Si, Al, Fe, K ve Ti grubu elementlerle negatif ilişkisi bunların kökensel olarak farklı olduğunu işaret etmektedir.

Espey Ocağı örnek gruplarına baktığımızda genellikle kil grubu elementlerin (Si, Al, Fe, K) büyük bir grup şeklinde hareket ettiği görülmektedir. Örnekleme gruplarında küçük değişmeler söz konusu olsa da tüm örnek gruplarında Cs, Sb, Li ve Pb'un kil grubu elementlerle, Se ve Sr'un genellikle Ca ile pozitif korelasyonu söz konusudur. As ise Se ve Sr ile zayıf pozitif, Ca ile zayıf negatif, Si, Al, Fe, K gibi elementlerle de Si (zayıf pozitif) hariç negatif korelasyonu söz konusudur. Bundan hareketle As'nin kökensel olarak bunlardan farklı olduğu söylenebilir.

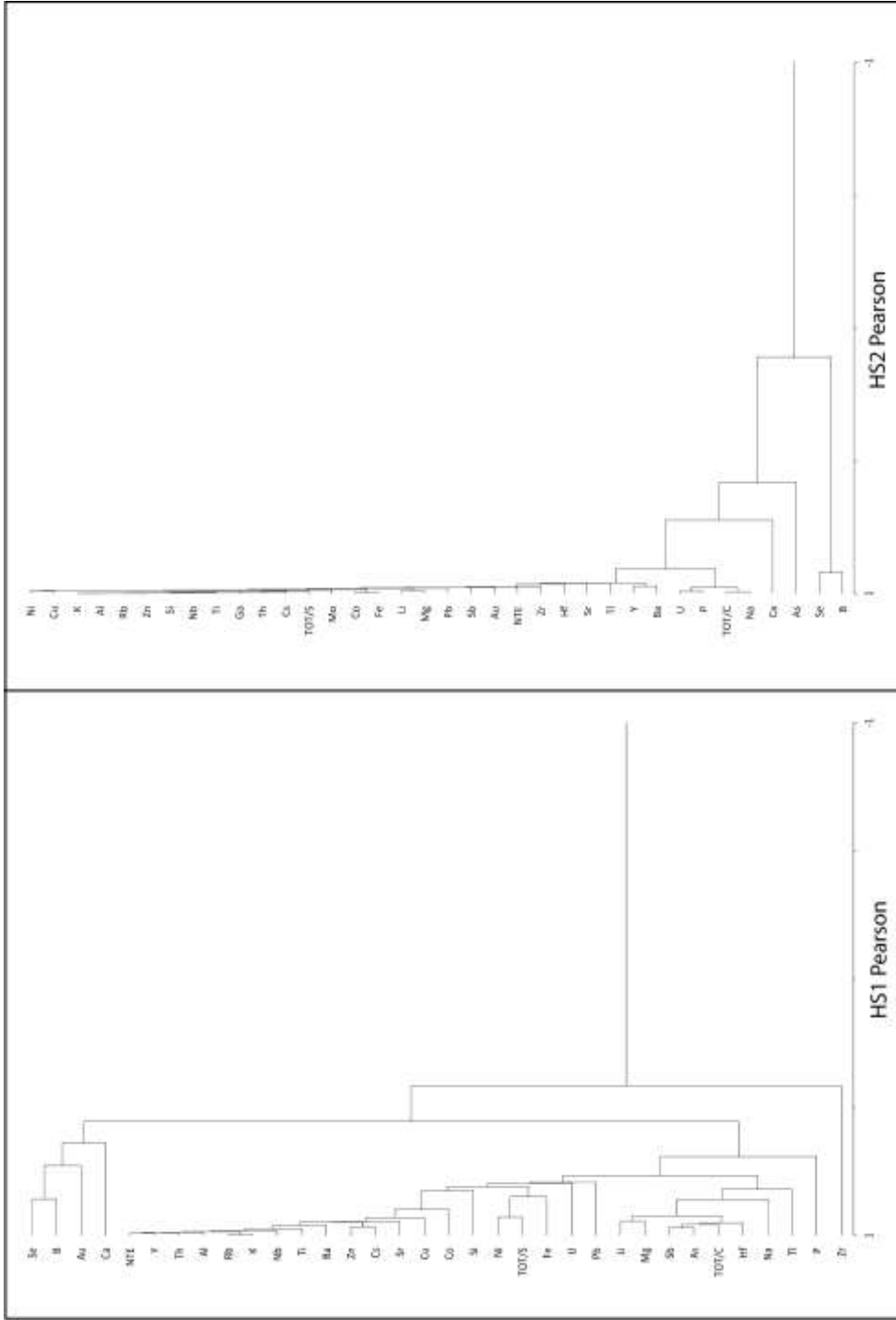
7.4.4.2 Hisarcık Ocağı ana ve eser element korelasyonları

HS1 sondaj örnekleri için **B**; sadece Se ile, **Si**; Al, Mg, TOT/C, TOT/S, Ba, Th, Y, Cu, Zn, Li ve NTE ile, **Al**; Si, K, Ti, Ba, Cs, Nb, Rb, Th, Y, Cu, Zn ve NTE ile, **Fe**; TOT/S, Ba, Rb, Th, Cu ve Ni ile, **Mg**; Si, Na, TOT/C, As, Sb ve Li ile, **Ca**; sadece Na ile, **Na**; Mg, Ca, P, TOT/C ve Li ile, **K**; Al, Ti, Ba, Co, Cs, Nb, Rb, Sr, Th, Y, Cu, Zn ve NTE ile, **Ti**; Al, K, Ba, Co, Cs, Nb, Rb, Sr, Th, Y, Cu, Zn ve NTE ile, **P**; Na, U ve Cu ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir.

Yapılan kümeleme analizi esas olarak 2 ana element grubunun varlığını göstermektedir. NTE, Y, Th, Al, Rb, K, Nb, Ti, Ba, Zn, Cs, Sr, Cu, Co, Si, Ni, TOT/S, Fe, U, Pb, Li, Mg, Sb, As, TOT/C, Hf, Na, Tl ve P birinci grup, Se, B, Au ve Ca İkinci grup şeklindedir. Zr ise hiçbir grupta yer almamaktadır.

Si, Al, Fe, K ve Ti gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementlerle kuvvetli korelasyon katsayıları vermiştir. Se, B, Au ve Ca elementlerinin ise grup oluşturduğu elementlerle düşük-çok yüksek pozitif korelasyonu söz konusudur. Bu elementler kendi aralarında örneğin Ca; Se ile 0.33 ve Au ile 0.40 korelasyon katsayıları gösterirken B-Se arasında 0.80 korelasyon katsayısı söz konusudur. Ca'un Si, Al, Fe, K ve Ti grubu elementlerle negatif ilişkisi bunların kökensel olarak farklı olduğunu işaret etmektedir.

Birinci gruba ait elementler bu ana grubun altında kendi içlerinde daha kuvvetli korelasyon ve benzerlik gösterdikleri 3 grup oluşturmaktadır. Bunlar (NTE, Y, Th, Al, Rb, K, Nb, Ti, Ba, Zn, Cs, Sr, Cu, Co, Si), (Ni, TOT/S, Fe, U, Pb) ve (Li, Mg, Sb, As, TOT/C, Hf) (Se, B, Au, Ca) şeklinde gruplanmışlardır.



Şekil 7.38 HS1 ve HS2 sondajına ait dendrogram

HS2 sondaj örnekleri için **B**; sadece *Se* ile, **Si**; *Al, Fe, Mg, K, Ti, TOT/S, Cs, Sr, Li, Ba, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Au, Tl* ve *NTE* ile, **Al**; *Si, Fe, Mg, K, Ti, TOT/C, TOT/S, Cs, Sr, Li, Ba, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Au, Tl* ve *NTE* ile, **Fe**; *Si, Al, K, Ti, TOT/S, Cs, Sr, Li, Ba, Co, Ga, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Au, Tl* ve *NTE* ile, **Mg**; *Si, Al, K, Ti, TOT/S, Cs, Li, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Au* ve *NTE* ile, **Ca**; *Na, P, TOT/C*, ve *U* ile, **Na**; *Ca, P, TOT/C, Ba, Ga, U, Y* ve *NTE* ile, **K**; *Si, Al, Fe, Mg, Ti, TOT/C, TOT/S, Cs, Sr, Li, Ba, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Au, Tl* ve *NTE* ile, **Ti**; *Si, Al, Fe, Mg, K, TOT/S, Cs, Sr, Li, Ba, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Au, Tl* ve *NTE* ile, **P**; *Ca, Na, TOT/C, Ba, U, Y* ve *NTE* ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir.

Yapılan kümeleme analizi esas olarak 3 ana element grubunun varlığını göstermektedir. Ni, Cu, K, Al, Rb, Zn, Si, Nb, Bi, Ti, Th, Ga, Cs, TOT/S, Mo, Co, Fe, Li, Mg, Pb, Sb, Au, NTE, Zr, Hf, Sr, Tl, Y ve Ba'un oluşturduğu birinci grup, U, P, TOT/C, Na ve Ca'dan oluşan ikinci grup, Se ve B ikilisi ise üçüncü grup şeklindedir.

Si, Al, Fe, K ve Ti gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementlerle yüksek korelasyon katsayıları vermiştir. U, P, TOT/C, Na ve Ca elementleri ise HS2 örneklerinde HS1 örneklerden (genelde çok düşük pozitif) farklı olarak yüksek pozitif korelasyon göstermektedir. Bu elementlerden Ca, HS1'den farklı olarak HS2 örneklerinde P ile 0.71, Na ile 0.70 ve U ile 0.70 kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyon katsayıları göstermiştir. Ca'un Si, Al, Fe, K ve Ti grubu elementlerle negatif ilişkisi bunların kökensel olarak farklı olduğunu işaret etmektedir. As, HS2 örneklerinde iki gruba birden bağlanmış olması iki farklı kökenden gelmiş olabileceğini göstermektedir.

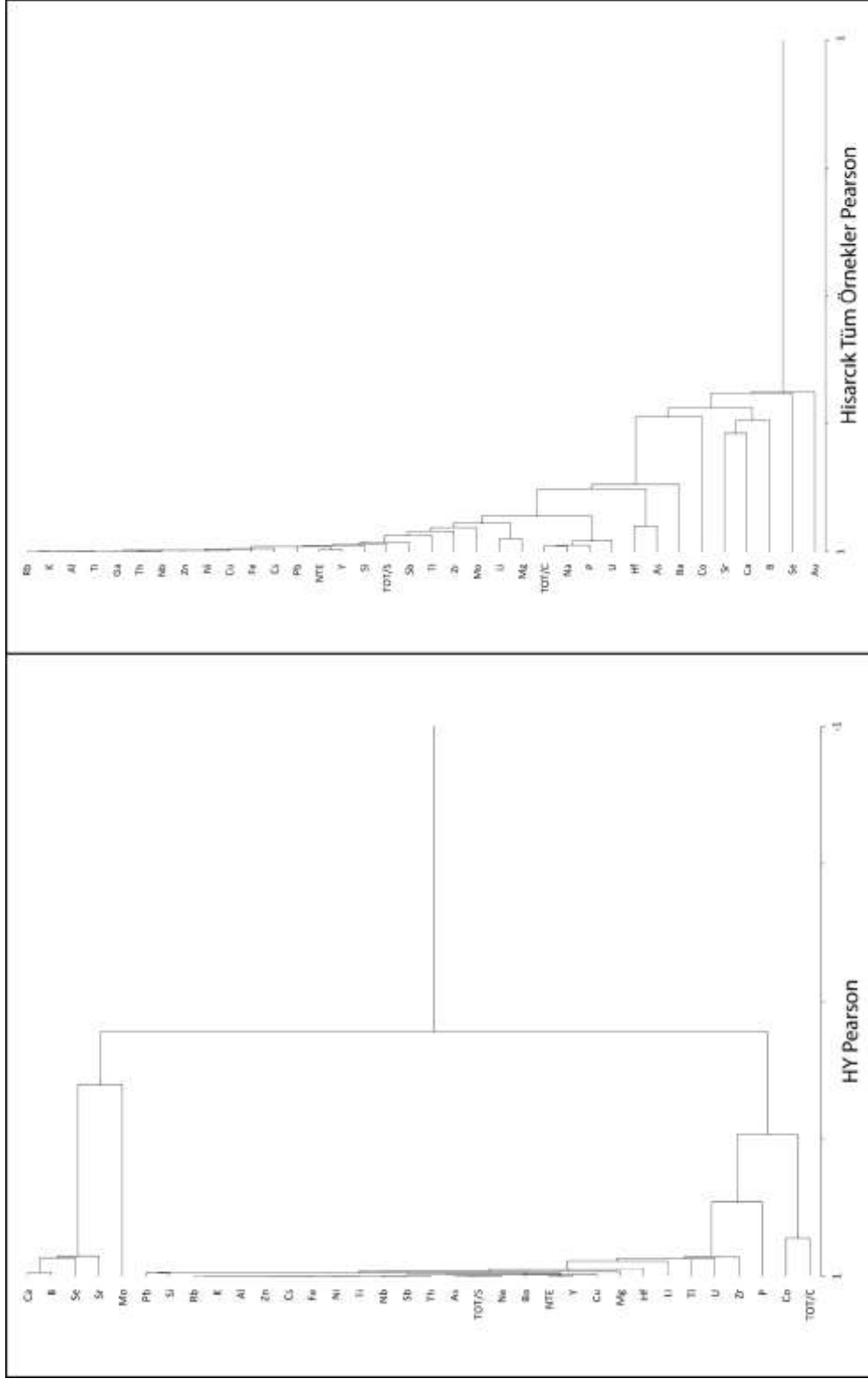
HY yüzey örnekleri için **B**; sadece *Ca* ile, **Si**; *Al, Fe, Mg, Na, K, Ti, TOT/S, Ba, Cs, Hf, Nb, Rb, Th, U, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb, Li* ve *NTE* ile, **Al**; *Si, Fe, Na, K, Ti, TOT/S, Ba, Cs, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb, Tl, Li* ve *NTE* ile, **Fe**; *Si, Al, Na, K, Ti, TOT/S, Ba, Cs, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb* ve *NTE* ile, **Mg**; sadece *Si, Fe, Cs, Nb, Th, U, Y, Cu, Pb, Ni, Li* ve *NTE* ile, **Ca**; *B ve Se* ile, **Na**; *Si, Al, Fe, K, Ti, TOT/S, Ba, Cs, Hf, Nb, Rb, Th, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb* ve *NTE* ile, **K**; *Si, Al, Fe, Na, Ti, TOT/S, Ba, Cs, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb, Tl* ve *NTE* ile, **Ti**; *Si, Al, Fe, Na, K, TOT/S, Ba, Cs, Hf, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Sb, Tl* ve *NTE* ile, **P**; sadece *Zr* ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir.

Yapılan kümeleme analizi esas olarak 2 ana element grubunun varlığını göstermektedir. *Pb, Si, Rb, K, Al, Zn, Cs, Fe, Ni, Ti, Nb, Sb, Th, As, TOT/S, Na, Ba, NTE, Y, Cu, Mg, Hf, Li, Tl, U, Zr* ve *P* birinci grup, *Ca, B, Se ve Sr* ikinci grup ve *TOT/C* ile *Co* üçüncü grup şeklindedir.

Si, Al, Fe, K ve Ti gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementlerle kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyon katsayıları vermişlerdir. *Ca, B, Se ve Sr* elementlerinin ise *Se* haricinde grup oluşturduğu elementlerle, orta-yüksek pozitif korelasyonu söz konusudur. Bu elementler kendi aralarında örneğin *Ca; B* ile 0.89, *Se* ile 0.63 ve *Sr* ile 0.57 korelasyon katsayıları göstermiştir. *B ve Ca*'un *Si, Al, Fe, K ve Ti* grubu elementlerle negatif ilişkisi bunların kökensel olarak farklı olduğunu işaret etmektedir.

Çizelge 7.31 HY örnekleri korelasyon katsayıları

	B	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	TOT.C	TOI.S	Hu	Ca	Ca	HF	Nb	Bb	Sr	Th	U	Zr	V	Mn	Co	Ni	As	Sb	Tl	Sc	Li	NiE									
B	1.00	-0.88	-0.78	-0.51	-0.89	0.19	-0.68	-0.74	-0.72	-0.26	-0.37	-0.68	-0.66	-0.21	-0.83	0.60	-0.83	-0.78	0.59	-0.79	-0.60	-0.52	-0.88	-0.004	-0.06	-0.90	-0.78	-0.81	-0.67	-0.73	-0.37	0.57	-0.70	-0.08							
Si		1.00	0.78	0.61	0.61	-0.92	0.49	0.71	0.71	0.21	0.20	0.65	0.63	0.01	0.02	0.62	0.41	0.79	-0.58	0.77	0.64	0.55	0.84	0.04	0.77	0.61	0.44	0.74	0.76	-0.57	0.04	0.01	0.01								
Al			1.00	0.59	0.52	-0.70	0.31	0.59	0.68	0.12	-0.04	0.82	0.84	0.02	0.09	0.79	0.99	1.00	-0.25	0.97	0.07	0.07	0.84	0.04	0.78	0.69	0.97	0.86	0.68	0.65	-0.55	0.32	0.01	0.01							
Fe				1.00	0.62	-0.71	0.91	0.99	0.98	0.25	-0.01	0.91	0.93	0.05	0.09	0.74	0.99	0.99	0.99	-0.26	0.97	0.14	0.61	0.94	0.33	0.82	0.99	0.98	0.97	0.87	0.87	-0.88	0.36	0.01	0.01						
Mg					1.00	0.62	0.54	0.54	0.54	0.16	0.24	0.58	0.58	-0.01	0.02	0.56	0.79	0.79	0.79	-0.41	0.65	0.73	0.28	0.81	0.22	0.67	0.91	0.91	0.91	0.26	-0.90	0.87	0.01	0.01							
Ca						1.00	0.66	0.66	0.66	-0.08	-0.08	-0.11	-0.08	-0.57	0.08	-0.75	-0.66	-0.66	-0.42	-0.75	-0.64	-0.44	-0.68	-0.55	-0.70	-0.71	-0.69	-0.71	-0.69	-0.59	0.01	0.01	-0.80	-0.80							
Na							1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66							
K								1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66						
Ti									1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66					
P										1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66					
TOT.C											1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66					
TOI.S												1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66					
Hu													1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66				
Ca														1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66				
Ca															1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66				
Nb																1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66				
As																	1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66				
Sr																		1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66				
Th																			1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66				
U																				1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66			
Zr																					1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66			
V																						1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66		
Mn																							1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66		
Co																								1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Ni																									1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
As																										1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Sb																											1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Tl																												1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Sc																													1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Li																														1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
NiE																															1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66



Şekil 7.39 HY ve Hisarcık ocağı tüm örneklerine ait dendrogram

Hisarcık Ocağı tüm örnek grupları için **B**; sadece *Ca* ile, **Si**; *Al, Fe, Mg, K, Ti, TOT/S, Cs, Li, Ga, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb* ve *NTE* ile, **Al**; *Si, Fe, K, Ti, TOT/S, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Tl* ve *NTE* ile, **Fe**; *Si, Al, K, Ti, TOT/S, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb* ve *NTE* ile, **Mg**; *Si* ve *Li* ile, **Na**; *K, P, TOT/C, Ga, Rb, Th, U, Y, Zn, Tl* ve *NTE* ile, **K**; *Si, Al, Fe, Na, Ti, TOT/S, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Tl* ve *NTE* ile, **Ti**; *Si, Al, Fe, K, TOT/S, Cs, Ga, Nb, Rb, Th, Zr, Y, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Tl* ve *NTE* ile, **P**; *Na, TOT/C, U* ve *Tl* ile kuvvetli-çok kuvvetli pozitif ilişki göstermektedir. **Ca**; ise *B, Na, P, TOT/C, Se, Sr, Ba, Co, U, Au* ve *Tl* ile pozitif ilişki gösterirken, diğer tüm ana ve eser elementlerle negatif ilişkisi söz konusudur.

Yapılan kümeleme analizi esas olarak 2 ana grup element varlığını göstermektedir. *Rb, K, Ti, Al, Ga, Th, Nb, Zn, Ni, Cu, Fe, Cs, Pb, NTE, Y, Si, TOT/S, Sb, Tl, Zr, Mo, Li, Mg, TOT/C, Na, P, U* ve birinci grup, *Sr, Ca, B* ve *Se* ikinci grup şeklindedir.

Si, Al, Fe, K ve *Ti* gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementlerle kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyon katsayıları vermişlerdir. *Sr, Ca, B* ve *Se* elementleri ise gruplaştığı elementlerle düşük pozitif korelasyonu söz konusudur. Bu elementler kendi aralarında örneğin *Ca, Se* ile 0.28, *Sr* ile 0.039 ve *B* ile 0.21 korelasyon katsayıları göstermiştir. *Ca*'un *Si, Al, Fe, K* ve *Ti* grubu elementlerle negatif ilişkisi bunların kökensel olarak farklı olduğunu işaret etmektedir.

Hisarcık Ocağı örnek gruplarına baktığımızda genellikle kil grubu elementlerin (*Si, Al, Fe, K*) büyük bir grup şeklinde hareket ettiği görülmektedir. Örnekleme gruplarında küçük değişimler söz konusu olsa da tüm örnek gruplarında bor minerali içerisinde zenginleştiği görülen elementlerden *Cs, Sb* ve *Li* kil grubu elementlerle, *Se* ve *Sr* genellikle *Ca* ile pozitif korelasyonu söz konusudur. *As* ise *Ca, Se* ve *Sr* ile zayıf negatif; *Si, Al, Fe, K* ile zayıf pozitif ilişkisi vardır. Bu durumda *As*'nin bir kısmının *Si, Al, Fe, K* aynı, bir kısmının ise farklı kökenden kaynaklandığı ileri sürülebilir.

Espey ve Hisarcık ocaklarına ait element davranışları genel olarak birbirine benzemektedir. Başta Si ve Al olmak üzere Fe, K, Na gibi ana elementler genel olarak karasal kökeni (detritik) ve killere bağlı hareketi (taşınma ve çökelmeyi) işaret eder. Bu elementlerin birlikte hareket ettiği eser elementler için de aynı açıklama söz konusudur.

7.4.5 Emet borat yatağı elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri

Korelasyon katsayısı değerlendirmelerinde (Çizelge 7.25-7.32) ve kümeleme diyagramlarında (Şekil 7.40-7.45) görüldüğü gibi; EY, ES1, ES2, HS1, HS2 ve HY örneklemelerinden genel olarak iki veya üç farklı element grubu ortaya çıkmıştır.

Birinci grup Si, Al, Fe ve K gibi kil grubuyla birlikte hareket eden büyük grup ve Ca'a bağlı oluşan ikinci grup, incelenen tüm örneklerde ortaya çıkmıştır.

Bu bölümde jeokimyasal olarak birlikte hareket ettikleri belirlenen elementlerin çökme ortamlarının çeşitli derinliklerdeki davranışları incelenmektedir. Bunun için kümeleme analizinde ortaya çıkan grupların diyagramları ayrı ayrı çizilmiştir. Bu diyagramlarda hem elementlerin birbirleri ile olan korelasyonları izlenebilmekte hem de derinlik değişimlerine göre bolluklarındaki değişimler görülebilmektedir. Ancak her örnek grubu (EY, ES1, ES2, HS1, HS2 ve HY) farklı derinlikleri temsil ettiğinden birbirleriyle karşılaştırma yapılamamıştır. Her sondaj kendi örnek derinlikleri için anlamlıdır.

7.4.5.1 Espey Ocağı örnekleri

İnceleme alanında ES1 örneklerine ait örnekler 33 ile 75.2 m'ler arasından derlenmiştir. Şekil 7.40'da ES1 örneklerinin birinci grubunun derinliğe bağlı değişimleri görülmektedir. NTE, Cs, Zr, Rb, Nb, Ti, Ga, K, Th, Si, Al, Na, Hf, P, Se ve Au elementlerinden NTE'den Hf'ye kadar olanlar benzer davranış sergilemişlerdir. Bu elementler en yüksek değeri 37.3 m'de göstermiştir. 61 m ise belirgin biçimde en düşük değerler vermiştir. Bu derinlikten sonra artış ve azalış eğilimleri zig zaglar çizmiştir.

Bu gruba ait P, Se ve Au ise değişken azalış ve artış eğilimleri sergilemişlerdir. Mo'dan Mg'ye kadar olan ikinci grup elementlerde ise 33 m'den 61 m'ye kadar belirgin bir artış gözlenmezken, 61. m'de belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu m'den sonra yüksek değerlerini sergilenmişlerdir. Mo, TOT/C, U ve Mg en yüksek değerlerini 63.65 m'de gösterirken Li ve As 71.8 m'de, Sb ise 75 m'de göstermiştir. Üçüncü grubu oluşturan elementler (TOT/S, Cd, Ni, Fe, Y, Co, Pb, Cu, Ca, Ba ve Sr) ise değişken davranış sergilemiş ancak genel olarak bu elementler de benzer azalış ve artış sergileme eğilimindedir. Co en yüksek değerini 38.10 m'de vermişken, Ni, Fe, Y ve Pb en yüksek değerlerini 75. m'de vermişlerdir. Ni, Fe, Y ve Co tüm derinliklerde birebir artış ve azalışlar sergilemişlerdir. Son grubun iki elementi Tl ve Zn 61.65'de ani artış göstermiştir. Zn en yüksek değerini 71.8 m'de verirken Tl 75 m'de vermiştir.

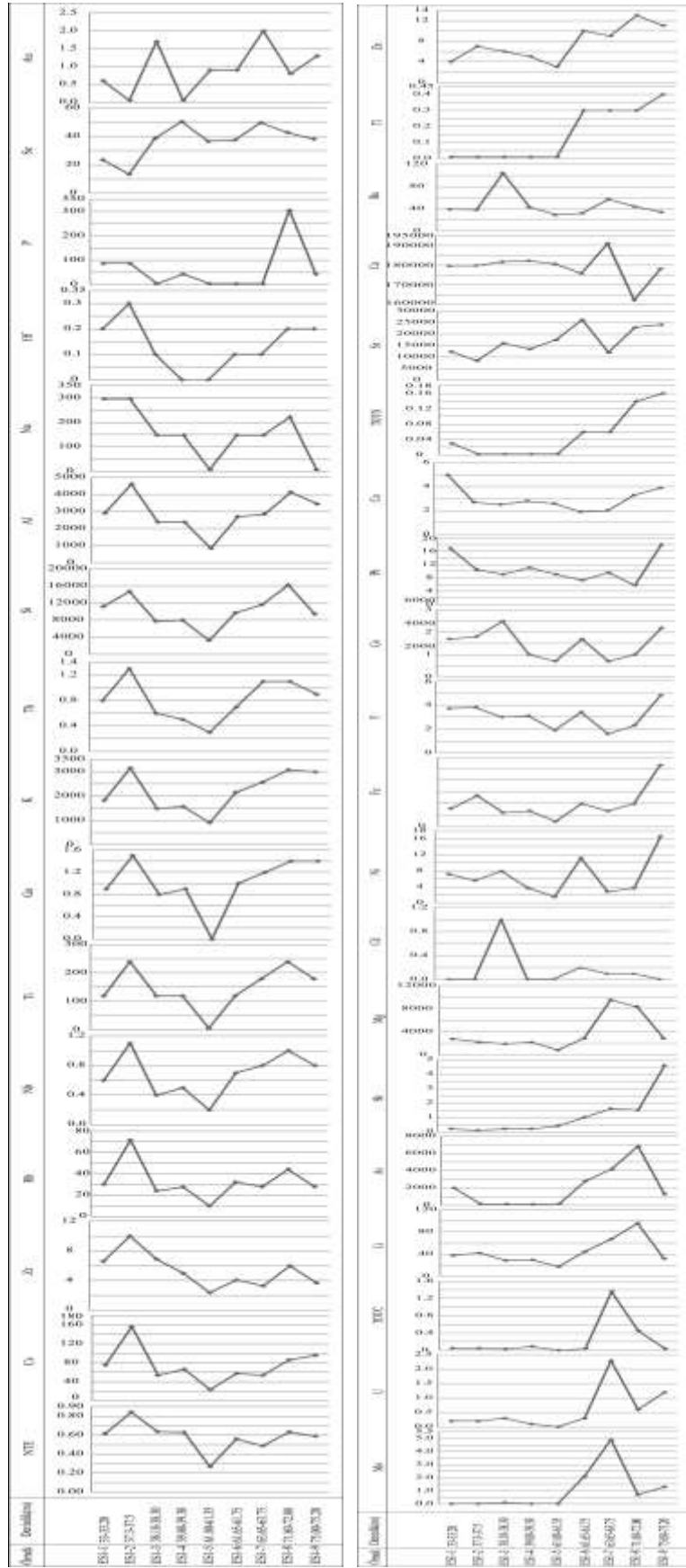
ES2 sondajına ait örnekler 104.9 ile 135.45 m arasında derlenmiştir. Birinci grup (Ti, Fe, K, Si, Zn, Rb, Cs, NTE, Nb, Ga, Al, Th, Na, Cu, Zr, Hf, Li, Ni, Co, Y, Pb ve U) elementlerin davranışları neredeyse bire bir aynıdır. Bu elementler 119 ve 130 m'de iki pik yapmış olup (Cu, Hf, Ni, Pb, U hariç) 130 m'de en yüksek değerlerini göstermiştir. Cu, Hf, Pb, U 119 m'de, Ni ise 106. m'de en yüksek değerdedir. İkinci grup elementler birinci grup elementlerin aksine oldukça değişken artış ve azalış eğilimleri göstermiştir. Örneğin Ca için en yüksek değer 115 m'de, Mg 114 m'de, As için de 125 m'de belirlenmiştir. Cd, As ve Sr'den oluşan üçüncü grup elementler de ikinci grup elementler gibi çok değişken artış ve azalış eğilimleri sergilemektedir. Cd 127 m'de, As 125 m'de, Sr 131 m'de en yüksek değerlerini vermiştir. Tl ve Sb'nin oluşturduğu dördüncü grup 106 m'de en yüksek değeri verirken genel olarak bu iki element farklı davranış sergilemektedir.

Espey Ocağından derlenen EY yüzey örnekleri 847 m ile 887 m'ler arasından derlenmiştir. 1 grup elementler (Zn, Y, Bi, Pb, Cu, NTE, Rb, Cs, Th, K, Fe, Al, Nb, Ti, Zr, Si, Ga, Na, P, Hf, Li, Mg, TOT/C, Se ve U) çok benzer artış ve azalış sergilemektedir. NTE'den Hf'ye kadar tüm artış ve azalış davranışları birebir aynıdır. Bu grup genel olarak 851'de ve 877 m'de iki pik yapmıştır. Zn, Y, Bi, Pb, Cu, NTE, Rb, Cs, Th, K, Fe, Al, Nb, Ti, Zr, Si, Ga, Na ve P en yüksek değerlerini 873 m'de göstermiştir. Hf, U, Mg, ve TOT/C ise bunlardan farklı davranmaktadır. Ani artış ve

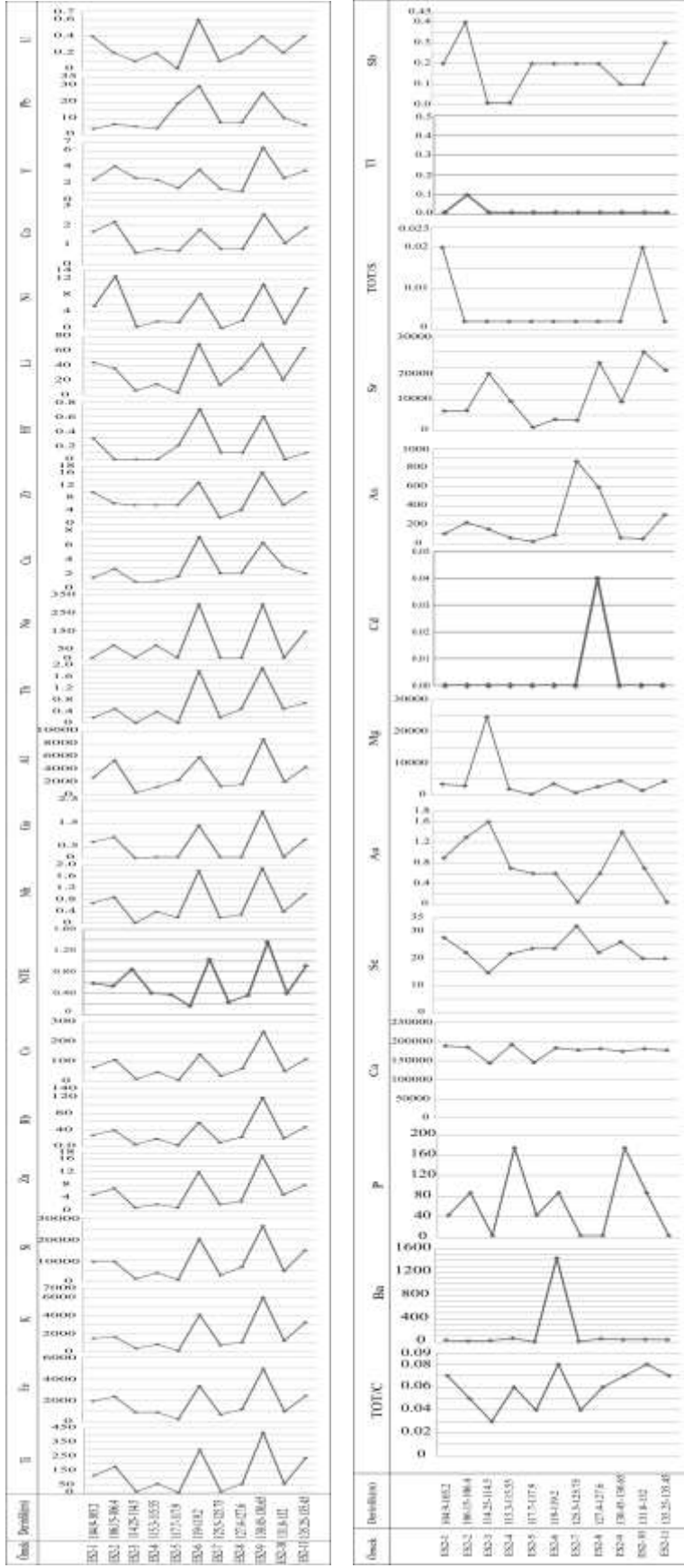
azalış sergileyen bu elementler en yüksek değerlerini birbirinden farklı derinliklerde sergilemişlerdir. Hf ve Mg 873 m'de, U ve TOT/C ise 859 m'de en yüksek değerdedir. Birinci grubun diğer elementleri olan Zn, Y, Bi, Pb ve Cu ise yüksek değerlerini 851 m'de vermiştir.

İkinci grup elementlerden TOT/S ve Ba ile As ve U kendi aralarında birbirine çok benzemekle birlikte birçok derinlikte aynı azalış ve artış değeri sergilemişlerdir. TOT/S ve Ba en yüksek değerini 858 m'de verirken, As 854 m'de göstermiştir.

Üçüncü grubun elementlerinden Au, Co, Ag ve Sb çok benzer davranış göstermekte olup en yüksek değerlerini 848 m'de vermiştir. Bu elementler 848'den sonra azalma eğilimi göstermişler ve 858. m'den sonra en düşük değerleri ile yatay bir seyir izlemişlerdir. Bu grubun diğer elementleri olan Ca ve Sr ise değişken eğilim sergilemişlerdir. Ca en yüksek değerini 883 m'de gösterirken, Sr 873 m'de göstermiştir. Dördüncü ve son grubu oluşturan Tl ve Ni birbirinden farklı davranışlar sergilemişlerdir. Bu iki element en yüksek değerlerini 854 m'de göstermişlerdir.



Şekil 7.40 ES1 sondaj örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri



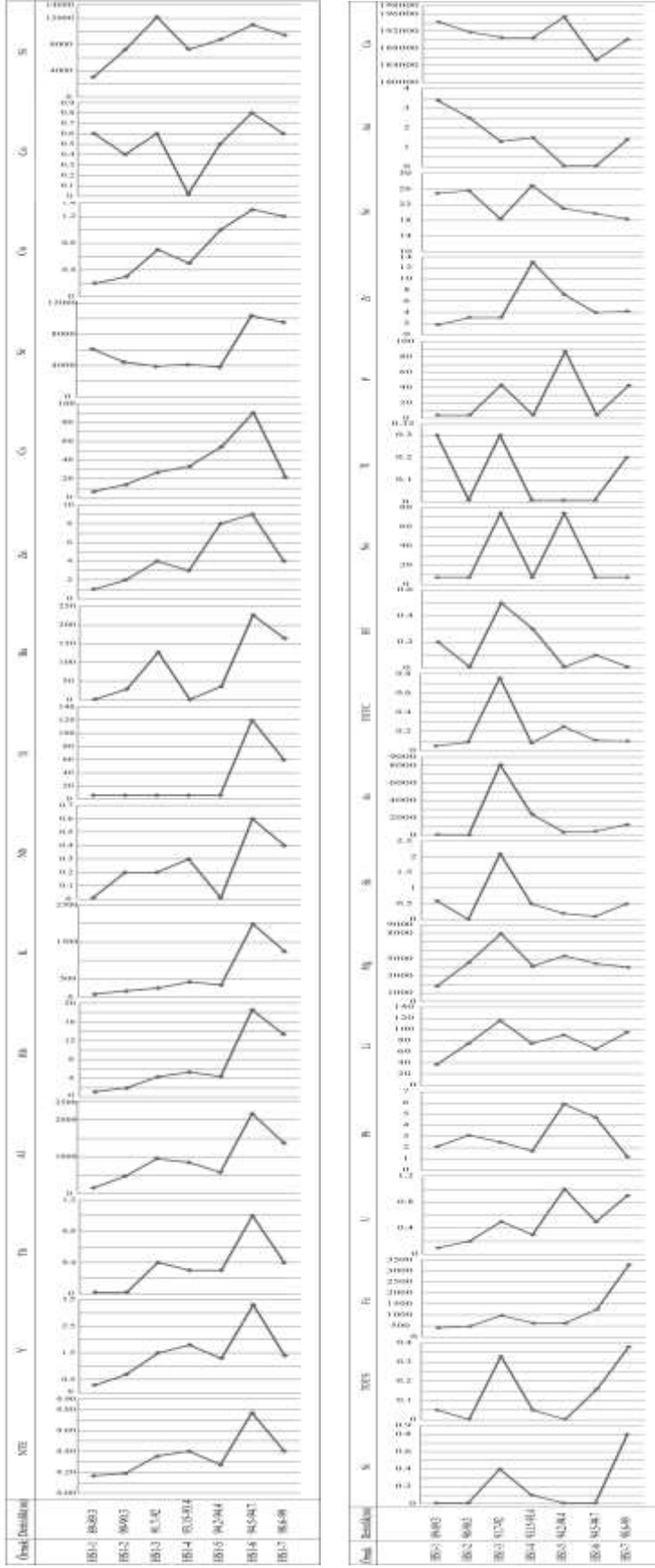
7.4.5.2 Hisarcık Ocağı örnekleri

HS1 örnekleri 89-99 m'ler arasından derlenmiştir. Birinci grup olarak nitelenen elementlerin (NTE, Y, Th, Al, Rb, K, Nb, Ti, Ba, Zn, Cs, Sr, Cu, Co, Si, Ni, TOT/S, Fe, U, Pb, Li, Mg, Sb, As, TOT/C, Hf, Na, Tl ve P) derinliğe bağlı değişimlerinde büyük benzerlik vardır. NTE'den Co'da kadar elementlerin davranışları neredeyse birebir aynıdır. Bu elementler derinlik arttıkça son örnek (96 m) dışında bir artış göze çarpmaktadır. Bunlar en yüksek değerlerini 94.5 m'de vermiştir. Si en yüksek içeriğini 92 m'de, Ni, TOT/S ve Fe üçlüsü ise en yüksek değerini 99 m'de vermiş olup, 92 m'de benzer şekilde artmıştır. Bu grubun Li, Mg, Sb, As, TOT/C ve Hf elementlerinin derinliğe bağlı değişimleri büyük oranda benzemektedir. Bunların en fazla artış gösterdiği derinlik 92 m'dir. Ayrıca bu elementler 92 m'den derin zonlarda azalmaktadır. Se, Au ve Sr'den oluşan ikinci grup elementler derinliğe göre incelendiğinde birbirine çok benzemektedir. Se 93.15 m'de Au 93.4 m'de ve Ca ise 94.4 m'de en yüksek değerlerini sergilemiştir.

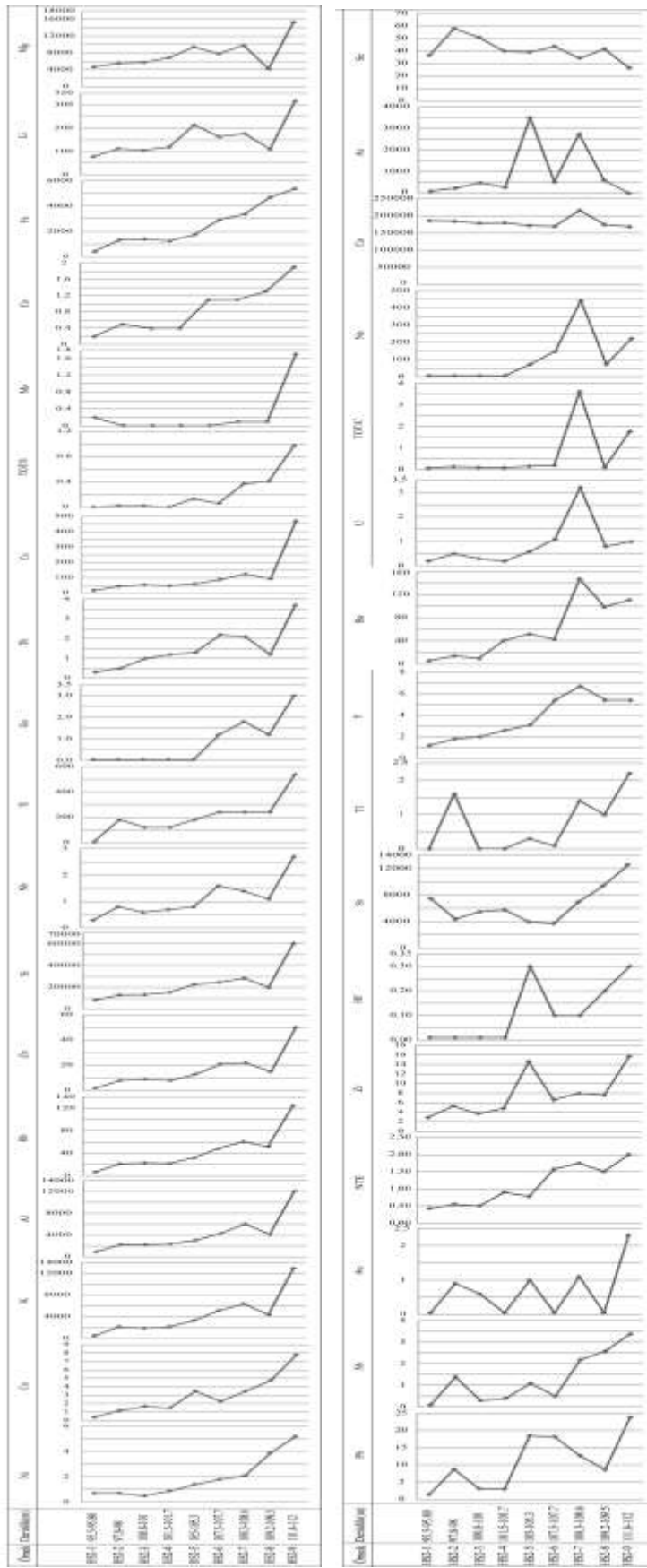
HS2 sondajı örnekleri 95.5-112 m'ler arasından derlenmiştir. Birinci grup elementler (Ni, Cu, K, Al, Rb, Zn, Si, Nb, Bi, Ti, Th, Ga, Cs, Li, Mg, Au, Mo, Co, Fe, TOT/S, Zr, Pb, Sr, NTE, Sb, Hf, Y, Ba ve Tl) 95.5 m'den 112 m'ye kadar derine doğru artış eğilimindedir. Bu elementler en yüksek değerlerini en derin nokta olan 112 m'de vermiştir. İkinci grup elementler (Y, Ba, U, TOT/C, Na, Ca ve As) birbirine çok benzer davranış sergilemektedir. As hariç bu elementler en yüksek değerlerini 108.6 m'de vermiştir. As ise 105 m'de en yüksek değerini vermiştir. Se ise bu iki element grubundan farklı davranmış, en yüksek değerini 98 m'de vermiştir. Se, Ca ve As son örnekte azalırken Ba, U, TOT/C ve Na artış göstermiştir. Se derine doğru genel olarak azalma eğilimindedir.

HY örnekleri Hisarcık ocağı yüzeyinden 710 ile 724 m'ler arasından örneklenmiştir. Birinci grup elementler (Pb, Si, Rb, K, Al, Zn, Cs, Fe, Ni, Ti, Nb, Sb, Th, As, TOT/S, Na, Ba, NTE, Y, Cu, Mg, Hf, Li, Tl, U, Zr, P, Co ve TOT/C) birbirlerine çok benzer davranış sergilemektedir. Bu elementlerden Pb'den U'ya kadar Mg, Li ve U hariç diğer tüm elementler 713 m'de en yüksek değere sahiptir. Bu elementlerin çoğu 718 m'de

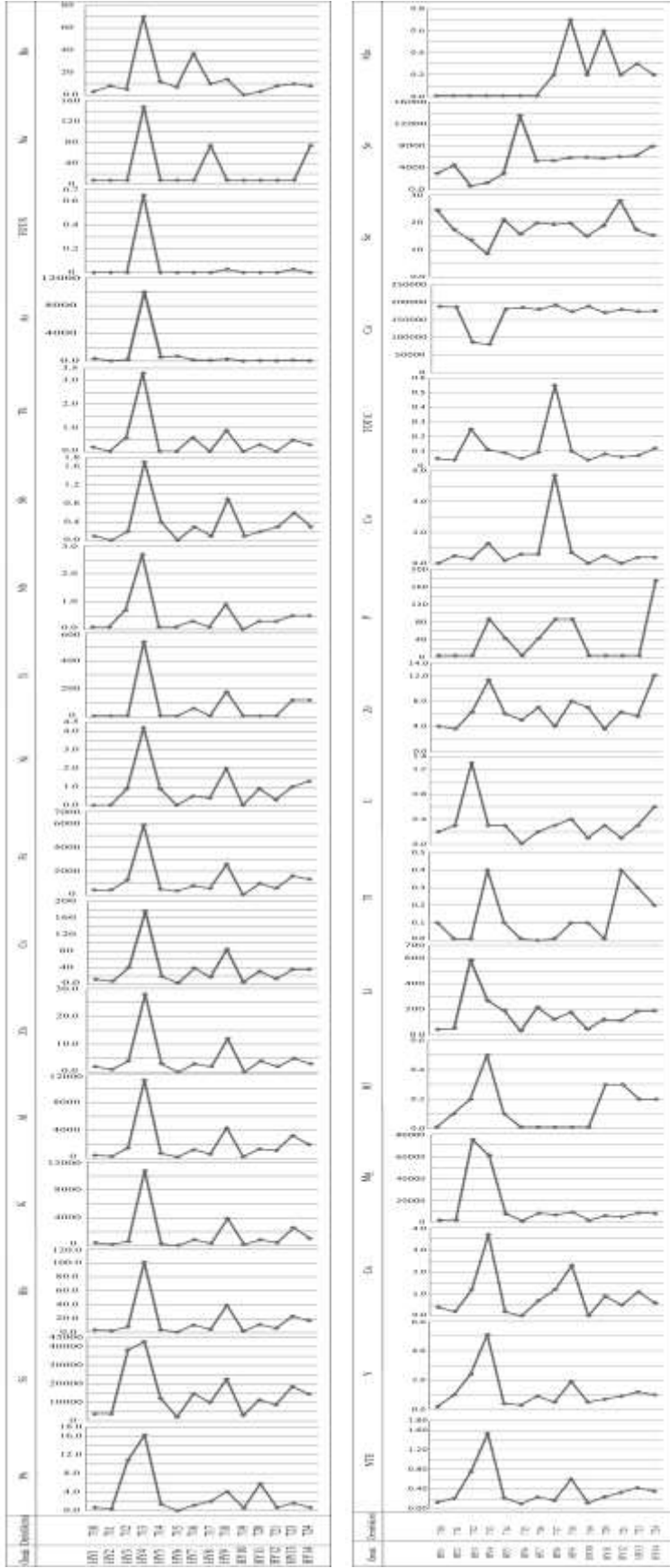
ikinci en yüksek değerlerini sergilemiştir. Mg, Li ve U ise en yüksek değerlerini 712. m'de vermiştir. İkinci grup elementlerden Ca, Sr ve Se 712 ve 713 m'de azalma göstermiş olup bu seviyeden itibaren aniden artış göstermiştir. Bu üç element 715 m'de Sr'un ve Se'nin 721 m'deki ani artışı hariç 724 m'ye kadar sabit değerlerde kalmıştır. Mo ise 717 m'ye kadar değer vermemiş, bu m'den 724 m'ye kadar artış ve azalış göstermiştir.



Şekil 7.43 HS1 sondaj örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri



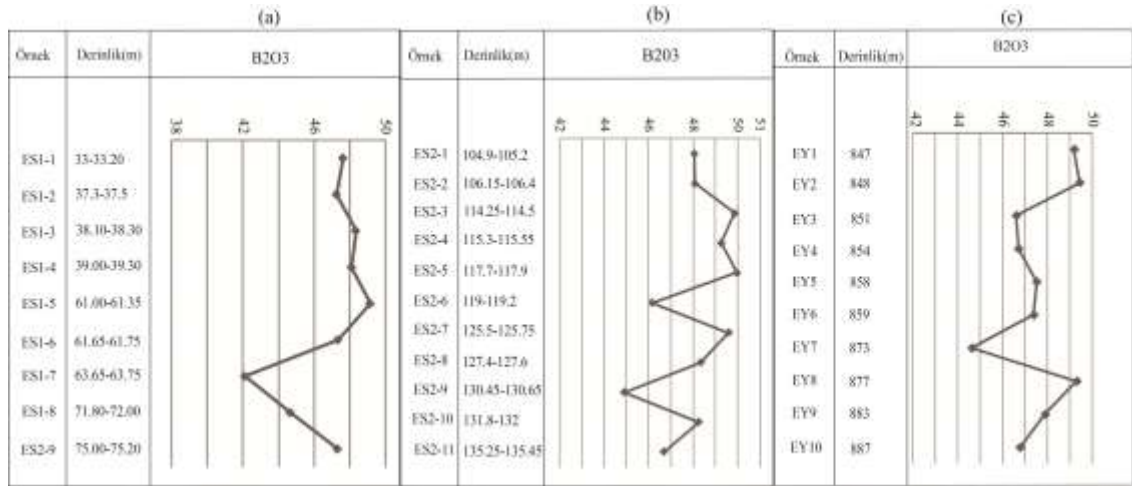
Şekil 7.44 HS2 sondaj örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri



Şekil 7.45 HY örneklerine ait elementlerin derinliğe bağlı değişimleri

7.4.6 Emet boratlarının B₂O₃ içeriği ve bunun derinliğe bağlı dağılımı

Espey ES1 sondajına ait örneklerin B₂O₃ içerikleri ve bunun derinliğe göre dağılımı şekil 7.46a'da görülmektedir. Bu zonda B₂O₃'ün dağılım aralığı 421000–483600 ppm (ort. 468889 ppm) (Çizelge 7.19) olup, 104.9–119.2 m'ler arasındaki derinliklerde en fazla ve benzer değerlerde kalmaktadır. 125.5 m'de ani düşüşle 421000 ppm'e kadar azalmış, daha derinlerde ise artış göstererek 473300 ppm kadar yükselmiştir.

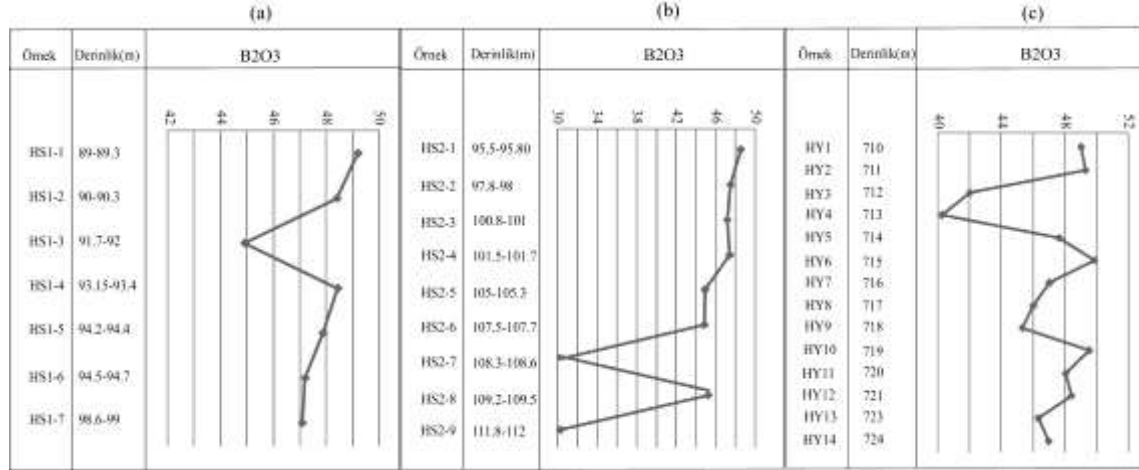


Şekil 7.46 Espey borat örneklerine ait B₂O₃'ün derinliğe bağlı değişimi(%)

ES2 sondajına ait B₂O₃ değişim eğrisinde derinlik arttıkça daha büyük değişim görülmektedir (Şekil 7.46b). Bu zonda B₂O₃'ün dağılım aralığı 449100–499600 ppm (ort. 481009 ppm) arasındadır (Çizelge 7.19). B₂O₃ içeriği önceki sondaja (ES1) göre ES2'de dahi değişkendir. 117 m'ye kadar 480000 üzerinde iken 119 m'de 461600 ppm'e düşmüş, 125.m'de artmış, 130 m'de tekrar azalmış ve bu şekilde derine doğru artış azalma eğilimi devam etmiştir.

EY örnekleri de ES2 örneklerinde olduğu gibi B₂O₃ değişim eğrisinde derinlik arttıkça daha büyük değişim görülmektedir (Şekil 7.46c). Bu zonda B₂O₃'ün dağılım aralığı 446200–494300 ppm (ort. 475390 ppm) arasındadır (Çizelge 7.19). Ancak EY yüzey örneklerinde 851-859 m'de B₂O₃ içeriğinde değişim daha az olmuş ve daha derinlerde azalma artma şeklinde büyük değişimler olmuştur.

Hisarcık HS1 sondajına ait örneklerin B₂O₃ içerikleri ve bunun derinliğe göre dağılımı şekil 7.47'de görülmektedir. Bu zonda B₂O₃'ün dağılım aralığı 449100–492000 ppm (ort. 475886 ppm)'dir (Çizelge 7.20). Genel olarak ortamın derinliği arttıkça B₂O₃ değeri azalmaktadır. İlk azalma 89–92 m'ler olup, 92-93.4 m arasında meydana gelen artıştan sonra azalma yeniden devam etmiş, B₂O₃ 99 m'de 470900 ppm'e kadar azalmıştır.



Şekil 7.47 Hisarcık borat örneklerine ait B₂O₃'ün derinliğe bağlı değişimi(%)

HS2 sondajına ait B₂O₃ değişim eğrisinde derinlik arttıkça çok büyük miktarda azalmalar görülmektedir (Şekil 7.47b). Bu zonda B₂O₃'ün dağılım aralığı 299000–485500 ppm (ort. 428811 ppm) arasındadır (Çizelge 7.20). Ortamın en derin kesimlerinde (108.3 m ve 112 m) B₂O₃ miktarı yaklaşık % 30'lara kadar düşmüştür.

Hisarcık HY örneklerine ait B₂O₃ içerikleri ve bunun derinliğe göre dağılımı şekil 7.47c'de görülmektedir. Bu zonda B₂O₃'ün dağılım aralığı 402600–498800 ppm (ort. 468550 ppm) arasındadır (Çizelge 7.20). Bu örneklerde 710 m'den başlayan ve 713 m'de en az değere düşen B₂O₃ değeri 714 m ve 715 m'deki artışla en fazla değere çıkmıştır. Sonraki derinliklerde (715-724 m'ler) % 46-49 arasında değişen zik-zaklar görülmektedir.

Tüm örneklemelemlerin büyük çoğunluğunda B₂O₃ içeriğinin çok fazla değişken olduğu ve genellikle derinlik artıkça B₂O₃'ün azaldığı görülmektedir. Bu durum ortama B₂O₃ getiren süreçlerin değişkenliği ile açıklanabilir.

7.4.6.1 Emet borat yatağına ait B₂O₃'ün diğer elementlerle korelasyonları

B₂O₃'ün Espey bölgesi ES1 örneklerinde TOT/S (0.47), Co (0.41), Hf, Sr, Zr, Y, Cu, Pb, Ni ve Cd ile ES2 örneklerinde Mg, TOT/S, As ve Cd ile zayıf pozitif ilişkisi söz konusudur. EY örneklerinde Ca (0.75), Co (0.33), Sr (0.51), Sb (0.10), Ag (0.44) ve Au (0.32) ile pozitif ilişki göstermektedir. Tüm Espey örneklerinde ise Sr, Co, Cd, Ag, ve Au ile zayıf pozitif ilişki sergilemiştir.

Hisarcık ocağında B₂O₃ HS1 örneklerinde Se (0.80), Ca (0.38), P (0.01), Zr (0.21) ve Au (0.52) ile, HS2 örneklerinde sadece Se (0.67) ile, HY örneklerinde Ca (0.89), Sr (0.59), Se (0.57) ile pozitif ilişkisi söz konusudur. B₂O₃, tüm Hisarcık örneklerinde ise sadece Ca (0.21) ile pozitif korelasyon göstermiştir.

Bu verilere göre B₂O₃ ile kil grubu elementler arasında Espey ve Hisarcık örneklerinde belirlenen negatif korelasyon (Bölüm 7.4.4) göl ortamına bor sağlayan faktörlerin karasal (detritik) olmadığını işaret etmektedir. O halde B₂O₃'ün büyük çoğunluğu çökeltme ortamına volkanik etkinlikler sonucunda ortaya çıkan gazlar ve hidrotermal çözeltiler tarafından sağlanmıştır.

7.5 Borat Yataklarının Jeokimyasal Değerlendirilmesi ve Zenginleşen Elementlerin Kökenselel Yorumu

Bigadiç yatağında ana elementlerden Ca, Si, Mg, Al, Fe, Na, Mn ve P, Kestelek yağında Ca, Si, Mg, Al, Fe, K, Na, Ti ve P, Kırka yatağında Ca, Si, Mg, Al, Fe, K ve Na, Emet yatağında Ca, Si, Mg, Al, Fe, K, Na, Ti ve P belirlenmiştir. Bu elementlerden Ca tüm yataklarda, Na ve Mg Kırka yatağında YKO'ya ve AO'ya göre artış göstermiştir. Na ve

Mg, artış göstermediği diğer yataklarda (Bigadiç Acep ocağı hariç) YKO ve AO'na göre önemli oranlarda azalışa sahiptirler. Si, Al, Fe, K, Ti, P ise tüm yataklarda YKO ve AO'na göre azalmışlardır. YKO ve AO'na göre Si, Al, Fe ve P en çok Bigadiç yatağında azalma göstermektedir. Na ise en fazla azalmayı Emet yatağında sergilemiştir. Tüm yataklarda Ca-boratlarda fazla miktarda oluşumu Ca'un artmasını doğal olarak yansıtmaktadır. Yine Na ve Mg artışı mineralojik olarak Na-borat ve Mg-borat oluşumunu sağlamıştır. Tatlısu değerlerinin boratları oluşturan gölün değerlerine göre tüm ana elementler için çok düşük oluşu ortama karadan ya da volkanik aktivite ile yoğun bir ilave yapıldığını işaret etmektedir. Volkanosedimanter cevher yataklarında yüksek Al ve Ti içeriği sedimanter katkının belirteçidir (Bonatti vd. 1972, Crerar vd. 1982, Roy vd. 1990, Nicholson 1990, Choi ve Hariya 1992). Borat yataklarında Al ve Ti içerikleri YKO'dan bile düşüktür. Böylece kaynak olarak bir miktar elementin göl ortamına karalardan taşındığını kabul etmekle birlikte ortama malzeme veren asıl kaynağın volkanik süreçler olduğu ileri sürülebilir. Örneğin Kestelek yatağı, Bigadiç yatağı (Acep ve Tülü), Emet yatağı (Espey ve Hisarcık) örneklerinde ve Kırka yatağı KS1 örneklerinde B₂O₃ ile kil grubu elementler arasında belirlenen negatif korelasyon göl ortamına bor sağlayan faktörlerin karasal (detritik) olmadığını göstermektedir. Buna rağmen Bigadiç Simav ocağında görülen daha küçük katsayılı pozitif ilişki ve Kırka KS2 örneklerindeki daha küçük katsayılı negatif ilişki az da olsa karasal katkının varlığını işaret etmektedir.

Tüm bu verilere göre B₂O₃'ün büyük çoğunluğu çökeltme ortamına volkanik etkinlikler sonucunda ortaya çıkan gazlar ve hidrotermal çözeltiler tarafından sağlanmıştır.

Bigadiç yatağında Se, Sr, As, Sb, Mo ve Li; Kestelek yatağında Se, Sr, As, Sb, Cs, Li ve Mo; Kırka yatağında Se, Cs, Sr, Li ve As; Emet yatağında As, Se, Cs, Li, Sr, Sb ve Pb zenginleşmeleri belirlenmiştir. Bu veriler Batı Anadolu'nun dört önemli yatağında Se, Sr, Li ve As zenginleşmelerinin ortak bir özellik olduğunu göstermektedir. Ayrıca Bigadiç dışındaki üç yatakta görülen Cs zenginleşmesi de önemlidir.

Se'nin köken olarak volkanik gazlar ve volkanik kayalarla, ayrıca hidrotermal oluşumlu sülfürlü minerallerle ilişkisi bilinmektedir (Goldschmidt 1967). Örneğin Havai volkaniterinde yapılan çalışmalarda Kretase denizi içerisindeki volkanik gazlar ve tozlar vasıtasıyla ortama Se getirildiği açıklanmıştır. Buna bağlı olarak en fazla volkanik kayalarda, kükürt depolanmalarında, hidrotermal oluşumlarda özellikle epitermal Sb, Ag, Au ve Hg ile birlikte bulunmaktadır (Elkin ve Margrave 1968, Halilova 2004). Se'nin miktar olarak çok fazla zenginleşmesi, borat yataklarının oluşumundan günümüze kadar, alterasyon ve yıkanmaya maruz kalmadığını göstermektedir. Eğer yıkanma gerçekleşseydi Se kolayca jeokimyasal hareketlilik kazanarak ortamdan uzaklaşabilirdi.

Sr magmanın katılaşmasını takip eden evrede uçucu elemanlarca (Cl, F ve B gibi) zengin çözeltilerde ve post-magmatik formasyonlarda zenginleşebilmektedir (Bürküt, 1977). Magmatik ayrışmada daha genç evreleri temsil eden kayalarda çoğalır. Bu yüzden bazik kayalara oranla asidik kayalarda yer alır. Volkanitlerde de aynı gelişme gözlenir (Goldschmidt 1967). Süperjen ortamlar ve hidrotermal sistemlerde Sr zenginleşebilir. Bu açıklamalara göre borat yataklarının Sr içeriği andezitik, volkanik aktivitelere ve bununla ilişkili hidrotermal getirimlere bağlanabilir.

Kalkofil bir element olan As'nin birincil kaynağı volkanik aktiviteler ve hidrotermal çözeltilerdir (Akçay 2002). Krauskopf (1989) As'nin, magmatik kayaların alterasyonu, volkanik gazlar ve sıcak sular vasıtasıyla sedimanter döngüye katıldığını açıklamıştır.

Sb'nin jeokimyasal özellikleri de As'ye çok yakındır. Salton denizi sıcak su kaynaklarında ve Kızıldenizin tabanındaki sıcak su çökellerinde önemli miktarda Sb zenginleşmesi gözlenmiştir (Rona 1973). Düşük sıcaklıklı hidrotermal (epitermal) evrede mineral oluşturan Sb de kalkofil bir elementtir. Özellikle As, Hg, Pb, Ag, Au, Se gibi elementlerle birlikte bulunur. Sb'nin volkanik aktivitelerle yakın ilişkisi bilinmektedir (Petrascheck ve Pohl 1982).

Li magmatik olarak artık eriyiklerde çoğalan ve litosferin en üst kısımlarında konsantre olan bir elementtir. Li volkanik aktivitenin hidrotermal evreleriyle ilişkilendirilebilir. Ayrıca Li iyonlarının kil mineralleri tarafından absorbe edilmesi sedimanter oluşumlarda Li'nin yüksek konsantrasyonlarına sebep olmaktadır. Li'un buharlaşma ile evaporitlerde bor ile birlikte zenginleştiği de bilinmektedir (Elkin ve Margrave 1968, Bürküt 1977, Akçay 2002, Halilova 2004). Alterasyon ve yıkanma olayları Li'yi ortamdan kolayca uzaklaştırdığı için borat yataklarında alterasyon gelişmediği söylenebilir. Aksi takdirde Li boratlarda zenginleşme göstermezdi.

Mo hem siderofil hem de kalkofil bir elementtir. Sığ plütonik ve volkanik kayalarla ilişkili ve geniş yayımlı düşük tenörlü porfiri molibden zenginleşmelerinin kökeni hidrotermal çözeltilerdir. Sedimanter döngüde molibden molibdat iyonları şeklinde oldukça mobil olan bir elementtir (Goldschmidt 1967).

Litofil bir element olan Cs'un magmanın katılmasını takip eden uçucu elemanlarca zengin çözeltilerle ilişkili olduğu bilinmektedir. Örneğin Yellowstone gölü sublakustrin hidrotermal yatağında Cs'un As, Hg, Mo, Sb, Tl ve W'la birlikte konsantre olduğu belirlenmiştir (Shanks III vd. 2007). Cs özellikle K'lu minerallerde ve en fazla Li'lu mikalarda bulunmaktadır (Bürküt 1977). En büyük alkali katyonlardan olan Cs'un iyon çapı ana elementlerden büyüktür fakat yine de K'un yerini alabilmektedir. Magmatik kristalleşme sürecinde Cs uçucu fazda daha çok bulunur ve Rb ve K'a oranla çok daha fazla uçucu olması sebebiyle K'ca zengin volkanik kayaların bileşiminde yer alır.

Salton denizi sıcak su kaynaklarının, doğal olarak bulunan birçok sudan daha fazla Pb (100 ppm) içerdiği bilinmektedir (Akyol vd. 1985).

Batı Anadolu borat yataklarında zenginleşen bu elementlere ait bilgilere göre sözü edilen elementlerin kökeni inceleme bölgesinde Miyosen boyunca devam eden volkanizma ve bunun ürünleri olan hidrotermal çözeltiler, gazlar ve karalardan alterasyon ürünü olarak taşınan killerle ilişkilendirilebilir.

Korelasyon katsayıları ve kümeleme analizi ile element ya da element çiftlerinin birbirleriyle veya diğer elementlerle ilişkisi belirlenmiştir. Bu verilerin değerlendirilmesi ile elementlerin kökensel olarak birliktelikleri ve farklılıkları ortaya konulmuştur. Şöyle ki; elementlerin tüm yataklarda genel olarak üç grup oluşturdukları görülmektedir. Bu gruplardan ilki Si, Al, K ve Mg gibi kil grubu elementlerin oluşturduğu büyük gruptur. İkincisi Ca veya Na ile ilişkili elementler (Se, Sr gibi) ve son olarak üçüncü grup ise her yatakta değişken elementlerin (Tl, Cu, Co gibi) oluşturduğu grup olarak genelleştirilebilir. Örnek yerleri farklılığına göre grupların element içerikleri değişkenlik göstermektedir. Yataklarda Ca ve Na ile Si, Al, Fe, K gibi kil grubu (Fu vd. 2011) arasında görülen negatif korelasyon bunların detritik kökenli ve killere bağlı olmadıklarını açıklar. Killeri temsil eden grupla (Si, Al, Fe, K) Ca'un zayıf-çok zayıf pozitif ilişkisi bu elementin az miktarda karasal ve daha çok gösel olmak üzere iki farklı kökeni olduğunu gösterir. Na ise Kırka ve Bigadiç'in Acep kesiminde Ca'un tersine kili temsil eden grupla zayıf-çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Bu da Na'un killere bağlılığının çok az olabileceğini büyük çoğunluğunun gösel olduğunu işaret eder. Bu durumun tersi olarak Emet, Kestelek ve Bigadiç'in Tülü ve Simav kesimlerinde Na'un killere zayıf pozitif korelasyonu buralarda Na'un silikatlara bağlı olduğunu gösterir. Kırka ve Bigadiç'in Acep kesiminde Ca ile çok kuvvetli negatif korelasyonu ve S'un ortamda %0.02 değerinden bile az oluşu Na'un karbonatlar ve sülfatlar halinde olmadığını açıklar. Buna göre Na az da olsa beklendiği gibi silikatlar (Querol vd. 1998) ve büyük oranda boratlarla ilişkilendirilebilir. Analiz edilen örneklerin borat minerali olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu korelasyonlar Ca-boratlarla Na-boratlar arasındaki negatif ilişkiyi gösterir. Killeri temsil eden elementlerin pozitif korelasyon gösterdiği eser elementlerin de aynı kökensel özelliğe sahip oldukları söylenebilir.

Tüm yataklarda derinliğe bağlı değişimler irdelendiğinde element gruplarının genel anlamda benzer artış ve azalışlar sergilediği göze çarpmaktadır. Her yatak içerisindeki element grupları birkaç metrelik derinlik değişiminde bile farklılık göstermektedir. Örneğin Bigadiç yatağı Acep kesiminde Si ve Li gibi elementler 75 m'de düşük değerlerde iken 101 ve 127.5 m'lerde ani yükselişler sergilemiş, 133 m'de aniden düşerek derinlik arttıkça sabit değerler sergilemiştir (Şekil 7.9). Bu elementlerin ani

artış gösterdiği bu derinliklerde örneğin B_2O_3 değerlerinde önemli azalmalar görülmüştür (Şekil 7.10c). Derinliğe göre ortaya çıkan bu azalış ve artışlar hem havzalara element getiren kaynakların etkisini hem de fizikokimyasal şartların değişkenliğini ortaya koymaktadır.

Elementlerin tüm korelasyonları ve jeokimyasal özellikleri birlikte değerlendirildiğinde; kökene ilişkin bazı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Primer köken açısından borat örneklerinde yer alan elementlerin büyük kısmı sülfidik karakterlidir. Bu durum bölgede volkanik faaliyetlerle ortaya çıkan hidrotermal çözeltilerin katkısını işaret eder. Ancak korelasyonlarda elementlerin büyük bir kısmının kil grubu elementlerle birlikte hareket ettiği belirlenmiştir ki, bu da detritik kökeni gösterir. O halde bir taraftan bölgede etkin olan volkanizma diğer taraftan karalardan taşınma çökeltme ortamını beslemiştir. Buna göre zenginleşen elementlerden genel olarak Cs, Sb, Mo, Li ve Pb detritik; Se ise B ve Ca ile beraber detritik olmayan kökeni işaret etmektedir. As ve Sr da hem detritik hem de detritik olmayan kaynakla ilişkilidir. Ancak Ca ile zayıf pozitif korelasyonu olan B'un bir kısmının karadan taşındığı hesaba katılmalıdır. Ayrıca Kırka borat yatağında diğer yataklardan farklı olarak Ca'un B'dan farklı (karasal) kökenini işaret ederken, Na ile B arasındaki zayıf pozitif korelasyon kökensel birlikteliği göstermektedir. Ancak pozitif korelasyonun zayıf oluşu Na'un iki farklı kökenden de (detritik ve volkanik) gelebileceğini göstermektedir.

7.6 Borat Yataklarının Nadir Toprak Jeokimyasının Yorumu

NTE jeokimyası, jeokimya süreçlerinin belirlenmesinde önemli bir yöntemdir (Brookins, 1989). Doğada NTE'ler genel olarak NT^{+3} değerlikli olarak bulunmakla birlikte, Eu^{+2} ve Ce^{+4} değerlikli de gözlenmektedir. NTE'ler arasında Eu ve Ce özel jeokimyasal davranış sergileyerek, çevresel sistemin redoks koşullarının araştırılmasında son derece önemlidir (Loveland 1989). NTE jeokimyası derinlik, alkalinite, oksijen, kuvars ve kalsiyum içerikleriyle yakın değişkenlik gösterir (De Baar vd. 1985, Elderfield 1988). NTE davranışlarında ortamın pH, sıcaklık, oksijen çözünürlüğü, oksidasyon redüksiyon potansiyeli, (Eh) alkalinite ve H_2S

konsanrasyonları önemlidir. NTE analizleri Kondrit (CN), C1 Kondrite, NASC (Kuzey Amerika Şeyl Bileşeni), PAAS (Post Arkean Avustralya Şeylleri) gibi referans değerlere göre normalize edilmektedir.

Çalışma alanı içinde yer alan Kestelek örneklerinde genel olarak HNTE ve Orta Nadir Toprak Element (ONTE) zenginleşmesi söz konusudur. Bigadiç'de kısmen HNTE zenginleşmesinden söz edilebilir. Emet ve Kırka örneklerinde ise ANTE zenginleşmesi söz konusudur. HNTE bileşenleri, ANTE bileşenlerinden daha duraylıdır (Cantrell ve Bryne 1987). HNTE'lerindeki zenginleşme, hidrotermal sistemin herhangi bir yerinde NTE'lerin yıkanarak yeniden depolanması anlamını da taşır. ONTE zenginleşmesinin, sıcak doğal akışkanlar ve asit yıkanmalarında gözlenmesi karakteristiktir (Fee vd. 1992, Johannesson vd. 1996). Aynı zamanda orta asidik kaynaktan çıkan NTE bileşenleri, pozitif Eu anomalisi ve ONTE zenginleşmesi göstermektedir (Johannesson vd. 1996).

Kırka yatağında negatif Ce anomalisi görülmezken Emet ve Kestelek yataklarında hafif olarak gözlenmektedir. Bigadiç'de çok belirgin olmamakla birlikte negatif Ce anomalisinden söz edilebilir. Ce anomalisi ortamın redoks özelliğini yansıtmaktadır. Negatif Ce anomalisi ortamın yüksek oksijen fugasitesini (fO_2), (Constantopoulos 1988, Canet vd. 2005) yansıtmaktadır. Ayrıca Fleet vd. (1976) tarafından hafif negatif Ce anomalisinin volkanik girdinin göstergesi olarak kabul edildiğini bildirilmiştir (Şaşmaz vd 2014).

Kestelek yatağında pozitif Eu anomalisi söz konusu iken Kırka ve Emet yataklarında negatif Eu anomalisi söz konusudur. Bigadiç'te ise Tülü örneklerinde negatif Eu anomalisi ortaya çıkmıştır. Çok belirgin olamamakla birlikte pozitif Ho anomalisi Emet ve Kestelek yataklarında belirlenmiştir.

Pozitif Eu anomalisinin magmatik kökenin işaretçisi olduğu Nonce ve Taylor (1977), Bhatia (1985), Sant'Anna vd. (2005) tarafından da belirtilmiştir. Ayrıca pozitif Eu anomalisi CO_2 varlığını gösterir (Graf 1977, Gale vd. 1997) ve bu da ortamdaki

volkanik faaliyetlerin ürettiği CO₂ ile ilişkilendirilebilir. Ho'un, Ca ile iyon yarıçapı benzerliğinden dolayı Ca-borat örneklerinde pozitif anomali göstermesi beklenir. Nitekim Kestelek ve Emet gibi Ca-borat çökeliminin olduğu yataklarda çok hafif de olsa pozitif Ho anomalisi belirlenmiştir.

Kestelek örneklerinin NTE analiz sonuçlarına göre (Çizelge 7.9) örneklerde La/Lu oranlarının >1 olması bunun yanında pozitif (+) Eu anomalisi orta asidik ve yüksek sıcaklık şartlarına işaret etmektedir (Bau 1991). Diğer yataklarda da La/Lu oranı >1 şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Negatif Eu anomalisi birçok sedimanter kayada bulunmaktadır. O halde ortam hakkında bir şeyler söylemek için NTE'lerin doğal ve hidrotermal sulardaki durumunu da irdelemek gerekir. Hidrotermal suları okyanusal ve karasal olarak sınıflandıran McLennan (1989) karasal hidrotermal suları da yüksek ve düşük pH'lı olmak üzere ikiye ayırmıştır. Ayrıca negatif Eu anomalisi gösteren sular bu yazar tarafından kıtasal ortamın yüksek pH'lı hidrotermal suları olarak tanımlanmıştır. Buna göre, Kırka ve Emet borat yataklarında NTE değerleri yüksek pH'lı hidrotermal suların borat oluşum sürecine katıldığını işaret etmektedir. Diğer bir değerlendirmede, negatif Eu anomalisi, oksijeni az indirgen ortamları gösteren bir faktör olarak ileri sürülmektedir (Constantopoulos 1988, Henderson 1984). Hidrotermal çözeltiler (Sverjensky 1984, Bau 1991) ve yıkanma (leaching) olayları (Bence ve Taylor 1985), Eu³⁺'ün' Eu²⁺'ye indirgenmesine ve dolayısıyla güçlü negatif Eu anomalisine sebep olur.

Negatif Eu anomalisi oksijenli göl ortamında oluşan borat oluşumları dikkate alındığında açıklanması gereken bir sorun haline gelmektedir. Çünkü oksijence zengin böyle ortamlarda Eu²⁺ kolaylıkla Eu³⁺'e yükseltgenerek Ca, Na ve Mg gibi elementlerle iyon yarıçapları yakınlığından dolayı borat oluşumuna katılabilir ve bu da pozitif Eu anomalisine sebep olabilir. O halde Kırka ve Emet boratlarındaki negatif Eu anomalisinin başka bir açıklaması olmalıdır. Öncelikle hidrotermal sularla ve yankayaç feldspatlarının kimyasal alterasyonu ile göl ortamına yeterince Eu taşınmadığı ileri sürülebilir. Usui ve Mita (1995)'e göre negatif Eu anomalisi kıtasal kabuk katkısından

ve düşük sıcaklıktan dolayı yeraltı suları ile yatay (substrat) volkanik kayaların az etkileşimini işaret etmektedir (Şaşmaz vd. 2014). Ayrıca H₂S'li hidrotermal çözeltilerin ortamı kısmen indirgen hale getirdiği düşünülebilir.

Tüm bu veri ve fikirler göz önüne alındığında; Emet ve Kırka borat yatağının oluştuğu sedimanter ortamda, yüksek pH'lı hidrotermal suların borat oluşum sürecine katıldığı, kıtasal kabuk katkısından ve düşük sıcaklıktan dolayı yeraltı suları ile yatay volkanik kayaların az etkileştiği ileri sürülebilir.

Kestelek borat yatağının oluştuğu sedimanter ortamda ise negatif Ce ve pozitif Eu anomalileri ile oksijen fugasitesi yüksek olan bir çökelme rejiminden ve hidrotermal katkıdan söz edilebilir.

8. TARTIŞMALAR ve SONUÇLAR

1. Batı Anadolu'nun tüm bor yataklarını içeren Neojen kayaç birimleri, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı bir temel karmaşığı üzerine uyumsuz olarak gelir. Borat yataklarının litolojisi birbirinden farklılıklar göstermesine karşın, çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, tüf, tüfit, marn ve kireçtaşı ile ara tabakalıdır. Bor yatakları Paleojen'de başlayan ve Kuvaterner başlangıcına kadar devam eden volkanik aktivitelerin de yer aldığı dönemlerde Miyosen kıta-içi playa-göl tortulları içinde depolanmıştır. Borat cevherleşmeleri volkanik aktivite ile ilişkili olup, volkanik aktivitenin yanında havzaya karasal malzeme getirimi de söz konusudur. Volkanik aktivitenin ürünü olan kayaçlar; riyolitik, dasitik, trakitik, andezitik ve bazaltik bileşime sahiptir. Bu kayaçların kırıntılı malzemeleri (piroklastikler) gölsel tortullarla ara tabakalıdır.
2. Bigadiç borat yatağında bor minerali olarak kolemanit, üleksit, reedmergnerit ve searlesit belirlenmiştir. Kestelek'te sadece kolemanit, Kırka yatağında boraks, tinkalkonit, üleksit, kurnakovit, probertit, tunellit, kolemanit, hidrokloroborit, brianroulstonit, hilgardit-4M, searlesit Emet yatağında ise kolemanit, P-viçit ve hidroborasit belirlenmiştir. Bu çalışmada Bigadiç'de searlesit ve reedmergnerit mineralleri Kırka'da hidrokloroborit, brianroulstonit, hilgardit-4M, ve searlesit mineralleri belirlenmiştir.

Kırka borat yatağı dışında diğer yataklarda hâkim mineral kolemanittir. İnceleme alanında boratlı seviyelerin oluşmasını takip eden süreçlerde bu seviyelerin üstüne konglomera, kumtaşı, kil, volkanik ara katkılar ve karbonatlı kayaçların ardalanmasından oluşan kalın örtü birimleri gelmektedir. Kırka yatağında Ca'lu boratlarla bazı ikincil boratların bulunuşu ortamdaki fizikokimyasal şartların zaman zaman değiştiğini gösterir (Sunder 1980). Yataklarda mikroskobik incelemeler sırasında tespit edilen zonlu yapılar da ortamın değişen fiziksel ve kimyasal şartlarını işaret etmektedir. Buna bağlı olarak ortamda az miktarda ve sınırlı alanlarda ikincil borat mineralleri oluşması doğaldır. Ancak borat yatakları sürekli işletilmekte ve cevher sürekli tüketilmektedir. Buna göre önceki çalışmalarda her yatak için farklı

minerallerin (üleksit, probertit, terujit, kahnit, meyerhofferit ve hidroborasit gibi) oluştuğu belinmektedir. Bu minerallerin oluştuğu kesimlerin ortamsal değişimleri temsil edecek oranda az miktarda bulunduğunu ve işletme sırasında bu zonların tüketildiğini kabul etmek gerekmektedir.

3. Yeni tespit edilen minerallerin oluşum koşullarını değerlendirdiğimizde hidrokloroborit üleksitin hakim olduğu playa yataklarda kuru mevsimlerde oluşmaktadır (Hulburt vd. 1977). Bu araştırmacılara göre Hilgardit-4M minerali, Rachlin vd. (1986) tarafından New Brucnswick'daki Penobsquis madeninde oluşan boratlardan biri olarak belirtilmiştir. Hilgardit grubu minerallerin nispeten nadir olduklarını ve yalnızca birkaç oluşumunun kabul gördüğünü vurgulamışlardır. Brianroulstonit minerali, Jambor ve Roberts (1998) tarafından New Brucnswick'daki Penobsquis madeninin Missisipi tipi halit-silvin evaporitlerindeki diğer boratlarla ilişkili yeni bir mineral olarak belirtilmiştir. Searlesit, Hay (1966)'ya göre denizel olmayan yüksek tuzluluğa sahip ortamlarda otijenik silikatlar şeklinde bulunmaktadır (Yang ve Rosenberg, 1992). Searlesitin bazı alkalin göllerde (Kaliforniya'daki Searles gölü) gelişen sedimanlarda oluştuğu ve otijenik K-feldispat ve zeolitlerle birlikte bulunduğu da bildirilmektedir (Hay ve Moiola, 1963; Taylor ve Surdam, 1981). Ayrıca Garcia ve Helvacı (2013)'nın Kırka Göcenoluk kesiminde yaptıkları çalışmada kül tabakalarının alterasyonu ile oluşan otijenik minerallerin (smektit → analsim → searlesit) su tablasının göl merkezine çekilmesi ile daha alkali ve borca daha zengin olma eğilimindeki konsantre sular tarafından kontrol edildiğini belirtmiştir. Parajeneze yeni eklenen bu minerallerin ortamsal anlamları daha önce kurak ve yarı kurak iklim koşulları ve volkanik etkinliklerle bağlantılı alkalin playa göl ortamlarında oluştuğu ifade edilen (Baysal, 1972; Helvacı 2004) borat yataklarının bu tanımını desteklemektedir.
4. Bor mineralleri dışında Bigadiç'te kalsit, kuvars, hidrohalit, analsim, montmorillonit ve illite, Kestelek'de kalsit, kuvars, aragonit, höylandit, montmorillonit, illit, klorit ve korensite, Kırka'da dolomit, kil minerali olarak montmorillonit ve illite Emet'e ise

dolomit, kalsit, kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illite rastlanmıştır.

5. Borat minerallerinin oluşum sıcaklığının 60°C'nin altında olduğu bilinmektedir. (Baysal 1973, Sunder 1980). Krauskopf (1989) kil minerallerinin alüminyum silikatlardan sular vasıtasıyla birkaç yüz derecede oluştuklarını, düşük sıcaklıklarda ise oluşumun çok uzun zamanda gerçekleşebileceğini ifade etmektedir. Yataklardaki borat ve kil mineralleri (montmorillonit) birlikte değerlendirildiğinde oluşumun bazik çözeltilerden birkaç yüz °C sıcaklıkta ya da 60 °C'nin altında, fakat çok uzun zaman alan bir süreçte gerçekleştiği ileri sürülebilir.
6. Bigadiç ve Kırka yataklarında ana elementlerden Ca ve Na, Kestelek ve Emet yataklarında ise Ca, YKO'ya ve AO'ya göre artış göstermiştir. Yataklarda Si, Mg, Al, Fe, K, Ti, Mn ve P ana elementleri ise YKO'ya ve AO'ya göre önemli azalmalar göstermektedir. Na ve Ca bollukları Na, NaCa ve Ca-borat minerallerinin yoğun oluşmasında ana belirleyiciler olduğu ortadadır. Mg-borat mineralleri diğerlerine göre çok daha az oluşmuştur.
7. Eser elementlerden Sr YKO ve AO ortalamalarına göre yataklarda artmış ancak Emet ve Kırka yatağı dışında mineral oluşturmamıştır. Na, NaCa ve Ca-boratlarda bol miktarda Sr içermektedir. Buna karşılık Kestelek ve Bigadiç yataklarında Sr'lu mineral oluşmamıştır. Sunder (1980), Sarıkaya'da (Eskişehir) yaptığı araştırmasında; ortama ekshalasyonlarla gelen Sr'a bağlı olarak alt ve üst üleksit zonlarında egemen başlangıç sıcaklıklarında (25 °C) birincil olarak tunellitin oluşmasından söz etmektedir. Kestelek ve Bigadiç yataklarında NaCa ve Ca-boratlarda oluşum sıcaklığının da 40 °C'ye yakın olması, neden Sr'lu boratın oluşmadığını açıklamaktadır. Emet yatağında oluşan P-viçit'in (Sr-borat) kolemanit ile katmanlar arası stronsiyum ve borca zengin çözeltilerin reaksiyonları sonucu oluştuğu söylenebilir.

8. Batı Anadolu borat yatakları minerallerin sürekliliği açısından kesintili ve kesintisiz olmak üzere iki türde oluşmuştur. Emet, Bigadiç ve Kestelek yatakları kesintili, Kırka ise bölgede kesintisiz çökelyimin görüldüğü tek yatak olma özelliğine sahiptir. Türkiye’de bilinen diğeryataklardan farklı olarak; Kırka’da başta Na-borat olmak üzere NaCa, Mg, Sr ve Ca-borat minerallerine birlikte rastlanır.
9. Yataklarda yaklaşık 30 kadar eser element belirlenmiş olup, bunlardan bazıları önemli ölçüde zenginleşme göstermektedir. Bigadiç yatağında Se, Sr, As, Sb, Mo ve Li; Kestelek yatağında ise Se, Sr, As, Sb, Cs, Li ve Mo; Kırka yatağında Se, Cs, Sr, Li ve As; Emet borat yatağında As, Se, Cs, Li, Sr, Sb ve Pb zenginleşmeleri belirlenmiştir. Bu veriler Kırka, Bigadiç, Emet ve Kestelek yataklarında Se, Sr, Li ve As zenginleşmelerinin ortak bir özellik olduğunu göstermektedir.

Bu eser elementlerin Bigadiç, Kestelek, Kırka ve Emet’deki zenginleşme katsayıları çizelge 8.1’de görülmektedir. Tüm yataklarda birinci rakam YKO’ya, ikincisi AO’ya göre olmak üzere **Se**, 544-544 kez; **Sr**, 17.63-8.27 kez; **Li**, 6.92-6.92 kez; **As**, 196-185.74 kez ve **Mo**, 0.60-0.99 kez; **Sb** 2.24-2.24 **Cs**, 12.21-15.92 kez; ve **Pb**, 0.27-0.22 kez şeklinde değışim katsayıları göstermektedir. Bu değerlere göre Se, Li, As, Sb ve Cs YKO’ya ve AO’ya göre artmış, Mo ve Pb ise azalmıştır.

TSO’ya göre analizde çıkan tüm ana ve eser elementlerde çok yüksek artışlar bulunmaktadır. Bu da boratların oluştuğı göl ortamına dış etkenlerle önemli oranda element transfer edildiğini göstermektedir.

Çizelge 8.1 Batı Anadolu borat yataklarında zenginleşen eser elementlerin artış katsayıları

Elementler	Bigadiç		Kestelek		Kırka		Emet		Genel Ortalama	
	YKO	AO	YKO	AO	YKO	AO	YKO	AO	YKO	AO
Se	608.00	608.00	795.00	795.00	188.00	188.00	585.00	585.00	544.00	544.00
Sr	17.48	8.20	12.27	5.75	15.36	7.20	25.41	11.91	17.63	8.27
Li	6.27	6.27	2.75	2.75	14.15	14.15	4.52	4.52	6.92	6.92
As	5.86	5.55	10.13	9.60	2.97	2.81	765.00	725.00	195.99	185.74
Mo	1.36	2.26	1.02	1.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.99
Sb	0.00	0.00	5.95	5.95	0.00	0.00	3.00	3.00	2.24	2.24
Cs	0.00	0.00	4.22	5.50	21.04	27.44	23.58	30.75	12.21	15.92
Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	0.89	0.27	0.22

10. Tüm yataklarda ana ve eser elementlerin genel olarak birlikte hareket eden iki veya üç farklı grup oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Birinci grup çoğunluğu killeri temsil eden ana elementler (Si, Mg, Al, Fe, K gibi) ve bunlarla birlikte hareket eden eser elementler (As, Rb, Zr, Mo, Sb, Cs, Pb, Li, Y, Ni ve NTE) den oluşmaktadır. Birinci grupla negatif korelasyon gösteren B, Ca ve Na birbirleriyle yada başka elementlerle ikinci veya üçüncü grupları oluşturmaktadır. Elementlerin bu eğilimi ortama madde sağlayan ana bir kaynağın olduğunu ve ayrıca daha az oranda etkin olabilen ikinci bir kaynağın bulunduğuna işaret etmektedir. Volkanosedimanter maden yataklarında yüksek Al ve Ti içeriği sedimanter katkının belirteçidir (Bonatti vd. 1972, Crerar vd. 1982, Roy vd. 1990, Nicholson 1990, Choi ve Hariya 1992). İncelenen yatakların Al ve Ti içerikleri YKO'dan bile düşüktür (Al, en yüksek Kestelek'te 3549 ppm ve Ti, en yüksek Bigadiç Tülü'de 318 ppm). Killeri temsil eden grupla (Si, Al, Fe, K) Ca'un zayıf-çok zayıf pozitif ilişkisi Ca'un az miktarda karasal ve daha çok gölsel olmak üzere iki farklı kökeni olduğunu gösterir. Na ise Ca'un tersine kili temsil eden grupla zayıf-çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Bu da Na'un killere bağlılığının çok az olabileceğini büyük çoğunluğunun gölsel olduğuna işaret eder. Ca ile çok kuvvetli negatif korelasyonu ve S'un ortamda az oluşu Na'un karbonatlar ve sülfatlar halinde olmadığını açıklar. Buna göre Na az da olsa beklendiği gibi silikatlar (Querol vd. 1998) ve büyük oranda boratlarla ilişkilendirilebilir. Analiz edilen örneklerin borat minerali olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu korelasyonlar Ca-boratlarla Na-boratlar arasındaki negatif ilişkiyi gösterir. Mg'un Na ile zayıf-kuvvetli negatif, Ca ile zayıf pozitif ve kili temsil eden elementlerle

kuvvetli pozitif korelasyonu bu elementin öncelikle killere bağlı olduğunu (Fu vd. 2011, Boggs 2009) az oranda karbonatlarla birlikteliğini ve yine az miktarda Mg-boratları oluşturduğunu açıklar. Ayrıca Na-boratlar arttıkça Mg'lu boratların azaldığını gösterir. Korelasyon katsayı çizelgelerinde görüldüğü gibi NTE, Zr, Rb, Nb, Cs ve Th gibi jeokimyasal açıdan duraylı eser elementlerin büyük oranda killere bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Böylece kaynak olarak bir miktar elementin göl ortamına karalardan taşındığını kabul etmekle birlikte ortama malzeme veren asıl kaynağın volkanik süreçler olduğu ortaya çıkmaktadır.

B₂O₃'ün kil grubunu temsil eden elementlerle negatif ilişki göstermesi borun kaynağının onlardan farklı olduğunu ve büyük oranda detritik olmadığını işaret etmektedir. Tüm yataklarda diğer elementlerle olan ilişkisini gösteren korelasyon katsayılarına göre B₂O₃'ün büyük çoğunluğu çökeltme ortamına volkanik etkinlikler sonucunda ortaya çıkan gazlar ve hidrotermal çözeltiler tarafından sağlanmıştır. Bigadiç Simav kesimi Kırka KS2 kesimi ve Kestelek'te B₂O₃'ün kil grubunu temsil eden elementlerle diğer kesimlere göre zayıf negatif ilişki göstermesi kısmen de olsa bu ortamlara karasal katkının da olduğuna işaret etmektedir.

11. Tüm yataklar dikkate alındığında bor minerallerine ait elementlerin derinliğe bağlı davranışlarının genel olarak bir metrelik veya daha az derinlik değişimlerinde dahi farklılık sunduğu dikkat çekmektedir. Çalışma alanındaki borat oluşum havzalarında baskın olarak gelişen kurallı birikimler olduğu gibi çok değişken çökelimlerin de olduğu görülmektedir. Elementlerin derinliğe bağlı dağılımlarında görülen farklılıkların sebeplerinden biri göl ortamının iklim koşullarına bağlı olarak çeşitli periyotlarda sellenme-buharlaştırma dönemleri geçirmiş olması iken, diğer bir sebep ise volkanik aktivitenin ve buna bağlı olarak oluşuma katılan hidrotermal çözeltilerin etkisi olabilir.

Elementlerin korelasyon ve kümelenme verileri ve jeokimyasal özellikleri birlikte değerlendirildiğinde kökensel olarak bazı sonuçlara ulaşılmaktadır. Örneğin primer köken açısından borat örneklerinde yer alan elementlerin büyük kısmı sülfidik karakterlidir. Bu durum bölgede volkanik faaliyetlerle ortaya çıkan hidrotermal

çözeltilerin katkısını işaret etmektedir. Korelasyonlar ve kümelenme verilerinde elementlerin büyük grubunun killere birlikte hareket etmesi de detritik kökeni göstermektedir. Dolayısıyla bir taraftan bölgede etkin olan volkanizma, diğer taraftan karalardan taşınma çökelme ortamını beslemiştir. Zenginleşen elementlerden Cs, Sb, Mo, Li ve Pb detritik; Se ise B ve Ca ile birlikte detritik olmayan kökeni işaret etmektedir. Ancak Ca ile zayıf pozitif korelasyonu olan B'un bir kısmının killere taşındığı da gözönünde bulundurulmalıdır. Bunun gibi As ve Sr da hem detritik hem de volkanik kaynaklarla ilişkilidir. Ayrıca Kırka borat yatağında diğer yataklardan farklı olarak Ca'un bir kısmı B'dan farklı (karasal) kökeni işaret etmektedir. Na ile B arasındaki zayıf pozitif korelasyon ise kökensel birlikteliği göstermekle birlikte aynı zamanda Na'un iki farklı kökenden (detritik ve volkanik) gelebileceğini de göstermektedir.

12. Nadir Toprak Element (NTE) dağılım diyagramları değerlendirildiğinde ise Kestelek'te negatif Ce ve pozitif Eu anomalileri görülmektedir. Kırka'da negatif Eu anomalisi ve Emet'de ise negatif Ce anomalisi ve negatif Eu anomalisi göstermektedir. NTE dağılım diyagramları Bigadiç'te yorum açısından yeterli veri sunmamıştır. Bu veriler ışığında Kırka ve Emet borat yatağının oluştuğu sedimanter ortamda, yüksek pH'lı hidrotermal suların borat oluşum sürecine katıldığı, kıtasal kabuk katkısından ve düşük sıcaklıktan dolayı yeraltı suları ile yatay volkanik kayaçların az etkileştiği, bunun da negatif Eu anomalisini doğurduğu ileri sürülebilir. Kestelek borat yatağının oluştuğu sedimanter ortamda ise negatif Ce ve pozitif Eu anomalileri belirlenmiş olup, bu oksijen fugasitesi yüksek olan bir çökelme rejiminini ve hidrotermal katkıyı işaret eder.

Sonuç olarak; jeolojik veriler, baskın hidrotermal katkı, killere bağlı elementler, elementlerin derinliğe bağlı değişim özellikleri, alkalen koşullarda oluşan minerallerin varlığı ve NTE anomalileri Batı Anadolu borat yataklarının, birbirleriyle bağlantılı veya bağlantısız volkanik ve karasal malzemelerle beslenen ve yüksek pH'lı playa göllerinde, kurak-yarı kurak iklim etkisindeki evaporasyon koşullar altında oluştuğu söylenebilir.

13. Batı Anadolu bor yataklarında zenginleştiği belirlenen As, Se, Cs, Li, Sr, Sb ve Pb gibi elementlerin yan ürün olarak kazanılması bu araştırmada önerilmektedir. Bilindiği gibi pek çok maden yatağında ana cevhere ek olarak yan ürün halinde bazı elementler kazanılabilmektedir. Örneğin Cu yataklarında Se yan ürün olarak kazanılmaktadır. Çoğu bakır cevheri flotasyon konsantreleri 100-400 ppm Se içerir ve dolayısıyla Se eldesi için en önemli kaynaklarıdır (Habashi 1997). Li için de benzer açıklamalar yapılabilir. Li üretimi birçok tuz yatağı, göl ve denizden sağlanmaktadır. Örneğin Li konsantrasyonları Salar de Uyuni (Bolivya)'da 240 ppm, Great Salt Lake (Utah) 40 ppm ve Ölü Deniz (İsrail-Ürdün) 20 ppm'dir (Habashi 1997). Ayrıca deniz sularındaki 0.17 ppm'lik Li'un dahi elde edilmesi üzerine çalışılmaktadır (Habashi 1997). Bor yataklarını değerlendirirken öncelikle Se (4-41 ppm) ve Li (34-324 ppm)'unda kazandırılabilceği düşünülmelidir. Bunun için Ar-Ge çalışmalarına ihtiyaç vardır. Zenginleşen diğer elementler de bu kapsamda ele alınabilir. Böylece dünyada en çok Türkiye'de bulunan bor rezervlerinin daha ekonomik değerlendirmesi yapılmış olacaktır.

Sunulan bu araştırma oluşum ortamlarını jeokimyasal açıdan yorumlandığı ve tanımlamalara yeni veriler sağladığı için ve ayrıca bor yataklarının ekonomik değerlendirilmesinde yeni açılımlar önerdiği için önemli hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

- Abollino, O., Aceto, M., Buoso, S., Gasparon, M., Green, W. J., Malandrino, M. and Mentasti, E. 2004. Distribution of major, minor and trace elements in lake environments of Antarctica. *Antarctic Science*, 16(3), 277–291.
- Akçay, M. 2002. Jeokimya Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, No. 204, 506 s., Trabzon.
- Akdeniz, N. ve Konak, N. 1979. Simav – Emet – Dursunbey – Demirci Yörelerinin Jeolojisi. MTA Derleme Raporu, No. 6547.
- Akyol, E. ve Akgün, F. 1990. Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka Boratlı Neojen Tortullarının Palinolojisi, MTA Dergisi, 111, 165-173.
- Akyol, A., İnan, K. ve Suner, F. 1985. Jeokimyaya Giriş. İTÜ Matbaası, 672s., İstanbul.
- Anonim, 1982. Etibank Kestelek kolemanit arama ve ön değerlendirme projesi. İTÜ Maden Fak., Mineraloji-Maden Yatakları Kürsüsü.
- Anonim, 1985. Etibank Kestelek Kolemanit İşletmesi ve çevresindeki zeolitleşmenin araştırılması. İTÜ Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları UYG-AR Merkezi.
- Ataman G. and Baysal, O. 1978. Clay mineralogy of Turkish borate deposits. *Chemical Geology*, 22, 233-247.
- Arda, T. 1969. Kırka-Sarıkaya boraks yatağının jeolojik etüdü: M.T.A., derleme no.4158.
- Bau, M. 1991. Rare-earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid rock interaction and the significance of the oxidation state of europium. *Chem. Geol.*, 93, 219– 230.
- Bayraktar, C. 1985. Bursa Keles Davutlar Sahası Sondajlı Linyit Aramaları Rp., MTA rapor no, 9210, Ankara.
- Baysal, O. 1972. Tunellite, a New Hydrous Strontium Borate from the Sarıkaya Borate Deposits in Turkey. *Bulletin of the mineral research and exploration institute*, 79, 22-29.
- Baysal, O. 1973. Sarıkaya (Kırka) Borat Yataklarının Oluşumu, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik III. Kongresi, ss. 255-277.
- Baysal, O. 1974. Kırka Borat Yataklarındaki Kil Mineralleri Üzerine Ön Çalışma, Türkiye Jeoloji Bülteni, 17(1), 18-30.
- Baysal, O. ve Ataman G. 1975. Türkiye'de Yeni Bir Bor Minerali Kernit. Türkiye Jeoloji Bülteni, sayı 18, 1-8.

- Baysal, O., Salancı, B., Batman, B., Yılmaz, O., Kasapoğlu, K.E., Şahbaz, A., Görmüş, S., Kocaefe, S., Gündoğdu, M.N., Kazanoğlu, H., Şentürk, A., Öner, M., Bayhan, H., Cerit, O., Karayığit, A.İ., Yalçın, H., Tolluoğlu, Ü., Demirel, İ.H., Genç, Y., Dilaver, T., Temel, A., Çetin, H. ve Bağcı, G. 1985. Bigadiç borat havzası jeolojisi ve ekonomik potansiyelinin tesbit edilmesi projesi. H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Beytepe-Ankara, Proje No: YUVAM/84-3(yayınlanmamış), 256 s.
- Bence, A. E. and Taylor, B. E. 1985. Rare earth element systematics of West Shasta Metavolcanic Rocks: Petrogenesis and hydrothermal alteration. *Econ. Geol.*, 80 2164-2176.
- Bhatia, M.R. 1985. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywacks and mudrocks: Provenance and tectonic control. *Sediment Geol.*, 45, 97- 113.
- Boggs, S. 2009. *Petrology of Sedimentary Rocks*. 600 pages. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Bonatti, E., Kraemer, T. and Rydell, H. 1972. Classification and genesis of submarine iron- manganese deposits. In Horn, D., ed., *Ferromanganese deposits on the ocean floor*. Washington, D. C., Natt, SCI, Found., pp. 149-166.
- Bowser, C.J. 1964. *Geochemistry and petrology of the sodium borates in the non-marine evaporite environment*, (Ph. D.) 110 p, Dissertation, University of California, Los Angeles.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey – A synthesis: *Geodinamica Acta*, 14, 3–30.
- Brookins, D.G. 1989. Aqueous geochemistry of rare earth elements, in: Lipin, B.R. and McKay, G.A., (eds.), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*: Washington, D.C., 21, 201-225.
- Bürküt, Y. 1977. Orta ve para gnayslarda Li, Rb, Cs ve Sr'un dağılımı ve bazı petrolojik sonuçlar. K.T. Ü., Maden Fak. Yayınları., 68 sayfa.
- Canet, C., Prol-Ledesma, R.M., Proenza, J. A., Rubio-Ramos, M.A., Forrest, M J., Torres-Vera, M.A. and Rodriguez-Diaz A. 2005. Mn–Ba–Hg mineralization at shallow submarine hydrothermal veins in Bahý'a Concepcio'n, Baja California Sur, Mexico, *Chemical Geology*, 224, 96– 112.
- Cantrell, K.J. and Bryne R.H. 1987. Rare earth element complexation by carbonate and oxalate ions. *Geochim. et Cosmochim. Acta.*, 51, 597-605.
- Chamley, H. 1989. *Clay Sedimentology*, Springer Verlag Berlin, 623p, Germany.
- Choi, J.H. and Hariya, Y. 1992. Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro Belt. Northeastern Hokkaido, Japan, *Economic Geology*, 87, 1265-1274.

- Christ, C.L., Truesdell, A.H. and Erd, R.C. 1967. Borate mineral assemblages in the system Na₂O-CaO-MgO-B₂O₃-H₂O. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 31, 313-339.
- Constantopoulos, J. 1988. Fluid inclusion and REE geochemistry of fluorite from south central Idaho, *Econ. Geol.*, 83, 626–636.
- Crerar, D.A., Namson, J., Chyi, M.S., Williams, L. and Feigenson, M.D. 1982. Manganiferous cherts of the Fransiscan assemblage: General geology, ancient and modern analogues, and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers, *Econ. Geol.* 77, 519-540.
- Çolak, M., Helvacı, C. and Maggetti, M. 2000. Saponite from the Emet Colemanite Mines, Kütahya, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, 48, 409-423.
- De Baar, H. J. W., Bacon M. P., Brewer P. G., and Bruland K. W. 1985. Rare earth elements in the Pacific and Atlantic Oceans. *Geochim. Cosmochim. Acta* 49, 1943-1959.
- Dewey, J.F. and Şengör, A.M.C. 1979. Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84–92.
- Dilek, Y. and Altunkaynak Ş. 2010. Geochemistry of Neogene–Quaternary alkaline volcanism in western Anatolia, Turkey, and implications for the Aegean mantle. *International Geology Review*, 52(4–6), 631–655.
- Dündar, A., Güngör, N., Gürsel, T., Özden, M. ve Özyeğin, E. 1986. Kütahya-Emet Bor Tuzu Yatağı Nihai Değerlendirme Raporu, MTA Raporu, s.151.
- Elderfield, H. 1988. The oceanic chemistry of the rare-earth elements. *Phil. Trans. Roy. Sot. London A* 325, 105-126.
- Elkin E.M. and Margrave, J.L. 1968 Selenium and selenium compounds. In Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical. Technology, 17, 809-833, New York.
- Erdem, N. İ. 2010. Emet-Hisarcık(Kütahya) Bor Yataklanmasını Oluşturan Bor Minerallerinin Dağılımları, Jeokimyası ve Oluşum Ortamlarının İncelenmesi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, s. 58.
- Erkül, F., Helvacı, C. ve Sözbilir, H. 2002a. Bor çökelleriyle ilişkili volkanik kayaların stratigrafisi ve tektonik ortamı, Bigadiç-soma-Sındırgı sahası: T.J.K. 55. Bilimsel ve Teknik Kurultay Bildiri Özetleri, 80-81.
- Erkül, F., Helvacı C. ve Sözbilir, H. 2002b. Bigadiç bor havzası ve çevresindeki volkanik fasiyesler: T.J.K. 55. Bilimsel ve Teknik Kurultay Bildiri Özetleri, 83-84.

- Erkül, F., Helvacı C. and Sözbilir, H. 2005a. Stratigraphy and Geochronology of the Early Miocene Volcanic Units in the Bigadiç Borate Basin western Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 14, 227-253.
- Erkül, F., Helvacı, C. and Sözbilir, H. 2005b. Evidence for two episodes of volcanism in the Bigadiç borate basin and tectonic implications for western Turkey, *Geological Journal*, 40, 545-570.
- Fee, J.A., Gaudette, H.E., Lyons, W.B. and Long, D.T. 1992. Rare earth element distribution in the Lake Tyrell groundwaters, Victoria, Australia. *Chem. Geol.*, 96, 67-93.
- Fleet, H.J., Henderson, P. and Kepme, D.D.C. 1976. Rare earth element and related chemistry of some drilled Southern Indian Ocean basalts and volcanogenic sediments. *J. Geophys. Res. (JGR)* 81, 4257–4268.
- Fu, X., Wang, J., Zeng, Y., Tan, F. and He, J. 2011. Geochemistry and origin of rare earth elements (REEs) in the Shengli River oil shale, northern Tibet, China, *Chemie der Erde*, 71(1), 21-30.
- Floyd, P.A., Helvacı, C. and Mittwede, S.K. 1997. Geochemical Discrimination Of Volcanic Rocks Associated With Borate Deposits: an exploration tool?, *Journal of Geochemical Exploration*, 60, 185–205.
- Gale G.H., Dabek L.B. and Fedikov, M.A.F. 1997. The application of rare earth element analyses in the exploration for volcanogenic massive sulphide deposits, *Mining Geology*, 6(3), 233-252.
- García-Veigas, J., Rosell, L., Alcobé, X., Subias, I., Ortí, F., Gündoğan, I. and Helvacı, C. 2010a. Fontarnauite, a new sulphate-borate mineral from the Emet borate district (Turkey). *Macla*, 13, 97–98.
- García-Veigas, Rosell, L., Ortí, F., J., Gündoğan, I. and Helvacı, C. 2010b. Occurrence of a new sulphate mineral: $\text{Ca}_7\text{Na}_3\text{K}(\text{SO}_4)_9$ in the Emet borate deposits, western Anatolia (Turkey), *Geological Quarterly*, 54(4), 431–438.
- García-Veigas, Ortí, F., J., Rosell, L., Gündoğan, I. and Helvacı, C. 2011. Mineralogy, diagenesis and hydrochemical evolution in a probertite–glauberite–halite saline lake (Miocene, Emet Basin, Turkey) *Chemical Geology*, 280, 352–364.
- García-Veigas, J. and Helvacı, C. 2013. Mineralogy and sedimentology of the Miocene Göcenoluk borate deposit, Kırka district, western Anatolia, Turkey. *Sedimentary Geology*, 290, 85–96.
- Gawlik, J. 1956. Borat Deposits of Emet Neogene Basin, MTA Derleme Raporu, No:2470.
- Gemici, Ü., Tarcan, G., Helvacı, C. and Somay, A.M. 2008. High arsenic and boron concentrations in groundwaters related to mining activity in the Bigadiç borate deposits (Western Turkey), *Applied Geochemistry*, 23 (8), 2462-2476.

- Goldschmidt, V.M. 1967. *Geochemistry*, MUIR, A., Oxford at the Clarendon Press, Pp 730.
- Graf, J.L. 1977. Rare earth elements as hydrothermal tracers during the formation of massive sulphide deposits in volcanic rocks, *Economic Geology*, 72(4), 527-548.
- Güleç, N. 1991. Crust-mantle interaction in western Turkey: implications from Sr-Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics. *Geological Magazine*, 128/5, 417-435.
- Güllü, B. 2012. Topkaya ve Karakaya (Eskişehir) Granitoidlerinin Zamansal ve Mekansal Konumları, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 243s. (Yayınlanmamış).
- Gün, H., Akdeniz, N. ve Günay, E. 1979. Gediz ve Emet Güneyi Neojen Havzalarının Jeolojisi ve Yaş Sorunları, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 8, 3-13.
- Gündoğdu, M.N, Yalçın, H., Temel, A. and Clauer, N. 1996. Geological, Mineralogical and Geochemical Characteristics of Zeolite Deposits Associated with Borates in the Bigadiç, Emet and Kırka Neogene Lacustrine Basins, Western Turkey, *Mineral Deposite*, 31, 492-513.
- Gürer, Ö. F. and Aldanmaz E. 2002. Origin of the Upper Cretaceous–Tertiary sedimentary basins within the Tauride–Anatolide platform in Turkey. *Geol. Mag.*, 139(2), 191–197.
- Habashi, F. 1997. *Hanbook of Extractive Metallurgy*. Wiley VCH. p 2426. Weinheim. Germany.
- Halilova, H. 2004. *Mikroelementlerin Biyokimyası (I, Zn, Co, Mn, Cu, Se)*. (İlke-Eker Press) 110s. Ankara.
- Hatipoğlu, Z. N. 2010. Emet (Kütahya) Borat Havzası Volkanosedimanter Çökellerinin Mineralojisi ve Jeokimyası, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, s. 115.
- Hay, R. L. and Moiola, R.J. 1963. Authigenic silicate minerals in Searles Lake, California, *Sedimentology*, 2, 312-332.
- Hay, R. L. 1966. Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks: *Geological Society of American Special Paper*, 85, 130 pp.
- Helke, A. 1955. Beobachtungen an Türkische minerallagersteatten II. *N. Jb. Min. Abh.*:178-180.
- Helvacı, C. and Firman, R.J. 1977. Emet Borat Yataklarının Jeolojik Konumu ve Mineralojisi, *Jeol. Müh. Dergisi*, 2, 17-29.
- Helvacı, C. 1983. Türkiye Borat Yataklarının Mineralojisi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37-47.

- Helvacı, C. 1984. Occurrence of rare borate minerals: Veatchite-A, Tunellite, Teruggite and Cahnite in the Emet Borate Deposit, Turkey”, *Mineral Deposita*, 19, 217-226.
- Helvacı, C. ve Alaca, O. 1984. Bigadiç borat yataklarının jeolojisi ve mineralojisi: T.J.K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultay Bildiri Özetleri, 110-111.
- Helvacı, C. ve Dora, Ö. 1985. Bigadiç borat yalaklarında mineral oluşumları hakkında yeni görüşler: TJK 39. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri özleri, 75-76.
- Helvacı, C. 1990. Mineral assemblages and formation of the Kestelek and Sultançayırı borate deposits, 29th International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, 245-264.
- Helvacı, C. ve Alaca, O. 1991. Bigadiç Borat Yatakları ve Çevresinin Jeolojisi ve Mineralojisi, *MTA Dergisi*, 113, 61-92.
- Helvacı, C. 1992. Mineral assemblages and formation of the Kestelek and Sultançayırı borate deposits, *Proceedings of the 29th International Geological Congress (Kyoto, Japan,)*, Part A, pp. 245-264.
- Helvacı, C., Stamatakis, M., G., Zagourogrou, C. and Kanaris, J. 1993. Borate minerals and related authigenic silicates in northeastern Mediterranean Late Miocene continental basins. *Explor. Mining Geology*, 2, 171-178.
- Helvacı, C. 1995. Stratigraphy, mineralogy and genesis of the Bigadiç borate deposits, Western Turkey. *Economic Geology*, 90, 1237-1260.
- Helvacı, C. and Orti, F. 1998. Sedimentology and diagenesis of Miocene colemanite-ulexite deposits (western Anatolia, Turkey). *Journal of Sedimentary Research*, 68, 1021-1033.
- Helvacı, C. and Alonso, R.N. 2000. Borait Deposits of Turkey and Argentina; A Summary and Geological Comparison, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24, 1-27.
- Helvacı, C. 2001. Türkiye Borat Yatakları. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, no: 71, 34s., Ankara.
- Helvacı, C. 2003. Türkiye Borat Yatakları. Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası, *BAÜ Fen Bil. Enst. Derg.* 5.1, 4-41.
- Helvacı, C. 2004. Türkiye Borat Yatakları. Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs, İzmir, Türkiye, s.11-27.
- Helvacı, C., Mordoğan, H., Çolak, M. and Gündoğan, İ. 2004. Presence and distribution of lithium in borate deposits and some recent lake waters of West-Central Turkey. *International Geology Review*, 46, 177-190.

- Helvacı, C. and Orti, F. 2004. Zonning in the Kırka borate deposit, Western Turkey: Primary evaporitic fractionation or diagenetic modifications? *Canadian Mineralogist*, 42, 1179-1204.
- Henderson, P. 1984. Rare Earth Element Geochemistry. *Developments in Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, pp 317-347.
- Hurlbut, Jr. C.S., Aristarain, L.F. and Erd, R.C. 1977. Hydrochlorborite from Antofagasta Chile. *American Mineralogist*, 62, 147-150.
- İlhan, A. 2006. Emet ve Hisarcık (Kütahya) Civarı Bor Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, 88s.
- İnan, K. 1975. Sulu Bor Mineral Yataklarının Oluşumu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, 165-168.
- Johannesson, K.H., Lyons, W.B., Yelken, M.A., Gaudette, H.E. and Stetzenbach, K.J. 1996. Geochemistry of rare earth elements in hypersaline and dilute acidic natural terrestrial waters: Complexation behaviour and middle rare earth element enrichment. *Chem. Geol.*, 133, 125-144.
- Jambor, J. L. and Roberts, A. C. 1998. New mineral names. *American Mineralogist*, 83, 400-403.
- Kalafatçioğlu, A. 1964. Balıkesir – Kütahya Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. *TJK Bülteni*, 9, (1-2), 46-62.
- Kavrazlı, Ö. 2007. Kestelek (Bursa) çevresi borat yataklarının mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi (Yüksek lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 89s.
- Kistler, R.B. and Helvacı, C. 1994. Boron and Borates. in: *Industrial Minerals and Rocks* (Donald D. Carr editor) 6 th Edition. Society of Mining, Metalurgy and Exploration, Inc., pp.171-186.
- Koç, Ş., Birey, M., Kavrazlı, Ö. ve Koçak, İ. 2008a. Kestelek (Bursa) Çevresi Borat Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Bunların Derinliğe Bağlı Değişimleri ile Manyetik Rezonans Yöntemiyle Bazı Yüksek Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi. TÜBİTAK Proje no: 105M356 (yayınlanmamış), Ankara, 89s.
- Koç, Ş., Kavrazlı, Ö. and Koçak, İ. 2008b. Geochemistry of colemanite deposit of Kestelek, Bursa, Turkey. 33rd. International Geological Congress, August 6-14th, Oslo, Norway, Abstracts MRB-01(<http://www.cprm.gov.br/33IGC/1352424.html>).
- Koç, Ş., Koçak, İ. and Kavrazlı, Ö. 2008c. Trace Elements Concentrations of Colemanite in Kestelek Borate Deposit. 16th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials. September 7-12th, Matsue, Shimane, Japan. Abstract p.57-58.

- Koç, Ş., Birey, M., Koçak, İ., Karakuş, A. ve Yavuz, B. 2010. Bigadiç (Balıkesir) çevresi borat yataklarının mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, bunların derinliğe bağlı değişimleri ile manyetik rezonans yöntemiyle bazı yüksek teknolojik özelliklerinin incelenmesi, BOREN Proje no: 2008-Ç0050, 108s, Ankara.
- Koç, Ş., Birey, M., Koçak ve Yavuz, B. 2012. Kırka(Eskişehir)Borat Yatağının Mineralojik, Jeokimyasal ve Teknolojik Özellikleri, A.Ü.Bilimsel Araştırma Projeleri Koor.Birimi, Proje no: 10B4343004, Ankara.
- Koçak, İ and Koç, S. 2009. Trace element enrichment of Bigadiç Borates deposits, Balıkesir, Türkiye. Goldschmidt Conference Abstracts 2009, June 22-26th, Davos, Switzerland. A671.
- Koçak, N. 1989. Kestelek Neojen havzasının jeolojik etüdü. Etibank Maden Arama Dairesi Başkanlığı Raporu, Ankara.
- Koçak, İ., 2009. Bigadiç (Balıkesir) Çevresi Borat Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal İncelemesi(Yüksek lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 105s.
- Koçak, İ. and Koç, Ş. 2012a. Major and Trace Element Geochemistry of the Bigadiç Borate Deposit, Balıkesir, Turkey. *Geochemistry International*, 50 (11),1-20.
- Koçak, İ. ve Koç, Ş. 2012b. Kırka Borat Yatağında Zenginleşen Eser Elementler, V. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, Bildiriler ve Özetler Kitabı, 23-25 Mayıs, Denizli, s.43-44.
- Koçyiğit, A., 1984. Intraplate neotectonic development in southwestern Turkey and adjacent areas, *Bull. Geol.Soc. Turkey*, 27, 1-16.
- Krauskopf, K. B. 1989. *Introduction to Geochemistry*. McGraw-Hill international editions, 617p.
- Loveland, W.1989. Environmental sciences, in Bunzli, J.-C.G. and Choppin, G.R., eds., *Lanthanide Probes in Life, Chemical, and Earth Sciences: New York, Elsevier*, p. 391- 411.
- Meixner, H. 1952. Einige boratminerale (colemanitund tertschit, ein neues mineral) aus der Turkei. *Fortschr. Mineralogie.*, 31, 39-42.
- Meixner, H. 1953. Neue Türkische boratlagerstätten Berg. U. Hüttenmann. *Monatsh.* 98, 86-92.
- Meixner, H. 1956. Die neue Türkische boratprovinz in İskeleköy bei Bigadiç im Vilayet Balıkesir. *Sonerabdruck aus Kaliund Steinsals*, part 2, p. 43-47, Essen, Verlag Glöckauf.
- McLennan, S.M. 1989. Rare Earth Elements in Sedimentary Rocks Influence of Provanance and Sedimentary Processes, Chapter in: *Geochemistry and*

- Mineralogy of Rare Earth Elements. B. R. Lipin and G.A. McKay (Eds). BookCrafters, Michigan, 348 pp.
- Nicholson, K. 1990. Stratiform manganese mineralisation near Inverness, Scotland: A Devonian sublacustrine hot-spring deposit?. *Mineralium Deposita*, 25, 126-131.
- Nonce, W.B. and Taylor, S.R. 1977. Rare earth patterns and crustal evolution. II. Archean Sedimentary Rocks from Kalgoorlie, Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41(2), 225-231.
- Okay, A.I. 2008. Geology of Turkey: A synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.
- Okay, A.I. and Tüysüz, O. 1999. Thetyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, Special Publication, 156, 475–515.
- Orti, F., Helvacı, C., Rosell, L. and Gündoğan, İ. 1998, Sulphate-borate relations in an evaporitic lacustrine environment: the Sultançayır Gypsum (Miocene, western Anatolia). *Sedimentology*, 45, 697-710.
- Özkul, C. 2008, Emet (Kütahya) Neojen Havzası Bor Prospeksiyonu: Hedef Saptamada Jeokimyasal Yöntem Geliştirme, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı, Doktora Tezi, 158s.
- Özpeker, İ. 1969. Batı Anadolu Borat Yataklarının Mukayeseli Jenetik Etüdü, İTÜ, Doktora Tezi, İstanbul, 116s.
- Özpeker, I. ve İnan, K. 1978. Batı Anadolu Borat Yataklarında İzlenen Mineral Birliklerinin Yatak Evrimiyle İlişkileri, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 21,1-10.
- Palmer, M.R. and Helvacı, C. 1997. The boron isotope geochemistry of the Kirka borate deposit, western Turkey. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59 (17), 3599-3605.
- Petrascheck, E.W. and Pohl, W. 1982. Lagerstättenlehre, E., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 441p, Germany.
- Rachlin, A.L., Mandarino, J. A., Murowchick, B. L., Ramik, R. A., Dunn, P. J. and Back, M. E. 1986. Mineralogy of hilgardite-4M from evaporites in New Brunswick Canadian Mineralogist, 24, 689-693.
- Robertson, A. H. F. and Dixon, J. E. 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean In *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (eds J. E. Dixon and A. H. F. Robertson), pp. 1–74. Geological Society of London, Special Publication no. 17.
- Rona, P. A. 1973. Plate Tectonics and Mineral Resources. *Sci. Amer.*, 229(1) 86–95.
- Roy, S., Dasgupta, S., Mukhopadhyay, S. and Fukuoka, M. 1990. A typical ferromanganese nodules from pelagic areas of the Indian basins, equatorial Indian Ocean. *Marine Geology*, 84, 339-349.

- Sant'Anna, L.G., Clauer, N., Cordani, U.G., Riccomini, C., Velázquez, V.F. and Liewig, N. 2005. Origin and migration timing of hydrothermal fluids in sedimentary rocks of the Paraná Basin, South America. *Chemical Geology*, pp., 1-21.
- Savaşçın, M. Y. and Güleç, N. 1990. Relationship between magmatic and tectonic activities in western Turkey: geological and geochemical features with examples from the coastal section. *Proceedings of International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, IESCA*, (editors: M.Y. Savaşçın, A. H. Eronat), V.II, pp.300-313.
- Schroll, E. 1975. *Analytische Geochemie*, Ferdinand Enke Verlag, 292p, Stuttgart.
- Shanks III, W. C., Alt J. C. and Morgan, L. A. 2007. Geochemistry of Sublacustrine Hydrothermal Deposits in Yellowstone Lake-Hydrothermal Reactions, Stable-Isotope Systematics, Sinter Deposition, and Spire Formation Chapter in: *Integrated Geoscience Studies in the Greater Yellowstone Area Volcanic, Tectonic, and Hydrothermal Processes in the Yellowstone Geocosystem*. Geological Survey Professional Paper 1717, 205-232.
- Sheppard, R.A. and Gude, A.J. 1968. Distribution and genesis of authigenic silicate mineral in tuffs of Pleistocene Lake Tecopa, Inyo County, California. U.S. Geological Survey Professional Paper 597, 38 p.
- Sunder, M. 1980. Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) borat yataklarının jeokimyası, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 2, 19-34.
- Sverjensky, D. A. 1984. Europium redox equilibria in aqueous solution. *Earth Planet. Sci. Lett.* v. 67, pp. 70-78.
- Şahin, T. 2009. Kırka (Eskişehir) Borat Havzasının Mineralojisi ve Jeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü. Fen Bil Enst., Beytepe, Ankara.
- Şahinci, A. 1991. *Doğal Suların Jeokimyası*, Reform Matbaası, 548s, İzmir.
- Şaşmaz A., Turkyılmaz, B., Öztürk, N., Yavuz, C. and Kumral, M. 2014. Geology and Geochemistry of Middle Eocene Maden Complex Ferromanganese Deposits from Elazığ-Malatya Region, Eastern, Turkey. *Ore Geology Reviews*, 56, 352-372.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (Eds.), *Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation: Society of Economic Mineralogists and Paleontologists, Special Publication*, 37, pp. 227-264.
- Taylor, M.W. and Surdam, R.C. 1981. Zeolite reactions in the tuffaceous sediments at Teels Marsh, Nevada. *Clays and Clay Minerals*, 29, 341-352.

- Taylor, S. R. and McLennan, S. M. 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell, 312 p. Oxford.
- Tercan, A. E. ve Saraç, C. 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 137 s., Ankara, Türkiye.
- Tüysüz, N. ve Yahyalı, G. 2005. Jeostatistik: Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar. KTÜ Matbaası, 382 s., Trabzon, Türkiye.
- Usui, A. and Mita, N. 1995. Geochemistry and mineralogy of a modern buserite deposit from a hot spring in Hokkaido, Japan. Clays Clay Miner. 43(1), 116–127.
- Üstün, H. 2008. Hisarcık-Emet (Kütahya) Güneyinin Neojen Stratigrafisi, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, s.66. Adana.
- Weaver, C.E. 1989. Clays, muds, and shales. Developments in sedimentology, 44. Amsterdam ; New York : Elsevier 819 p.
- Weaver, C. E. and Pollard, L. D. 1973. The Chemistry of Clay Minerals. Elsevier Scientific, New York. 213 p.
- Yang W. and Rosenberg P. E., 1992. The free energy of formation of searlesite, $\text{NaBSi}_2\text{O}_5(\text{OH})_2$, and its implications, American Mineralogist, 77, 1182- 1190.
- Yalçın, H. 1984. Emet Neojen Gölsel Baseninin Jeolojik ve Mineralojik-Petrografik İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Mühendislik Tezi, 198 s.
- Yalçın, H., 1988. Kırka (Eskişehir) yöresi volkanosedimanter oluşumlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi: Doktora tezi, H.Ü. Fen Bil Enst. 209 s. (yayımlanmamış), Beytepe, Ankara.
- Yalçın, H., Gündoğdu, M.N. ve Liewig, N. 1989. Relationships between smectite and carbonate minerals in the Kırka volcanosedimentary basin, Eskişehir, Turkey: Ixth International day Conference, Strasbourg. France, Abstract, 437 p.
- Yalçın, H. ve Baysal O. 1991. Kırka(Seyitgazi-Eskişehir)borat yataklarının jeolojik konumu, dağılımı ve oluşumu. M.T.A Dergisi, 113, 93-104.
- Yalçınkaya, S. ve Afşar, Ö. 1980. Mustafa Kemalpaşa ve civarının jeolojisi, MTA rapor no, 6717, Ankara.
- Yılmaz, O., Gündoğdu, M. ve Gümüş, S. 1982. Neojen Yaşlı Bigadiç Volkanosedimanter Havzasının Jeolojisi, Etibank Proj. (yayımlanmamış), 89 s.
- Yılmaz, Y. 1989. An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. In: Şengor, A.M.C. (Ed.), Tectonic Evolution of the Tethyan Region. Kluwer Academic Publ., The Hague, pp.159-189.
- Yılmaz, Y. 1997. Türkiye'nin Jeolojik Tarihinde Magmatik Etkinlik ve Tektonik Evrimle İlişkisi. Ketin Simpozyumu, ss. 63-81.

- Yılmaz, Y. 2010. Batı Anadolu Jeolojisine Yeni Bir Bakış. 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 1-2.
- Zorlu, S. 2006. Kırka (Eskişehir) Bor Yatakları Çevresindeki Biyojeokimyasal Anomalilerin Araştırılması: Yüksek lisans tezi, C.Ü. Fen Bil Enst. 132 s. Adana.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsmail KOÇAK
Doğum Yeri : Gürün/Sivas
Doğum Tarihi : 15.03.1982
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İbrahim Turhan Y.D.A Lisesi (2000)
Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendisliği Bölümü Jeoloji Müh. Böl. (2004)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh. A.B.D. (2009)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

2004-2009: Proje Asistanı, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
2009-.....:Arastırma Görevlisi, Bozok Üni. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yayınları

SCI

Koçak, İ. and Koç, Ş., 2012. Major and Trace Element Geochemistry of the Bigadiç Borate Deposit, Balıkesir, Turkey. *Geochemistry International*, vol. 50 no: 11, p.1032-1057.

Bildiri

Uluslararası Sempozyum

1. **Koçak, İ.** ve Koç, Ş., 2011. Trace Element Contents of Bigadiç and Kestelek Borate Deposits. 17th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials, 11-17 September, İstanbul, Turkey, p.232.
2. **Koçak, İ.** ve Koç, Ş., 2010. Clay Contents and Environmental Significance of Bigadiç Borate Minerals, Balıkesir, Turkey. 7th International Symposium on The Eastern Mediterranean Geology, 18-22 October, Adana, Turkey, p.122.

3. **Koçak, İ** and Koç, S. 2009. Trace element enrichment of Bigadiç Borates deposits, Balıkesir, Türkiye. Goldschmidt Conference Abstracts 2009, June 22-26th, Davos, Switzerland. A671.
4. Koç, Ş., Kavrazlı, Ö. and **Koçak, İ**. 2008. Geochemistry of colemanite deposit of Kestelek, Bursa, Turkey. 33rd. International Geological Congress, August 6-14th, Oslo, Norway, Abstracts MRB-01 (<http://www.cprm.gov.br/33IGC/1352424.html>)
5. Koç, Ş., **Koçak, İ**. and Kavrazlı, Ö. 2008. Trace Elements Concentrations of Colemanite in Kestelek Borate Deposit. 16th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials. September 7-12th, Matsue, Shimane, Japan. Abstract p.57-58.

Ulusal Sempozyum

1. **Koçak, İ**. ve Koç, Ş., 2012. Kırka Borat Yatağında Zenginleşen Eser Elementler, V. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, Bildiriler ve Özetler Kitabı, 23-25 Mayıs, Denizli, s.43-44.
2. **Koçak, İ**. ve Koç, Ş., 2010. Bigadiç (Balıkesir) Borat Yataklarında Zenginleşen Eser elementlerin Derinliğe Bağlı Değişimleri. 35.Yıl Jeoloji Sempozyumu, 4-7 Ekim, Konya, s.98-99.
3. **Koçak, İ**. ve Koç, Ş., 2010. Bigadiç Borat Yataklarında Sıvı Kapanım Çalışmaları, IV. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, Bildiriler ve Özetler Kitabı, 26-28 Mayıs, Elazığ, s.91-92.
4. Yavuz, B., Ergin, E., Koç, Ş., Açık, L., Kadioğlu, Y. K. ve **Koçak, İ**. 2009. Bor İçeriği Yüksek Olan Sahalarda Büyüyen Bitki Türlerinin Element Davranışlarına Bir Örnek Kırka Bor Yatagi (Eskisehir-Türkiye). XX1. Ulusal Biyokimya Kongresi, 28-31 Ekim, İstanbul.

Projeler

1. **TÜBİTAK-BOREN Destekli**, Kestelek (Bursa) çevresi borat yataklarının mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, bunların derinliğe bağlı değişimleri ile manyetik rezonans yöntemiyle bazı yüksek teknolojik özelliklerinin incelenmesi. Araştırmacı, **2006-2008** .
2. **BOREN Destekli**, Bigadiç (Balıkesir) çevresi borat yataklarının mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, bunların derinliğe bağlı değişimleri ile manyetik rezonans yöntemiyle bazı yüksek teknolojik özelliklerinin incelenmesi. Araştırmacı, **2008-2010**.

3. **Ankara Üniversitesi BAP**, Hırka Formasyonu (Beypazari, Ankara, Türkiye) Bitümlü Seyllerinin Organik-Inorganik ve Biyojeokimyasal Özellikleri ile Bunların Kökensel İlişkilerinin İncelenmesi. Araştırmacı, **2009-2011**.
4. **Ankara Üniversitesi BAP**, Kırka (Eskişehir) borat yatağının mineralojik, jeokimyasal ve teknolojik özellikleri. Araştırmacı, **2010-2012**.
5. **Ankara Üniversitesi BAP**, Emet (Kütahya) Borat Yatağının Ana ve Eser Element İçeriği ve Kökeninin Araştırılması Araştırmacı, **2013-Devam Ediyor**.

Üyelikler

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası