

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖCENOLUK (KIRKA) BORAT YATAĞI
SONDAJLARININ MİNERALojİK VE
PETROGRAfİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ferhan EREN

Mart, 2013

İZMİR

GÖCENOLUK (KIRKA) BORAT YATAĞI SONDAJLARININ MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ekonomik Jeoloji Anabilim Dalı

Ferhan EREN

Mart, 2013

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

FERHAN EREN, tarafından **PROF.DR. CAHİT HELVACI** yönetiminde hazırlanan “**GÖCENOLUK (KIRKA) BORAT YATAĞI SONDAJLARININ MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Yönetici

Prof.Dr. Kadir YURDAKOÇ

Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr. İbrahim GÜNDOĞAN

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütüldüğü süre içerisinde arazi ve ofis çalışmalarında bana yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof.Dr. Cahit HELVACI'ya teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında büyük bir sabırla yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme; çizim ve teknik konularda çalışmamın tamamlanmasında yardımcı olan, sabırla ve dikkatle tezimin bütün aşamalarını okuyan nişanlım Mehmet KAYIŞ'a; harita çizimlerinde ve teknik konularda yardımcı olan arkadaşım Samiye İNCE'ye içtenlikle teşekkür ediyorum.

Ferhan EREN

GÖCENOLUK (KIRKA) BORAT YATAĞI SONDAJLARININ MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bu çalışma Eskişehir ilinin güneyinde yer alan Göcenoluk köyünün kuzey ve güneybatısında MTA tarafından açılmış olan sondajlardan iki tanesinin BMK-1 ve BMK-2 sondajlarının karot örneklerinin mineralojik ve petrografik değerlendirilmesini kapsamaktadır. Önceki çalışmalarda bölgenin istifi temel kayalar, Eosen fosilli kireçtaşı, borat zonu, alt kireçtaşı, üst kilaşı, üst kireçtaşı ve bazalt olarak belirlenmiştir. Borat zonu içerisinde özellikle kilaşı, tuf, marn, silttaşı ve kireçtaşı seviyelerinin ardalanmalarına sıklıkla rastlanmaktadır. Bu ardalanmalar içerisinde kalınlıkları değişken olan borat zonları gözlenmiştir. Borat minerallerinin masiv, damar, yumru ve kilaşı-karbonat seviyeleri ile arakatlı olarak oluştuğu görülmektedir.

Mineralojik-Petrografik çalışmalarda borat zonlarından alınan örneklere ait minerallerin yapıları ve dokuları incelenmiştir. Gözlenen mineraller isimlendirilmiş, birincil ve/veya ikincil yapılar belirlenmiş ve minerallerin çökelimleri hakkında yorum yapılmıştır.

Yapılan XRD çalışmalarında borat zonlarından seçilen 10 örneğe ait borat minerallerinin türleri boraks, tinkalkonit, kernit, probertit ve kolemanit olarak belirlenmiştir. BMK-1 ve BMK-2 sondajlarında üst kesimlerde kolemanit minerali saptanmıştır. Borat minerallerine eşlik eden gang minerali dolomittir.

Anahtar Kelimeler: Borat, Kırka, mineraloji, petrografi, Eskişehir.

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHICAL INVESTIGATION OF BOREHOLES FROM GÖCENOLUK (KIRKA) BORATE DEPOSIT

ABSTRACT

In this thesis, samples of drilling core of boreholes BMK-1 and BMK-2 which was filed by MTA involve of investigation mineralogical and petrographic, at the North and southwest of the Göcenoluk village, in the South of Eskişehir province. By researches lithologies described in based rocks, Eocene limestones, borate unit, a lower limestone, an upper claystone, an upper limestone and basalt. Alternations of claystone, siltstone, tuff (and tuffite) and limestone are observed frequently which contain thin to thick borate ore zones. Veins, massive and nodular are scattered in these zones (claystone and limestones) and associated with the above mentioned lithologies.

Mineralogical and petrographical investigations pointed out mineral assemblages and textures within borate units. Borate minerals named, the primary and/or secondary structures were identified and minerals comment on sedimentation.

10 samples are analysed by XRD method for the determinations of borate types which gave boraxs, tincalconites, kernites, probertites and colemanites. Upper sections of boreholes BMK-1 and BMK-2 observed colemanite mineral. Borate minerals accompanied gangue mineral dolomite.

Keywords: Borate, Kırka, mineralogy, petrography, Eskişehir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1	Çalışma Alanının Coğrafi Konumu.....	1
1.2	Amaç ve Yöntemler.....	2
1.3	Önceki Çalışmalar	3
1.4	Bor Elementi.....	8
1.5	Bor Mineralleri	8
1.5.1	Türkiye’de Gözlenen Önemli Bor Mineralleri ve Özellikleri.....	9
1.6	Batı Anadolu Borat Yatakları.....	12

BÖLÜM İKİ – BÖLGENİN JEOLojİSİ..... 21

2.1	Bölgesel Jeoloji	21
2.2	Bölge Jeolojisi	23
2.2.1	Temel Kayaçlar.....	24
2.2.2	Zahrandere Grubu	27

2.2.4 Karaören Formasyonu.....	35
2.2.5 Kocalandere Formasyonu	35
2.2.6 Kırka Formasyonu	35
2.4 Göcenoluk-Kırka Bölgesinin Sondaj Verileri	36
2.4.1 BMK-1 Sondajı Verileri	36
2.4.2 BMK-2 Sondajı Verileri	40
BÖLÜM ÜÇ – MİNERALOGİ - PETROGRAFİ.....	42
3.1 Göcenoluk (Kırka) Borat Minerallerinin Mineralojisi ve Petrografisi.....	42
3.2 Borat Minerallerinin Mikroskop Verileri	45
3.2.1 BMK-1 Sondajı İnce Kesit Verileri (1031,80-791,20 m).....	45
3.2.2 BMK-2 Sondajı İnce Kesit Verileri (518,60-176,30 m).....	51
3.3 Volkanik Kayaçların Mikroskop Verileri.....	58
3.3.1 Andezit.....	58
3.3.2 Bazalt	59
3.3.3 İgnimbirit	62
3.4 X-Işını Difraktometresi (XRD) Verileri ve Yorumlanması	64
3.5 Borat Minerallerinin Ortamsal Yorumu	73
BÖLÜM DÖRT - SONUÇLAR	77
KAYNAKLAR	79

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Çalışma alanı yerbulduru ve jeoloji haritası sadeleştirilerek yapılmıştır (Gök, Çakır ve Dü ndar, 1980).....	1
Şekil 1.2 Batı Anadolu borat yatakları (Kestelek, Emet, Bigadiç, Sultançayır ve Kırka) (Helvacı ve Orti, 2004).	13
Şekil 1.3 Tam borat çökelimi (İnan, Dunham ve Esson, 1973) ve Eksik borat çökelimi modeli (Helvacı, 1983).....	16
Şekil 1.4 Kırka borat yatağı mineral çökelimi (İnan, 1972; Helvacı,1997).....	19
Şekil 1.5 Türkiye’deki borat yataklarının stratigrafik korelasyonu (Helvacı ve Alonso, 2000).....	20
Şekil 2.1 Ege bölgesinin tektono-stratigrafisi (Okay ve Tüysüz, 1999).	23
Şekil 2.2 Eskişehir-Kırka Boratlı Neojen Jeoloji Haritası (Gök ve diğer. 1980).....	25
Şekil 2.3 Kırka Bölgesi stratigrafik kolon kesitlerin korelasyonu.	26
Şekil 2.4 Kırka Bölgesi stratigrafik kolon kesitleri ve MTA BMK-1 Sondaj kuyusu stratigrafik kolon kesiti borat zonlarının korelasyonu.	30
Şekil 2.5 Kırka Bölgesi stratigrafik kolon kesitleri ve MTA BMK-2 Sondaj kuyusu stratigrafik kolon kesiti borat zonlarının korelasyonu.	31
Şekil 2.6 a ve b. BMK-1 Sondajı 408,90 m ve 404,00 m aralığında gözlenen kumtaşı seviyesi içerisindeki bitki izleri.....	33
Şekil 2.7 a ve b. BMK-1 Sondajı 232,25 m ve 230,50 m aralığında belirlenen çok ince laminasyonlu kireçtaşı-kiltaşı ardalanması.....	34
Şekil 2.8 a ve b. BMK-1 Sondajı 230,50 m ve 229,34 m aralığında belinen kireçtaşı– kiltaşı ardalanması sırasında göl suyundaki azalma sonucunda oluşan kuruma çatlakları.....	34
Şekil 2.9 MTA BMK-1 no’lu sondaj kuyusuna ait stratigrafik kolon kesit.	39
Şekil 2.10 MTA BMK-2 no’lu sondaj kuyusuna ait stratigrafik kolon kesit.	41
Şekil 3.1 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında gözlenen boraks minerali	43
Şekil 3.2 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında gözlenen boraks minerali	43

Şekil 3.3 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında görüntülenen üleksit minerali.....	44
Şekil 3.4 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında görüntülenen nodüler üleksit minerali.....	44
Şekil 3.5 BMK-1 Sondajı 1031,80 m'deki 8-17 numaralı üleksit-kolemanit kristallerine ait ince kesit görüntüsü.	47
Şekil 3.6 BMK-1 Sondajı 991,50 m'deki 8-14 numaralı kolemanit mineraline ait ince kesit görüntüsü..	47
Şekil 3.7 BMK-1 Sondajı 978.80 m'deki 8-13 numaralı kolemanit mineraline ait ince kesit görüntüsü	48
Şekil 3.8 BMK-1 Sondajı 939,85 m'deki 8-8 numaralı üleksit-kolemanit-kalsit minerallerine ait ince kesit görüntüsü.	48
Şekil 3.9 BMK-1 Sondajı 939,85 m'deki 8-8 numaralı üleksit-lütitik seviye-kolemanit ardalanmasına ait ince kesit görüntüsü (Şekil 3.8'in devamı).	49
Şekil 3.10 BMK-1 Sondajı 939,85 m'deki 8-8 numaralı lütitik seviye-üleksit-kolemanit minerallerine ait ince kesit görüntüsü (Şekil 3.9'un devamı).	49
Şekil 3.11 BMK-1 Sondajı 932.00 m'deki 8-7 numaralı üleksit kristallerinin ince kesit görüntüsü.	50
Şekil 3.12 BMK-1 Sondajı 791.20 m'deki 8-4 numaralı kolemanit kristallerinin ince kesit görüntüsü.	50
Şekil 3.13 BMK-2 Sondajı 518,60 m'deki 9-26 numaralı lifsi üleksit kristallerinin ince kesit görüntüsü.....	52
Şekil 3.14 BMK-2 Sondajı 518, 60 m'deki 9-26 numaralı üleksit-kolemanit-kalsit minerallerinin ince kesit görüntüsü (Şekil 3.13'ün devamı).....	52
Şekil 3.15 BMK-2 Sondajı 506,80 m'deki 9-25 numaralı nodüler üleksit kristallerinin ince kesit görüntüsü.	53
Şekil 3.16 BMK-2 Sondajı 500,00 m'deki 9-23 numaralı özşekilli boraks kristallerinin ince kesit görüntüsü.	53
Şekil 3.17 BMK-2 Sondajı 496,30 m'deki 9-21 numaralı üleksit-kolemanit kristalleri ve lütitik seviyenin ince kesit görüntüsü.	54
Şekil 3.18 BMK-2 Sondajı 496,30 m'deki 9-21 numaralı lütitik seviyeler-üleksit-kolemanit minerallerinin ince kesit görüntüsü (Şekil 3.17'nin devamı).....	54

Şekil 3.19 BMK-2 Sondajı 489,75 m'deki 9-19 numaralı lifsi dokuda gözlenen kolemanit-üleksit minerallerinin ince kesit görüntüsü.	55
Şekil 3.20 BMK-2 Sondajı 484,90 m'de 9-17 numaralı lütitik seviye-üleksit-kolemanit minerallerinin ince kesit görüntüsü.	55
Şekil 3.21 BMK-2 Sondajı 484,90 m'de 9-17 numaralı lütitik seviye-üleksit-kolemanit kristallerinin ince kesit görüntüsü (Şekil 3.20'nin devamı).	56
Şekil 3. 22 BMK-2 Sondajı 479,50 m'deki 9-15 numaralı üleksit-kolemanit-kalsit kristallerinin ince kesit görüntüsü.	56
Şekil 3.23 BMK-2 Sondajı 458,40 m'deki 9-11 numaralı üleksit-kolemanit kristallerinin ince kesit görüntüsü.	57
Şekil 3.24 BMK-2 Sondajı 457,40 m'deki 9-10 numaralı lütitik seviye-kolemanit mineralinin ince kesit görüntüsü.	57
Şekil 3.25 BMK-2 Sondajı 419,90 m'deki 9-4 numaralı lütitik seviye-kolemanit minerali arılanmasının ince kesit görüntüsü.	58
Şekil 3.26 BMK-2 Sondajı 992.00 m'de 9-36 numaralı andezit örneğine ait ince kesit görüntüsü.	59
Şekil 3.27 BMK2- Sondajı 978,90 m'de 9-35 numaralı andezit örneğine ait ince kesit görüntüsü.	59
Şekil 3.28 BMK-2 Sondajı 955,80 m'de 9-33 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü.	60
Şekil 3.29 BMK-2 Sondajı 927,70 m'de 9-31 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü.	61
Şekil 3.30 BMK-2 Sondajı 923,50 m'de 9-30 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü.	61
Şekil 3.31 BMK-2 Sondajı 923,50 m'de 9-30 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü.	62
Şekil 3.32 BMK-1 Sondajı 816,00 m'de 8-15 numaralı ignimbirit örneğine ait ince kesit görüntüsü.	63
Şekil 3.33 BMK-2 Sondajı 992,00 m'de 9-36 numaralı ignimbirit örneğine ait ince kesit görüntüsü.	63
Şekil 3.34 Karot örneklerinde ve X-Ray analiz sonucunda belirlenen bor minerallerinin kolon kesit üzerinde dağılımları (* ile gösterilen mineraller X-Ray	

analizi sonucunda belirlenen minerallerdir) (Ayrıntılı kolon kesit bilgileri Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’da verilmiştir).....	66
Şekil 3.35 K-1 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 984,00 m, Koordinat: 4373077/0256192).	68
Şekil 3.36 K-2 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 978,70 m, Koordinat: 4373077/0256192)	68
Şekil 3.37 K-3 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 978,00 m, Koordinat: 4373077/0256192).	69
Şekil 3.38 K-4 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 973,80 m, Koordinat: 4373077/0256192).	69
Şekil 3.39 K-5 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 972,35 m, Koordinat: 4373077/0256192).	70
Şekil 3.40 K-6 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 971,90 m, Koordinat: 4373077/0256192).	70
Şekil 3.41 K-7 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 501,60 m, Koordinat: 4374240/0258826).	71
Şekil 3.42 K-8 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 500,70 m, Koordinat: 4374240/0258826).	72
Şekil 3.43 K-9 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 498,80 m, Koordinat: 4374240/0258826).	72
Şekil 3.44 K-10 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 498,40 m, Koordinat: 4374240/0258826).	73

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

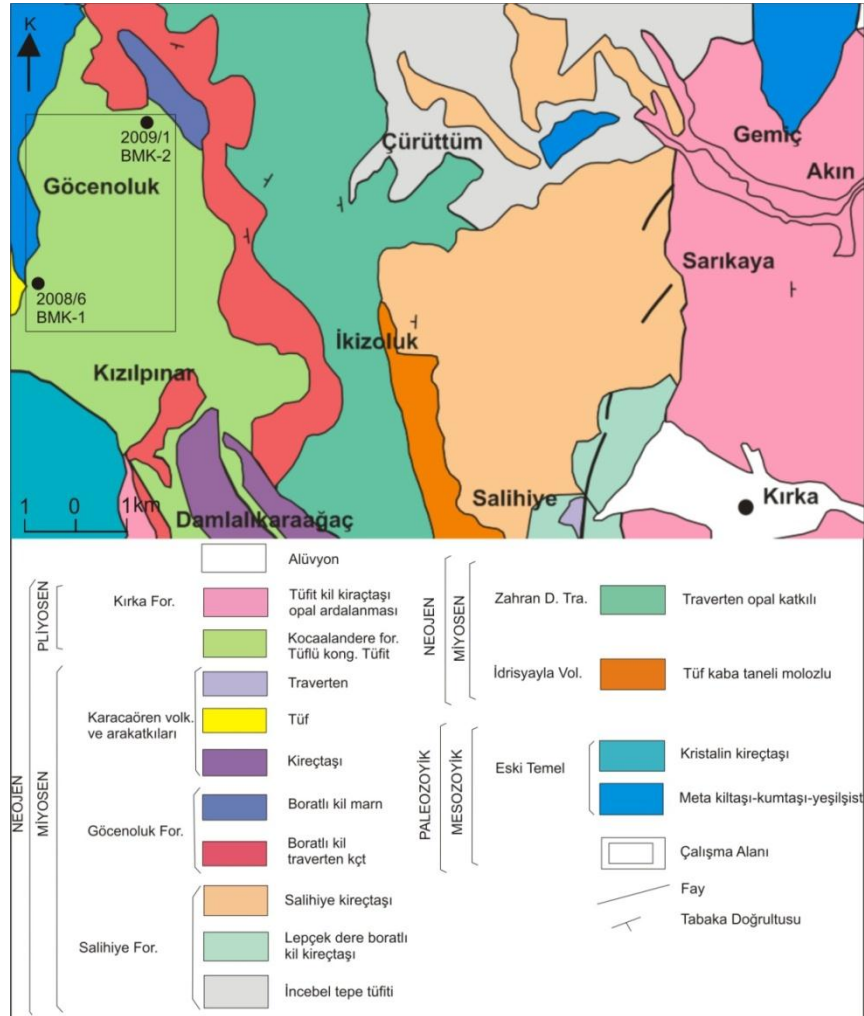
Tablo 1.1 Önemli bor mineralleri ve bulunduğu yerler (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).	9
Tablo 1.2 Ticari önemi olan bor mineralleri (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).	9
Tablo 3.1 Çalışma alanında borat zonundan alınan örneklerin mineral isimleri ve örneklerin alındıkları metrelerin bilgileri.	46
Tablo 3.2 X-Ray analizine gönderilen örneklerin mineral isimleri ve örneklerin alındıkları metreleri gösterilmektedir.	65

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı Eskişehir ilinin güneybatısında, Kırka ilçesinin kuzeybatısında yer almaktadır. Çalışma alanının çevresini Çürüttüm, İkizoluk ve Kızılpınar köyleri oluşturmaktadır. Çalışma alanı J-24b3 ve J-24b4 paftaları içerisinde yer almaktadır. Sahanın bölgesel konumunu içeren yer bulduru haritası Şekil 1.1’de verilmektedir.



Şekil 1.1 Çalışma alanı yerbulduru ve jeoloji haritası sadeleştirilerek yapılmıştır (Gök, Çakır ve Dündar, 1980).

1.2 Amaç ve Yöntemler

Bu çalışmanın amacı, Göcenoluk (Kırka) borat yatağında MTA tarafından açılmış BMK-1 ve BMK-2 sondajlarının karot örneklerinde gözlenen borat minerallerinin mineralojik ve petrografik yapı ve dokularının belirlenmesini, türlerinin tespit edilmesini ve iki sondajda gözlenen borat minerallerinin farklılıklarının belirlenmesini kapsamaktadır. Arazi çalışması sırasında açık ocaktan, BMK-1 ve BMK-2 sondajlarından örnekler alınmıştır.

Arazi çalışmalarından alınan 30 adet volkanik kayaç örneği ve 60 adet borat örneğinin petrografik değerlendirmeler için ince kesitleri yapılmıştır. Borat örneklerinin suya olan duyarsızlıklarından dolayı ince kesit yapım aşamasında örnekler tek tek 600 meşlik susuz zımpara makinesinden geçirilerek yüzeyleri parlatılmıştır. Parlatılan yüzeyler camla kaplandıktan sonra tekrar 600 meşlik zımpara ile inceltilmiş ve sonrasında örneklerin üzerine pirinç yağı dökülerek ince kesitin kalınlığına göre 400, 600 ve 800'lük el zımparası her bir örneğin 30 mikron kalınlığa gelmesi sağlanmıştır. Bu son aşamadan sonra örneklerin yüzeyleri cam ile kapatılmıştır. Petrografik incelemeler sonucunda borat minerallerinin oluşum ortamları ve minerallerin alterasyonları ile ilgili önemli ipuçları elde edilmiştir. Volkanik kayaçlardan alınan örneklerin ince kesit yapımında ilk önce her bir örneğin 800 meşlik zımpara makinesi ile yüzeyleri parlatılmıştır. Örnekler 30 mikron kalınlığa gelene kadar inceltilmiştir ve son aşama olarak örneklerin yüzeyleri cam ile kapatılmıştır. Petrografik incelemeler sonucunda minerallerin alterasyonları, dokuları ve yapıları belirlenmiştir. İnce kesitlerin yorumlanması için Olympus marka polarizan mikroskop kullanılmıştır.

10 adet borat örneğinin XRD incelemesi yapılmıştır. Alınan örnekler el havanında kırılıp kırıcıdan geçirilerek pudra haline getirilmiştir. Pudra halindeki her bir örnek 5 g olacak şekilde poşetlenerek X-Ray analizi için İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsüne gönderilmiştir. Örneklerin analizleri Philips X'Pert Pro marka X-Ray cihazında yaptırılmıştır. Analiz sonucunda iki sondaj arasındaki mineral farklılıklarına bakılmış ve derinliklerine göre yorumlar yapılmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

Baysal (1972b), Eskişehir Kırka-Sarıkaya borat yatağından almış olduğu örneklerle mikroskopik, kimyasal ve X ışınları difraksiyon metodu ile analizler yapmıştır. Analiz sonuçlarında boraks, üleksit ve kolemanit ana bor minerallerinin yanında kurnakovit, inderit, inderborit, meyerhoferit, inyoit ve yeni bor minerali olan tunelliti belirlemiştir. Araştırmacıya göre Sr borat minerali olan tunellit ikincil oluşuma sahiptir. İkincil minerallerinin oluşumunun ise yatakların genç sedimanları ile örtülüp gömülmesinden sonra sıcaklık ve basınç koşullarının değişmesi ile birincil bor minerallerinin yeni fizikokimyasal koşullar altında kararlı durumlarını koruyamayıp ikincil bor minerallerine dönüştüğünü belirtmiştir. Bu dönüşümler, gerekli kimyasal ve fiziksel şartlar sağlandığında ortamda yeni bor minerallerinin oluşabileceğini göstermektedir.

Baysal (1973b), Eskişehir Kırka-Sarıkaya borat yatağında bulunan kurnakovit, inderit ve inderborit minerallerinin mineralojik özelliklerini ve oluşum şartlarını incelemiştir. Mikroskopik, kimyasal ve X-ışını kırınımı metodlarına göre kurnakovit ve inderit minerallerinin oluşum aşamasının, boraksın oluşumu ile ilişkili olduğu ve göl sularının sodyum elementinin yoğunluğu azaldıkça, ortamın Ca ve Mg iyonu bakımından zenginleşmesi sonucunda bu minerallerin çökeldiğini belirlemiştir. Çökelimin tamamlanması sonucunda incelenen borat yatağının üst kesimlerinde sıcaklık ve basınç şartlarının değişmemesine rağmen kapiler suyun bileşiminde ki sirkülasyon ve yer altı suları nedeniyle kalsiyum konsantrasyonunun artması nedeni ile birincil oluşan kurnakovit mineralinin kararlı durumunu kaybedip yer yer inderborite dönüştüğünü tespit etmiştir. Bu mineral dönüşümleri yatakta ki fizikokimyasal koşulların değişmesi sonucunda bor minerallerinin birincil bileşimlerinin değişip farklı bileşimlere sahip ikincil bor minerallerini oluşturduğunu göstermektedir.

Baysal ve Ataman (1975), Eskişehir-Kırka borat yatağında yapılan çalışmalarda bulunan yeni bor minerali kernitin ortam koşullarını ve mikroskopik, kimyasal, X-ışını kırınımı (XRD), diferansiyel termal (DTA), infraruz-absorpsiyon (IR) analiz

yöntemleri ile mineral tanımlanması yapmışlardır. Boraks ile kernitin oluşum koşulları arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Boraks mineralinin oluşumu sonucunda hidrostatik basıncın ve sıcaklığın değişimi ile kernit mineralinin oluştuğu ifade edilmiştir.

Baysal (1976), endüstride bor minerallerinin kullanım alanlarını, Dünya ve Türkiye'deki borat yataklarının yerlerini, Türkiye'deki yatakların stratigrafilerini, mineralojilerini ve oluşumlarını, rezerv oranlarını, işletmelerin ve üretimlerin kapasitelerini değerlendirmiştir. Ekonomik açıdan çok büyük yere sahip olan ve değerlendirmeler neticesinde ekonomimize büyük katkı sağlayabilecek olan bor mineralleri dünya rezervlerinin %70'ine sahip olup, tahmini sahalar ile birlikte bu değerlerin artacağı söylemiştir. Ülkemizin sahip olduğu bu doğal kaynağın ekonomimize en iyi katkı sağlayacak şekilde bilinçli ve uzun vadede kullanılması gerektiğini vurgulamıştır.

Özpeker ve İnan (1978), Batı Anadolu'daki bütün borat yataklarının dağılımını, genel jeolojisini ve yatakların mineral birlikteliklerinin yatak evrimiyle ilişkilerini incelemişlerdir. İncelenen yataklar ve yapılan mineral araştırmaları sonucunda yatakların gömülme süresince yüksek sıcaklık ve basınç etkisinde kalmadıklarını belirlemişlerdir ve ilk oluşan minerallerin gömülmeden sonra daha duraylı olabilen minerallere yerlerini bıraktıklarını belirtmişlerdir. Mineral dönüşümlerinin belirlenmesi ve göl ortamının fizikokimyasal dengesinin belirlenmesi ile borat yataklarının çökelimleri (yarı–tam çökelimi) ve mineral dönüşümleri hakkında belirlemeler yapmışlardır.

Gök ve diğer. (1980), Eskişehir-Kırka civarında boratlı Neojenin stratigrafisi, petrografisi ve tektoniği incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada alanın Neojen formasyonuna ait birimler ayrılarak haritalanmıştır. Birimler Kırka formasyonu, Kocaalandere formasyonu, Karaören volkaniti ve arakatkıları, Zahrandere grubu ve Türkmendağ volkanit grubu olarak altı formasyona ayrılmıştır. Formasyonların ayrıntılı incelenmesi metalik maden ve endüstriyel hammadde yataklarının incelenmesine yardım edecek ayrıntılı bilgiler içermektedir.

Sunder (1980), Eskişehir' in Kırka bucağının Sarıkaya borat yatağının jeokimyasını incelemiştir. Yapılan çalışmada yaklaşık 375 km²'lik alanın jeoloji haritası yapılmış, bölgenin stratigrafisi, tektoniği saptanmış, tüm kayaçların petrolojileri incelenerek cevherleşmenin volkanizma ile olan ilişkisi, borun kökeni, yatakların ve diğer boratların oluşumu hakkında yorumlar yapmıştır.

Helvacı (1989), borat yataklarında ekonomik değeri yüksek olan kolemanit, üleksit ve boraks harici bor ve bor olmayan minerallerin de yataklarda gözlendiğini belirtmiştir. Daha az ekonomik ve daha düşük oranda bulunan bu mineraller, yatakların tenörlerini olumlu veya olumsuz yönde etkiledikleri gibi işletme, stoklama ve pazarlama sırasında sorunlar yaratabileceğini belirtmiştir. Bor yataklarının ayrıntılı mineralojilerinin yanında bor minerallerinin birbirlerine dönüşümleri ve ayrışmalarının da bilinmesi gerektiğini ve bu nedenle işletme, stoklama ve pazarlanma sorunlarının çözümünde önemli katkılar sağlanacağını belirtmiştir.

Akyol ve Akgün (1990), Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka boratlı Neojen tortullarının palinolojisini incelemiştir. Araştırmacılar boratlı Neojen tortullarının ekonomik açıdan önemli kömür, bitümlü şeyl, uranyum, kil ve boratlı seviyeleri de içerdiğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada, yörelerin palinolojik incelenmesinde birbirinden farklı özellikte iki polen topluluğu olduğu gözlenmiştir. Bu verilerden yararlanarak hem havzalar arasında deneştirme yapılmış hem de polen topluluklarının ait oldukları seviyelerin yaşı ile paleoiklimi ve paleocoğrafyası hakkında bilgi vermişlerdir.

Yalçın ve Baysal (1991), Kırka borat yataklarının volkanosedimanter gölsel kayaçlardan oluştuğunu ve bu yatakların Orta-Üst Miyosen yaşlı olduklarını, dolomitli kilit/marnlar içerisinde bor minerallerinin mercerler şeklinde bulunduklarını ve yatağın en alt ve üst kesimlerinin karbonat kayaçları ile çevrelendiğini belirtmişlerdir. Temel kayaçların paleotopografik bir eşikle ve/veya düşey yönlü bloklanma hareketleriyle birbirinden ayrılarak havzanın kuzeybatısını (Göcenoluk) sadece Ca boratın temsil ettiğini, güneydoğusunda ise (Sarıkaya) Na, Na-Ca ve Ca borat minerallerinin olduğunu saptamışlardır. Borat minerallerinin

bulunuş şekillerine, biçimlerine ve türlerine göre sedimantasyon ile eşyaşlı ve diyajenetik dönüşümler gibi farklı süreçler sonucunda oluştuğunu belirtmişlerdir.

Helvacı (1992), Güney Amerika'daki And dağlarının tektonik ve volkanik gelişimlerine bağlı oluşan borat ve diğer tuz yataklarının oluşum ortamları ve bor kaynaklarını belirlemiştir. Miyosen döneminde oluşan yatakların oluşum koşulları ile Güney Amerika'nın günümüzde oluşmaya devam eden evaporit yataklarının şuan ki şartlar içerisinde bölge ve çevre koşullarına hemen hemen uygun olarak oluştuğu çalışmacı tarafından belirlenmiştir.

Özkan, Çebi, Delice ve Doğan (1997), bor cevherlerinin madencilik yöntemleri, cevher hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri, metalurjik ve kimyasal zenginleştirme yöntemlerini yorumlamışlardır. Bu yöntemlerin yorumlanması borat yataklarının yerlerinin belirlenmesi kadar yataklarda bulunan minerallerin verimliliğinin nasıl arttırılabileceğini, kimyasal yollar ile minerallerden nasıl yararlanılabileceğini ve minerallerin hazırlanma bölümünde nelere dikkat edilmesi gerektiği belirtmişlerdir.

Floyd, Helvacı ve Mittwede (1998), Batı Anadolu borat yataklarını içeren kayaçlar üzerinde jeokimyasal araştırmalar yapılmış ve borat yataklarının orta-yüksek potasyumlu kalk-alkali ignimbirit volkanizması ve farklılaşmış aynı magmatik alkanin trakibazalt ve trakidasit lavlar ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar özellikle Kırka borat yatağı volkanizmasına eşlik eden ignimbiritleri bor minerallerine katkısı açısından verimli ve verimsiz olarak ikiye ayırmışlardır. Jeokimyasal analizlerin yorumlanması sonucunda borun ilksel kaynağının yitim zonunda ki pelajik tortulların ve altere olmuş okyanus kabuğunun suyunu kaybetmesi ile ortaya çıkan LILE bakımından zengin akışkanlar olduğunu öne sürmüşlerdir.

Bayça, Köseoğlu ve Batar (2004), Ekonomik açıdan büyük öneme sahip olan bor minerallerinin endüstriyel ortamda kullanım alanlarının geniş olduğunu belirtmişlerdir. Bu kullanım alanlarının belirlenmesi, ülkelerin kendi ihtiyaçları neticesinde tükettikleri bor yüzdeleri ve bor minerallerinin ihtiyaç duyulan

sektörlerde kullanım oranları araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Bu araştırmalar neticesinde; Dünya rezervinin büyük bir bölümünü elinde bulunduran Türkiye'nin borat tüketim oranının, diğer ülkelere oranla çok düşük seviyelerde olduğunun göz ardı edilmemesi gerektiğini ve ülkemizde tüketimin artması sonucunda endüstriyel alanlarda gelişmelerin daha da artacağını vurgulamışlardır.

Helvacı (2004), Türkiye borat yataklarının Dünya'nın en büyük ve yüksek tenörlü kolemanit, üleksit ve boraks yataklarına sahip olduğunu ve Dünya ülkelerinin kolemanit üretimi yönünden tamamen, üleksit üretimi yönünden ise kısmen Türkiye'ye bağlı olduklarını belirtmiştir. Bor madenlerinin üretim ve pazarlanması, ham veya yarı mamül ürünlerinin yerine mutlaka uç ürünlere doğru yönlendirilip bu alanda yatırımların acil olarak yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Sanayinin birçok değişik alanlarında kullanılan borun teknolojinin gelişimi ile paralellik gösterdiğini belirtmiştir. Bu gelişmeler neticesinde dünya genelinde büyük bir öneme sahip olan bor minerallerinin ülke ekonomimize en fazla getiri sağlayacak şekilde değerlendirmemiz gerektiği vurgulanmıştır.

Helvacı ve Orti (2004), Kırka borat yatağında bulunan kolemanit, üleksit ve boraks minerallerinin görsel havzalardaki zonlanma şekillerini, litofasiyes analizlerini, yatağın merkez ve kıyısında oluşan bor minerallerini, minerallerin birincil ve ikincil yapılarını araştırmışlardır.

Helvacı (2007), bor minerallerinin üretimini, işletmesini, zenginleştirmesini ve pazarlamasını elinde bulunduran Eti Maden A.Ş.'nin ekonomik ve siyasal baskılardan korunmasını, bağımsız ve özerk bir yapıya sahip olması gerektiğini vurgulamıştır. Bu alanda Eti Maden A.Ş.'nin üniversite araştırma kuruluşlarıyla ve özel sektör ile bağlantı kurarak daha etkin üretim ve yapılanma içine girerek, edilgen olan pazarlama ve satış faaliyetleri yerine etkin ve pazarı belirleyici satış yapılması gerektiğini belirtmiştir.

1.4 Bor Elementi

Bor, periyodik cetvelin III A grubunda yer alır ve “B” simgesi ile gösterilir. Atom numarası 5, atom kütlesi 10,811, özgül ağırlığı 2,30-2,46 g/cm³, erime noktası 2300 °C, kaynama noktası 2550 °C’dir. Metal ile ametal arası yarı iletkenliğe sahip bir elementtir. Bor elementi +3 değerlikli olup iki kararlı izotopa sahiptir. Bunlar % 19,10-20,31 ve % 79,69-80,90 oranında sırası ile ¹⁰B ve ¹¹B izotoplarıdır (Özkan, Çebi, Delice ve Doğan., 1997). Doğada bulunuş miktarlarına göre farklılık gösteren bor elementinin Türkiye’de bilinen bor iztopu ¹⁰B miktarının yüksek, A.B.D’ de ise düşük olduğu belirlenmiştir (Özkan ve diğer., 1997). Bor elementi genellikle doğada serbest halde gözlenmez, başka elementler bileşik halinde gözlenir. Oksijen ile bağ yapmaya yatkın olan bor elementinin birçok değişik bor-oksijen bileşikleri bulunmaktadır ve bu neden ile bileşimine borat denilmektedir (Yılmaz, 2002). Bor elementi Na, Ca ve Mg ile birleşik yaparak borat minerallerini oluşturur.

Özkan ve diğer. (1997)’ e göre saf bor elementi parlak siyah renkli veya yeşilimsi sarı renkli tatsız kokusuz, sert, yanıcı ve karbon gibi elektrik iletme özelliğine sahiptir. Kristalize bor, görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzemektedir ve neredeyse elmas kadar serttir. Bor madenlerinin değeri genellikle bor oksit (B₂O₃) ile ölçülmektedir. Yüksek oranlı bor oksit bileşiğine sahip olan mineraller daha değerli olarak kabul edilmektedir.

1.5 Bor Mineralleri

Türkiye Dünya Bor rezervinin yaklaşık %72’sini elinde bulundurmaktadır. Türkiye’yi takip eden diğer ülkeler ABD, Rusya, Çin ve Güney Amerika’dır (Tablo 1.1). Türkiye’deki bor rezervinin dağılımı; %37’si Bigadiç, %34’ü Emet, %28’i Kırka ve %1’i Kestelek bölgesinde bulunmaktadır. Türkiye’de de bulunan ve ticari açıdan en önemli olan bor mineraller Tablo 1.2’ de belirtilmiştir

Tablo 1.1 Önemli bor mineralleri ve bulunduğu yerler (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

Mineral Adı	Kimyasal Formülü	% B ₂ O ₃	Bulunduğu Ülkeler
Boraks	Na ₂ B ₄ O ₇ 10H ₂ O	36,5	Türkiye, Arjantin, ABD
Kernit	Na ₂ B ₄ O ₇ 4H ₂ O	51,0	Arjantin, ABD
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ 5H ₂ O	50,8	Türkiye, ABD, Meksika
Üleksit	NaCa B ₅ O ₉ 8H ₂ O	43,0	Türkiye, ABD
Probertit	NaCa B ₅ O ₉ 5H ₂ O	49,6	ABD
Szaybelit	MgBO ₂ (OH)	41,4	Kazakistan, Çin
Pandermit	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ 7H ₂ O	49,8	Türkiye
Datolit	Ca ₂ B ₄ Si ₂ O ₁₂ 2H ₂ O	26,7	Kazakistan, Rusya
Sasolit	H ₃ BO ₃	56,3	İtalya
Tuz Gölü	Erimiş Tuzlar		ABD, Şili, Bolivya

1Tablo 1.2 Ticari önemi olan bor mineralleri (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

Mineral Adı	Kimyasal Formülü	% B ₂ O ₃	Bulunduğu Ülkeler
Boraks	Na ₂ B ₄ O ₇ 10H ₂ O	36,5	Kırka, ABD
Kernit	Na ₂ B ₄ O ₇ 4H ₂ O	51,0	Kırka, Arjantin, ABD
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ 5H ₂ O	50,8	Emet, Bigadiç, Kestelek, ABD
Üleksit	NaCa B ₅ O ₉ 8H ₂ O	43,0	Bigadiç, Emet, Kırka, Arjantin
Probertit	NaCa B ₅ O ₉ 5H ₂ O	49,6	Kestelek, Emet, ABD
Szaybelit	MgBO ₂ (OH)	41,4	BDT
Pandermit	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ 7H ₂ O	49,8	Sultançayır, Bigadiç
Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl	26,7	Almanya
Hidroborasit	CaMgBO ₁₁ 6H ₂ O	56,3	Emet

1.5.1 Türkiye’de Gözlenen Önemli Bor Mineralleri ve Özellikleri

1.5.1.1 Boraks (Tinkal) (Na₂B₄O₇.10H₂O)

Doğada genellikle renksiz ve saydam olarak bulunur. Ancak içindeki bazı maddeler nedeniyle pembe, sarımsı, gri renklerde de bulunabilir. Sertliği 2-2,5, özgül ağırlığı 1,7 gr/cm³ B₂O₃ içeriği % 36,5'dir. Boraks suyunu kaybederek kolaylıkla

tinkalkonite dönüşebilir. Kille arakatkılı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte ve bireysel kristaller şeklinde bulunurlar. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarından üretilmektedir (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

1.5.1.2 Kernit (*Razorit*) ($Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$)

Doğada renksiz, saydam uzunlamasına iğne şeklinde küme kristaller halinde bulunur. Sertliği 3, özgül ağırlığı 1,95 gr/cm³ ve B₂O₃ içeriği %51'dir. Soğuk suda az çözünür. Na-borat grubu içerisinde gösterilir. Dünya'da Kırka, Arjantin ve A.B.D.'de bulunur (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

1.5.1.3 Üleksit (*NaCaB₅O₉·8H₂O*)

Doğada masiv, karnıbahar şeklinde, lifsi ve ipeksi şeklinde bulunur. Saf üleksit beyaz rengin tonlarındadır. Genelde kolemanit, hidroboraksit ve probertit ile birlikte gözlenmektedir. B₂O₃ içeriği % 43'tür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, Dünya'da ise Arjantin'de bulunmaktadır (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

1.5.1.4 Probertit (*NaCaB₅O₉·5H₂O*)

Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir. B₂O₃ içeriği % 49,6'dır. Kestelek yataklarında probertit üleksitin ikincil minerali olarak gözlenir (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

1.5.1.5 Kolemanit ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$)

Beyaz ve saydam renkte olup, kristaller ve ışınal nodüler yapıda bulunur. Sertliği 4-4,5, özgül ağırlığı 2,42'dir. B_2O_3 içeriği % 50,8'dir. Suda yavaş, HCl asitte hızla çözünür. Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, Dünya'da A.B.D.'de bulunur (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

1.5.1.6 Pandermit (*Priseit*) ($Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$)

Beyaz renkte ve yekpare yapıda olup yer yer kireçtaşına benzemektedir. Ülkemizde Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir. B_2O_3 içeriği % 49,8'dir (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

1.5.1.7 Hidroborasit ($CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$)

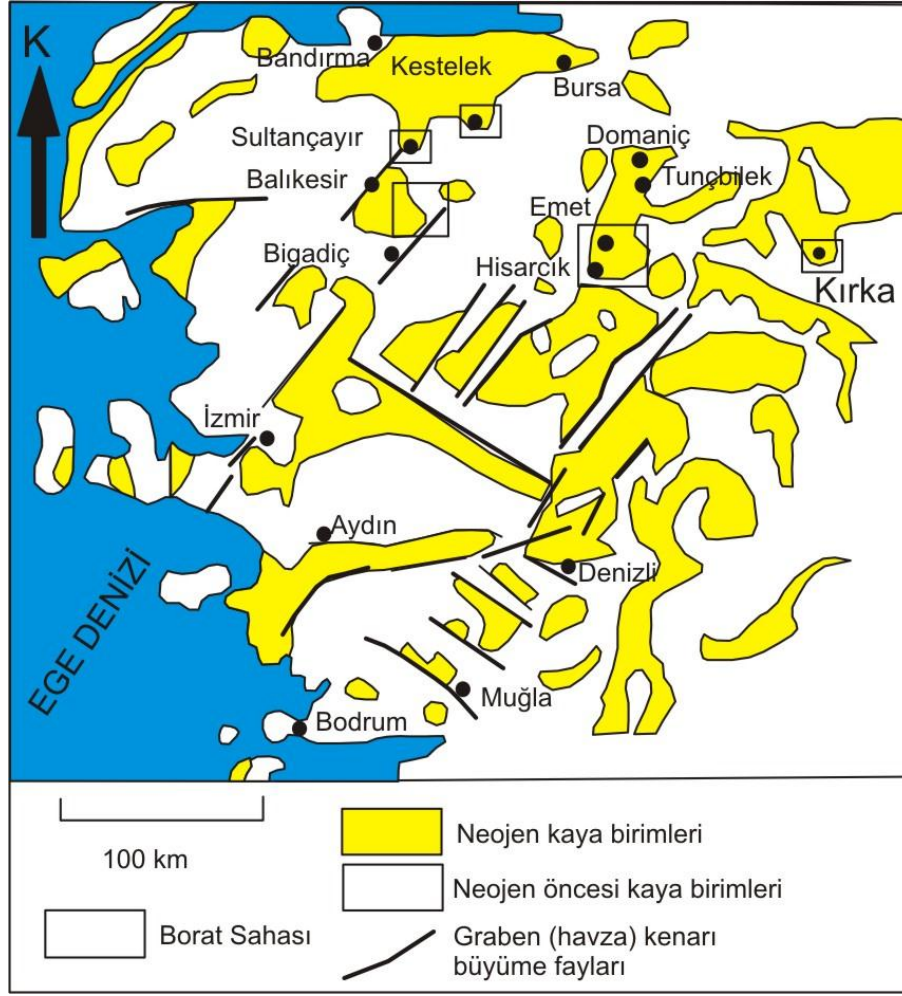
Bir merkezden ışınal ve iğne şeklindeki kristallerin rastgele yönelmiş ve birbirini kesen kümeler halinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir. B_2O_3 içeriği % 50,5'tir. Beyaz renkte, bazen içerisindeki impüritelere bağlı olarak sarı ve kırmızımsı renklerde (arsenik içeriğine göre) kolemanit, üleksit, probertit, tunalit ile birlikte bulunur. Ülkemizde en çok Emet, Doğanlar, İğdeköy yörelerinde ve Kestelek'te oluşmuştur (Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

Ticari açıdan Türkiye ve Dünya için büyük bir öneme sahip bor minerallerinin günümüzde kullanım alanları çok geniştir. Bu alanlar; cam elyafı, optik cam elyafı, seramik sanayi, temizleme ve beyazlatma sanayi, yanmayı önleyici (geciktirici) maddeler, metalurji sanayi, nükleer uygulamalar, enerji depolama, otomobil hava yastıkları ve antifiriz, atık temizleme, yakıt, sağlık ve reaksiyon kinetiği sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.6 Batı Anadolu Borat Yatakları

Türkiye'nin bilinen borat yataklarının tümü Batı Anadolu'da yer almaktadır. Borat yatakları Marmara denizinin güneyinde, doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 300 km'lik ve kuzey-güney doğrultusunda ise 150 km'lik bir alan içinde Bigadiç, Sultançayır, Kestelek, Emet ve Kırka bölgelerinde bulunmaktadır (Helvacı, 1983) (Şekil 1.2).

Yatakların doğadaki oluşum mekanizmalarına bakıldığında, bu yatakların tamamına yakın bölümünün dağ oluşum sürecini izleyen, karasal alanlarda göl fasiyesleri içerisinde, kıtasal volkanizma etkilerinin egemen olduğu gölssel veya sık iç denizel ortamlarda olduğu gözlenmiştir (Özpeker, 2001). Yatakların olduğu alanlar incelendiğinde, Eosen derin denizini izleyen Miyosen ve Oligosen döneminde deniz çekilmelerinin sonucunda oluşmuş göllerin olduğu gözlenmiştir (Özpeker ve İnan, 1978). Gölssel alanlarda yüksek sıcaklık, yüksek pH ve buharlaşma ile derişikliğin artması ve mevsimsel sellenme ile bu derişikliğin bozulması yataklanma için göl ortamının önemini daha fazla arttırmaktadır (Özpeker ve İnan, 1978).



Şekil 1.2 Batı Anadolu borat yatakları (Kestelek, Emet, Bigadiç, Sultançayır ve Kırka) (Helvacı ve Orti, 2004).

Bu değişimler minerallerin yataklanmadaki çökelimlerini ve dönüşümlerini önemli oranda etkilemektedir. Oligosen sonu veya Miyosen başında karasal iklim özelliğine sahip olan Batı Anadolu şiddetli genişleme tektoniğinin etkisi altında birçok graben ve çukur sistemleri oluşturmuştur (Özpeker, 2001). İklimin nemli olması nedeni ile grabenler ve çukur bölgeler tatlı su fasiyesi rejimine girmiş ve yer yer yaygınlaşan bataklıkların gelişmesi ile özellikle Orta Miyosende gelişen günümüzde ki Batı Anadolu Linyit yataklarını oluşturmuştur (Özpeker, 2001). Miyosen sonu Pliyose'nin başlarına kadar iklimin giderek kuraklaşması ormanlık ve bataklıkların steplere dönüşmesine neden olmuştur (Özpeker, 2001). İklimin kuraklaşması ile denizel alanlar göl alanlarına dönüşmeye başlamıştır ve Tersiyer döneminde etkin olmaya başlayan volkanizmanın ilerleyen dönemlerde yoğunluk kazanması borat yataklarının gelişimi için gerekli ortamı hazırlamıştır (Brinkmann,

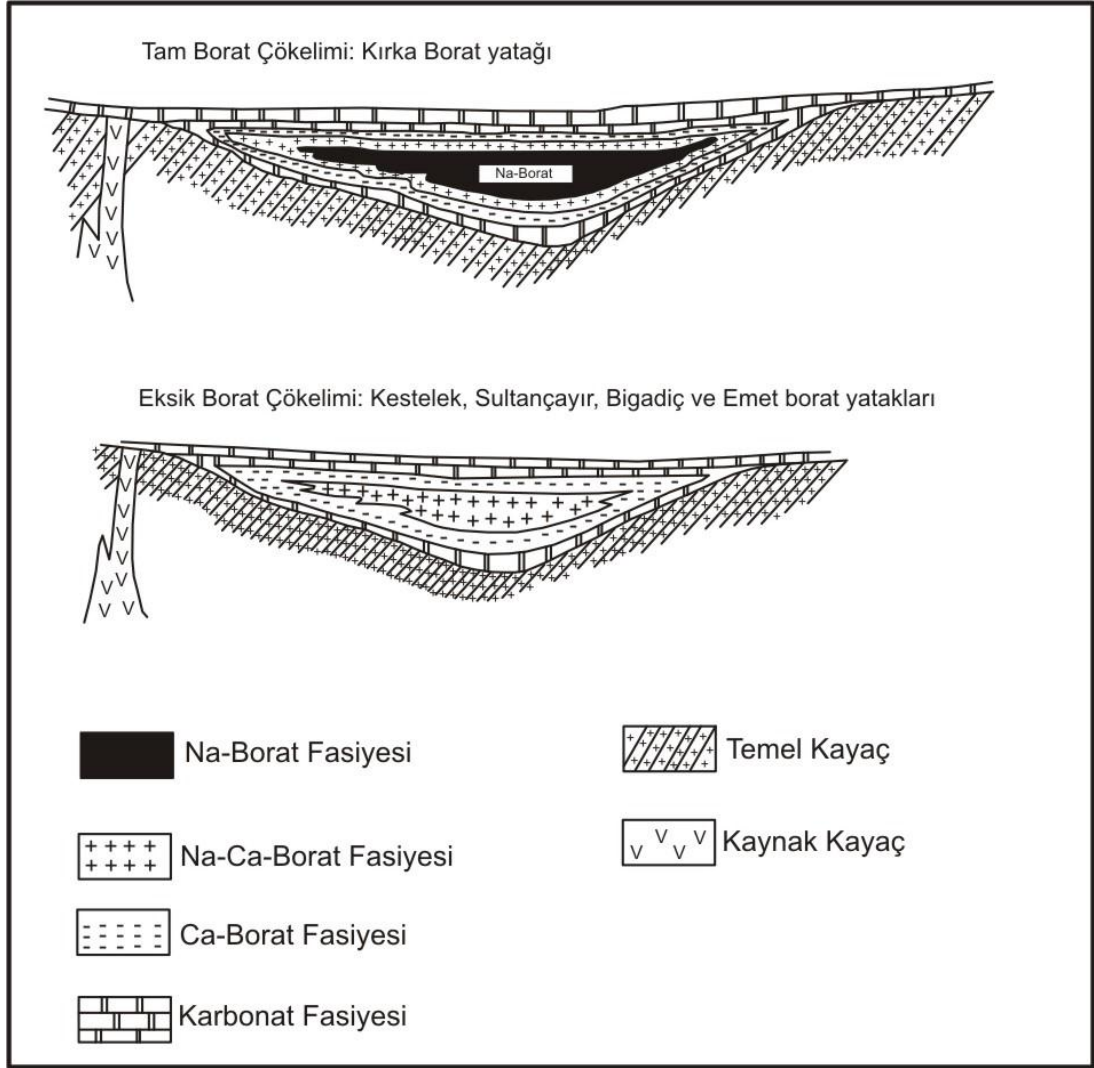
1971). Volkanik kayaçlar ile birlikte ortamda ki tortullar bölgenin litolojisini oluşturmuştur. Yatak oluşumunda önemli bir etken olan volkanik kayaçların genellikle kalkalkalen karakterli ve asitten bazıge kadar değişen aralıkta olduğu belirlenmiştir (Helvacı, 1989). Volkanik kayaçların yanısıra tortullar ile ardalanmalı olarak piroklastik kayalar da gözlenmiştir (Helvacı, 1989). Borat yataklarını oluşturan playa göl sistemindeki tortulların litolojileri birbirinden farklı gibi görülmekte aslında genel olarak çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, tuf, tüfit, marn ve kireçtaşı ile arakatmanlıdır (Özpeker ve İnan, 1978). Tortullar içinde yer alan borat yataklarının geometrisi tortullar ile ardalanmalı, merceksel yapıda, ince bantlar ve yanal kamalanmalar şeklinde gözlenmektedir (Helvacı, 1989). Borat yataklarının bulunduğu seviyeler alt ve üst kireçtaşları birimi içerisinde kalan kil seviyeleri içerisinde gözlenir. Belirlenen borat minerallerinin, yatakların gömülme süresince yüksek sıcaklık ve basınç etkisinde kalmadıkları belirlenmiştir (Özpeker ve İnan, 1978). Yatak içerisinde ekonomik değere sahip olan borat mineralleri Ca, NaCa ve Na boratlardır ve ikincil değere sahip olan borat mineralleri Ca-Mg, Mg ve Sr boratlardır (Özpeker ve İnan, 1978). Türkiye de borat yataklarında gözlenen birçok değişik borat minerallerinin bulunmasına rağmen baskın olan ve yataktan yatağa değişen bir veya iki borat minerali vardır (Helvacı, 1989). Yataklarda gözlenen borat mineralleri; Kestelek yatağında kolemanit-probertit, Sultançayır yatağında pandemit, Bigadiç yatağında kolemanit-üleksit, Emet yatağında kolemanit, Kırka yatağında boraks minerali baskın olarak gözlenir (Helvacı, 1989). Yataklardaki borat minerallerinin bileşimlerine bakıldığında en önemli etkenin Na ve Ca oranları olduğu belirlenmiştir (Özpeker ve İnan, 1978). Özpeker ve İnan (1978)'e göre yataklanma esnasında çökelim sırasına bakıldığında ilk çökelen mineralin çözünürlük açısından en düşük olan kalsiyum minerallerinin olduğunu, devam eden çökelim sırasında ortam şartlarının değişmesi ve çözeltideki Na ve Mg oranının artmasına bağlı olarak diğer borat minerallerinin çökeldiğini belirtmişlerdir. Araştırmanın devamında özellikle Mg mineralinin ilk çökelme aşamasında birincil mineraller ile çökeldiği veya gömülmeden sonra diğer mineralleri ornattığı, bir kısım Mg mineralinin ise ilk çökelen karbonatları ornatıp dolomite dönüştürdüğünü belirtmişlerdir.

Borat göllerinde çökelim sırası buharlaşmanın başlamasıyla birlikte göl suyunun derişikliğinin artması ile başlar ve çökelmeye başlayan ilk mineral karbonatlardır

(İnan, 1975). Karbonatlardan sonra çözünürlük sırasına göre sırayla; Ca, Na-Ca ve Na-borat mineralleri çökelecektir. Bu çökelimin beklenildiği sırada olabilmesi için ortam koşullarında ani değişimlerin gözlenmemesi gerekmektedir. Eğer ortam koşullarında değişim olursa sıvının bileşimi sistem dışına çıkacağı için o sırada ortamdaki minerali çözerek sıvının yoğunluğuna bağlı olarak oluşabilecek başka bir minerali örneğin karbonat mineralinin çökelimine neden olur (İnan, 1975). Bu durum yataklarda beklenen genel çökelim modelinin bozulmasına neden olmuştur.

Yataklarda gözlenen bu durumu İnan (1975) ikiye ayırmıştır. Düşey dizilimin eksiksiz gözlendiği (boraks mineralinin gözlendiği yataklara) yataklara eksiksiz çökelim (tam çökelim) yatakları ve boraks mineralinin gözlenmediği yataklar ise eksik çökelim yatakları demiştir. Eksiksiz serinin gözlendiği tek yatak Kırka Borat yatağıdır (Şekil 1.3). Minerallerin yataklarda ki genel çökelim yerleri Na borat gölün derin bölümlerinde, Na-Ca borat orta bölümlerde ve Ca-borat kenar fasiyeste gözlenmektedir (İnan, 1975). Batı Anadolu'da ki diğer yataklar ise eksik borat çökeliminin gözlendiği yataklardır (Şekil 1.3). Çökelim Ca-borat ile başlar Na-Ca ve tekrar Ca-borat minerallerinin çökmesiyle devam eder.

Bigadiç (Balıkesir) borat yatakları KD-GB uzanımlı havza içinde iki farklı zonda yer almaktadır (Helvacı ve Alaca, 1984). Bölgedeki borat yatağı yerel volkanizma ile bağlantılı hidrotermal çözeltiler-sıcak su kaynakları ile kurak iklim koşullarında ayrık veya birbiriyle bağlantılı playa göl ortamlarında oluşmuştur (Helvacı, 2004). Helvacı ve Alaca (1991)'e göre; yatağın temelini şist, Paleozoyik yaşlı mermer ve ofiyolit, kireçtaşı, radiolarit, Mesozoyik yaşlı kumtaşı birimi oluşturur ve temel kayaların üzerine Neojen yaşlı volkanik ve volkana-sedimanter kayalar uyumsuzluk ile gelmektedir. Neojen yaşlı birim Helvacı (1995)'e göre alttan üste doğru taban volkanit birimi, taban kireçtaşı birimi, alt tuf birimi, alt boratlı birim, üst tuf birimi, üst boratlı birim ve olivinli bazalt olarak litolojik birimlere ayrılmıştır. İstifin en genç birimini Kuvarter yaşlı genç tortular ve güncel alüvyonlar oluşturmaktadır (Helvacı ve Alaca, 1991) (Şekil 1.5). Neojen birim kil, tuf ve kireçtaşı ara katmanlarından oluşmaktadır (Helvacı, 1995).



Şekil 1.3 Tam borat çökelimi (İnan, Dunham ve Esson, 1973) ve Eksik borat çökelimi modeli (Helvacı, 1983).

Yatağın egemen minerali kolemanit ve üleksittir (Helvacı, 1989). Bunların yanında gözlenen diğer bor mineralleri; havlit, probertit, hidroborasit (alt borat zonu), inyoit, meyerhoferit, pandermite, terçit, hidroborasit, havlit ve tunellit (üst borat zonda) bulunmaktadır (Helvacı ve Alaca, 1984). Yatak içerisinde gözlenen kil mineralleri simetit grubu mineraller olup (Helvacı ve Alaca, 1991) tuf seviyeleri içerisinde zeolit minerallerinden höylandit, klinoptilolit ve (Helvacı ve Alaca, 1991) montmorillonit ve klorit mineralleri gözlenmektedir (Helvacı ve Alaca, 1984).

Kestelek (Bursa) borat yatağının Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel kayaları üzerine Neojen birimi uyumsuzlukla oturur (Helvacı, 1989). Temeli oluşturan

birimler taban çakıltası, kumtaşı, çökeller, linyit düzeyleri içeren kil, marn, kireçtaşı, tuf, aglomera ile devam eder ve daha sonra ortamın tektonik olarak aktifliğini kaybettiği dönemlerde boratlı zonda kil, marn, kireçtaşı, tuf ve borat yatağı oluşmuştur (Helvacı, 1989; Helvacı, 1994) (Şekil 1.5). Volkanik faaliyetin dönem içerisinde aktif hale gelmesi ile tortullar ile birlikte tuf ve aglomera, andezit ve riolit bileşimli volkanitler çökelmiştir (Helvacı, 1989). İstifin üstünü Pliyosen yaşlı gevşek konglomera, kumtaşı ve kireçtaşı ardalması örter (Helvacı 1989; Helvacı, 1994). Helvacı (1994)'e göre yatağın egemen bor mineralleri kolemanit, üleksit ve proberlit olup hidroborasit mineralide ender olarak gözlenmektedir. Ayrıca yataklanmaya eşlik eden bor minerallerinin kalsit, kuvars, zeolit ve montmorillonit grubu mineraller olduğunu belirtmiştir.

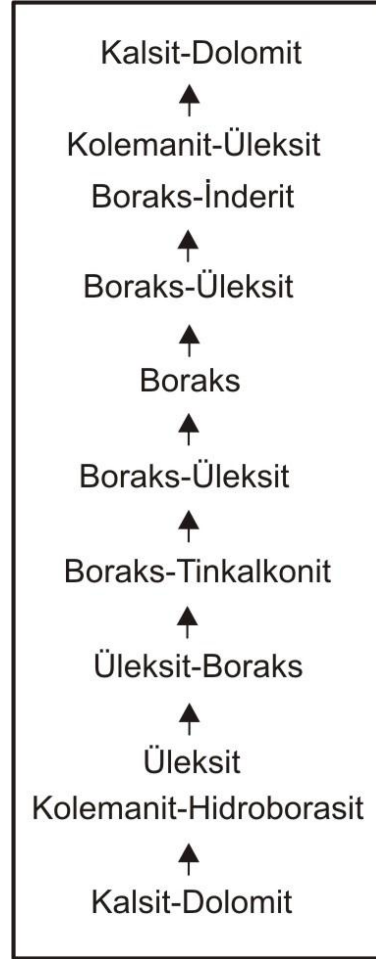
Helvacı ve Firman (1977)'e göre Emet (Kütahya) borat yatağı gölsel istiften oluşmaktadır. İstif kil-marn-çört tabakalı üst kireçtaşı birimi ile başlar ve borat yataklarını içine alan kil-tuf-marn, kırmızı formasyon olarak isimlendirilen kömür ve jips bantları içeren konglomera-kumtaşı-kil-marn-kireçtaşı, ortaç ve asidik volkanitler-tuf-aglomeralar, marn-tuf bantları içeren ince tabakalı alt kireçtaşı biriminden oluşmaktadır (Şekil 1.5). Bu istif Paleozoyik yaşlı mermer, mika şist, kalk-şist ve klorit şist gibi metamorfik karmaşık birimin üzerine uyumsuzluk ile oturur. Yatağın egemen minerali kolemanittir (Helvacı, 1989). Yatağa eşlik eden diğer bor mineralleri meyerhoferit, üleksit, probertit, tunellit, terüjit, kahnit, hidroborasit ve viçit-A'dır (Helvacı ve Firman, 1977). Yatakta gözlenen bor olmayan mineraller ise kalsit, jips, sölestin, elementer kükürt, realgar, orpimet (Helvacı, 1989) ve bu bor minerallere eşlik eden egemen kil mineralleri ise montmorillonit ve illit olarak belirlenmiştir (Helvacı ve Firman, 1977; Helvacı, 1984).

Sultançayır borat yatağı Permiyen yaşlı metamorfik temel karmaşığı ile başlar ve üzerine uyumsuzlukla oturan Tersiyer yaşlı kireçtaşı blokları içeren kumtaşı-kumtaşı şeyl birimi, Miyosen yaşlı andezit-aglomera-tuf birimi uyumsuzluk ile gelir ve bütün bu birimleri Orta-Üst Miyosen yaşlı alttan-üstten doğru taban çakıltası, alt kireçtaşı, kumlu kiltası ve üst kireçtaşı uyumsuzluk ile örter (Gündoğan ve Helvacı, 1992) (Şekil 1.5). Yatakta gözlenen ana bor minerali pandermittir (Helvacı, 1983).

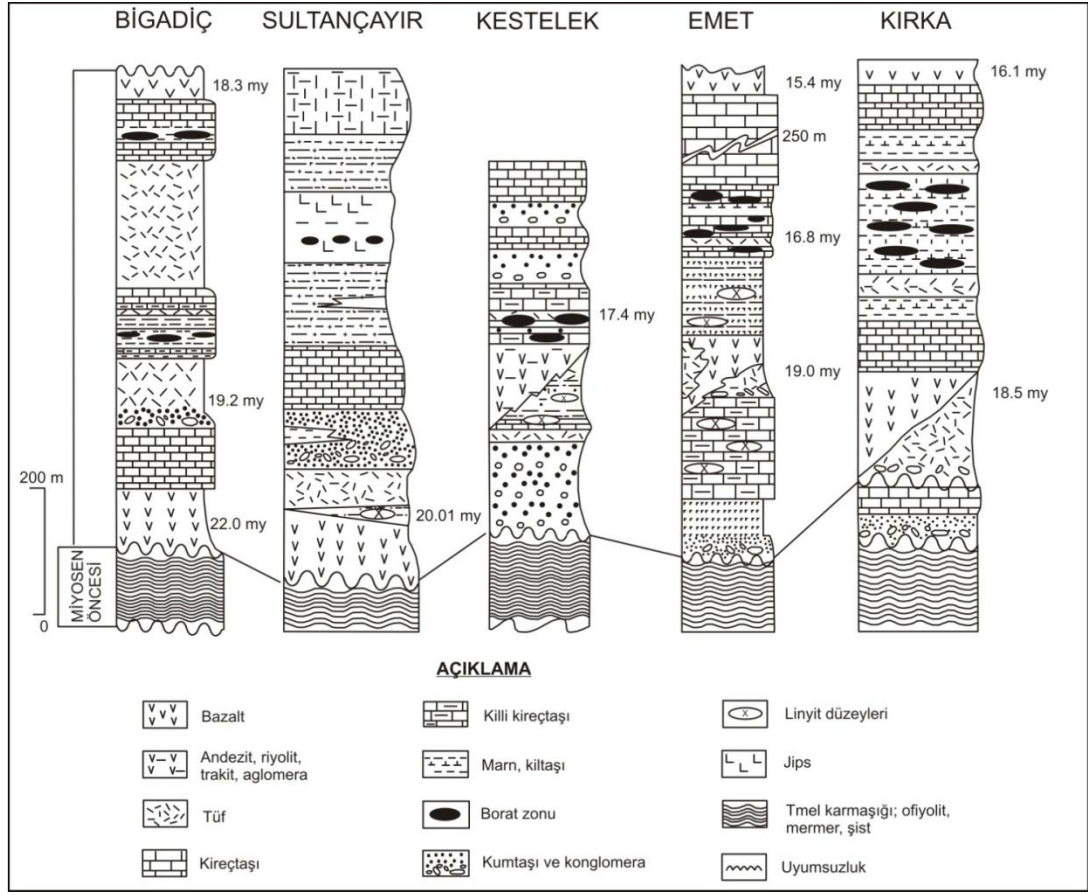
Gözlenen diğer bor mineralleri havlit ve az miktarda kolemanit olup pandemit mineralleri kil ve jips seviyelerinin altında nodüler ve bir ton ağırlığa ulaşan kütleler halinde gözlenmiştir (Gündoğan ve Helvacı, 1992). Pandemit mineralleri kalker ve tuf içeren marn tabakalarının altında jips mineralleri ile birlikte gözlenmektedir (Baysal, 1976).

Kırka borat yatağı, volkanosedimenter gölsel kayaçlardan oluşmuş Orta-Üst Miyosen yaşlı borat yatağıdır (Yalçın ve Baysal, 1991). Araştırmacılar çalışmalarında yatağın birbirinden ayrılmış iki bölgede yer aldığını belirtmişlerdir. Bunlar Sarıkaya ve Göcenoluk yataklarıdır. Yatakların arasında yaklaşık 10 kilometrelik uzaklık bulunmaktadır. Bu uzaklık yatakların farklı istifte oluşturmalarına neden olmuştur. Yalçın ve Baysal (1991)'e göre bu iki yerdeki oluşum temel kayaçların oluşturduğu paleotopoğrafik bir eşik ile olabilir veya ikinci yaklaşım ve en önemlisi olarak düşey yönlü bloklanma hareketleri ile paleogölün derinleşerek iki bölgenin farklı fizikokimyasal koşullar altında farklı mineraller oluşturmalarına neden olmuş olabileceğini belirtmişlerdir. Sunder (1980)'e göre bölgenin istifi Paleozoyik yaşlı metamorfik karmaşığı ve Mesozoyik yaşlı ofiyolit karmaşığı üzerine çökelen Kırka borat yatağı doğu ve kuzeydoğuda Eosen fosilli kireçtaşları ile başlar ve Pliyosen'in kireçtaşı-marn-tüfit ve kil-marn-kireçtaşı birimi ile örtülür; diğer bölüm ise Miyosen'in gölsel ve volkanit biriminin yer yer Eosen kireçtaşları üzerine yer yer temel kayaçların üzerine uyumsuz olarak gelmesi ile devam eder ve Pliyosen'in kireçtaşı-marn-tüfit ve kil-marn-kireçtaşı biriminin istifin üst bölümü örtülmesi ile istif tamamlanır. Kuvaterner yaşlı resedimenter tüfitler ve alüvyon ise yatağın tamamını örter. Sarıkaya borat yatakları Pliyosen'in kil ve tüfitli seviyeleri içerisinde yer alır. Yatağın içerisinde mineral zonlanması tabandan itibaren boraks, kernit, tinkalkonit, üleksit, inyoit, meyerhoferit, kolemanit, inderborit, hidroborasit, kurnakovit, inderit ve tünellit çökelişi gözlenmektedir (Helvacı ve Firman, 1977; Helvacı, 1983; Helvacı ve Alonso, 2000; Helvacı ve Orti, 2004; İnan, 1972; Özpeker ve İnan, 1978; Sunder, 1980) ve en üst bölümde üleksit, kolemanit, kurnakovit ve tünellit gibi çoğunlukla ikinci mineraller belirlenmiştir (Özpeker ve İnan, 1978). Yatağa eşlik eden bor olmayan mineraller ise saponit, illit, kaolinit, dolomit, kalsit, magnezit, stronsiyonit, anhidrit, jips, globerit ve kalsedon mineralleridir (Sunder,

1980). İnan (1972) ve Helvacı (1997)'e göre yataktaki tabandan tavana kadar gözlenen borat çökelimi kalsit-dolomit, kolemanit-hidroborasit, üleksit, üleksit-boraks, boraks-tinkalkonit, boraks-üleksit, boraks, boraks-üleksit, boraks-inderit, kolemanit-üleksit, kalsit-dolomit şeklindedir (Şekil 1.4).



Şekil 1. 4 Kırka borat yatağı mineral çökelimi (İnan, 1972; Helvacı,1997)



Şekil 1.5 Türkiye'deki borat yataklarının stratigrafik korelasyonu (Helvacı ve Alonso, 2000).

BÖLÜM İKİ

BÖLGENİN JEOLJİSİ

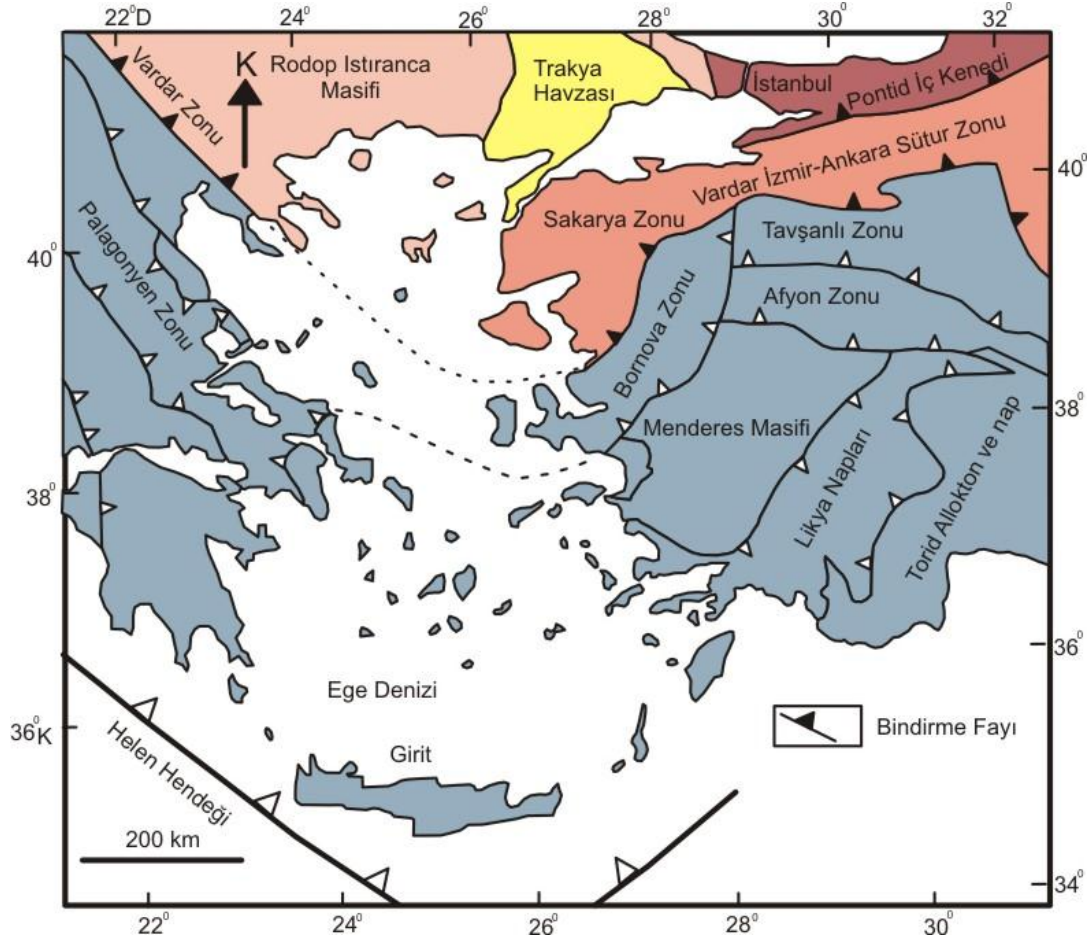
2.1 Bölgesel Jeoloji

Eskişehir-Kırka bölgesinin stratigrafisi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır ve litolojik özellikleri belirlenmiştir (İnan, 1972; İnan, 1973; Baysal, 1973; Baysal, 1974; Özpeker ve İnan, 1978; Sunder, 1980; Helvacı, 1983; Yalçın, 1988; Yalçın ve Baysal, 1991; Palmer ve Helvacı, 1997; Helvacı ve Orti, 1998; Helvacı ve Alonso, 2000; Helvacı, 2001; Helvacı, 2003; Helvacı, 2004; Helvacı ve Orti, 2004). Çalışmaların tamamında temel kayaçların, Tersiyer volkanizmasının ve istifin arakatmanlarında gözlenen tortul kayaçların litolojik özellikleri belirlenmiştir. Bölgede belirlenen kayaçların oluşum koşulları incelendiğinde, Orta Anadolu'nun tarihsel zamanlara göre değişiminin bölgenin stratigrafik istifinin anlaşılmasında önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.

Eskişehir, Orta Anadolu'nun kuzeybatı bölümünde ve Orta Anadolu'nun büyük bölümünü kaplayan Tavşanlı Zonu'nun kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 2.1). Tavşanlı Zonu, Anatolid-Torid Bloğunun kuzey ucunda yer almaktadır. Anatolid-Torid Bloğu, Orta ve Batı Anadolu'nun kristalin masiflerini ve metamorfik serilerini ayrıca ofiyolitik fasiyesleri, serpantinitle ve radyolaritli Üst Kretase ile bütün birimleri örten Tersiyer yaşlı formasyonları da içermektedir (Ketin, 1965). Ketin (1965), araştırmasında Anatolid Bloğunun stratigrafik istifinin; Üst Kretase'ye kadar olan bölümünün Paleozoyik ve Alt Mesozoyik serilerin çok az deformasyona uğramış devamlı seriler olduğunu, Üst Kretase birimlerinin kısmen ofiyolitik kısmen volkanik fasiyes olduklarını metamorfik serileri uyumlulukla örttüğünü ve iki fasiyes içinde metamorfik serilere geçişte uyumsuzluğa ve aşınmaya rastlanmadığını belirtmiştir. Okay (2009)'a göre, Erken Kretase'de Anatorid-Torid Bloku'nun kuzeybatı ucunun Neo-Tetis okyanusu tarafından tümü ile yitilmesi ile Anatolid-Torid Bloku'nun kuzey ucunun okyanus içi hendeğe dalarak yüksek basınç-düşük

sıcaklık koşullarında metamorfizmaya uğradığını ifade etmiştir. Anatorid–Torid Bloku’nun bu bölümünde kalan kısmı Tavşanlı Zonu olarak bilinmektedir. Okay (1984) tarafından, Tavşanlı Zonu dört tektono-stratigrafik bölüme ayrılmıştır. Bu bölümler düzenli bir stratigrafik istif oluşturan kıtasal kökenli kayalardan oluşmuş Orhaneli Grubu (1), ofiyolitli melanj (2), Anadolu ofiyoliti (3), Eosen çökel kayaları-Eosen granitoidleridir (4). Orhaneli Grubu baskın olarak metasedimanter kayalardan oluşmuş düzenli bir stratigrafik istif sunmaktadır (Okay, 1985) ve özellikle Tavşanlı Zonu’nun batı kesiminde iyi tanımlanmıştır (Okay, 2009). Ofiyolitli melanj (Ofiyolitli melanj Kaya, 1972 a,b’de Ovacık Kompleksi olarak adlandırılmıştır) Orhaneli Kompleksi üzerine tektonik dokanak ile gelmiştir (Okay, 2009). Geniş alanlarda mostra veren ofiyolitli melanjin en az %60’ını bazaltlar oluşturmaktadır ve bazaltlar genellikle piroklastik kayalar veya aglomeralar şeklinde gözlenmektedir (Okay, 2009). Melanjı oluşturan diğer birimler ise radyolaryalı çört, pelajik şeyl ve kireçtaşıdır (Okay, 2009). Ovacık kompleksi üzerine gelen Anadolu ofiyoliti bazı bölgelerde doğrudan Orhaneli Grubu üzerine büyük ofiyolit kütleleri şeklinde tektonik dokanaklar ile gelmiştir (Okay, 2009). Ofiyolitlerin %90’dan fazla bölümü peridotitlerden oluşmuştur, geri kalan kesim ise piroksenit, gabro, kromit ve peridotitleri kesen diyabaz dayklarından oluşmuştur (Okay, 2009). Ketin (1965)’e göre Neritik foraminifer (*Alveolina* sp.) içeren Alt Eosen denizel çökelleri, Tavşanlı Zonu’nun doğu kesimini oluşturan Orhaneli Grubu mavişistlerinin üzerine, ofiyolitli melanj ve ofiyolit üzerine uyumsuzlukla geldiğini belirtmiştir.

Ketin (1965), istifin üzerine gelen Alt Eosen kalın taban konglomerası Kretase ve daha eski metamorfik serileri açılı uyumsuzluk ile örttüğünü belirterek, Üst Eosenden itibaren Oligosen ve Miyosen döneminde gelişen lagüner fasiyeste Orta Anadolu’daki jipsli ve tuzlu Tersiyer formasyonunun oluştuğunu belirtmiştir.



Şekil 2.1 Ege bölgesinin tektono-stratigrafisi (Okay ve Tüysüz, 1999).

2.2 Bölge Jeolojisi

Eskişehir-Kırka çevresini ve yakın çevresini, Göcenoluk-Kırka çalışma alanı ve çevresini kapsayan birçok çalışma bulunmaktadır (İnan, 1972; İnan, 1973; Baysal, 1973; Baysal, 1974; Özpeker ve İnan, 1978; Sunder, 1980; Helvacı, 1983; Yalçın, 1988; Yalçın ve Baysal, 1991; Palmer ve Helvacı, 1997; Helvacı ve Orti, 1998; Helvacı ve Alonso, 2000; Helvacı, 2001; Helvacı, 2003; Helvacı, 2004; Helvacı ve Orti, 2004). Bu çalışmalarda borat yatağının Neojen birimleri içerisinde çökelediği ve volkanizmanın etkin bir role sahip olduğu belirtilmiştir.

Kırka borat yatağı çevresi Paleozoyik ve Mezozoyik yaşlı temel kayalar (metamorfik, ofiyolit ve karbonatlar) ile Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter birimlerden oluşmaktadır (Yalçın ve Baysal 1991).

Gök ve diğer. (1980) bölgenin Neojen istifini yaşlıdan gence doğru; Türkmendağ volkanit grubu, Zahrandere grubu, Karaören volkaniti ve ara katkıları, Kocaalandere formasyonu, Kırka formasyonu ve Bazalt lavları olarak ayırmıştır (Şekil 2.2).

Yalçın (1988), bölgenin stratigrafik istifini temel kayalar ve Neojen birim olarak ayırmıştır. Neojen birimi beş litostratigrafik birime ayırmıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru; İdrisyayla volkanitleri, Karaören formasyonu, Sarıkaya formasyonu, Türkmendağ bazaltı ve Fetiye formasyonudur (Şekil 2.3).

Sunder (1980), çalışmasında bölgenin stratigrafik istifini Miyosen öncesi, Eosen, Neojen ve Kuvarter olarak birimlere ayırmıştır (Şekil 2.3).

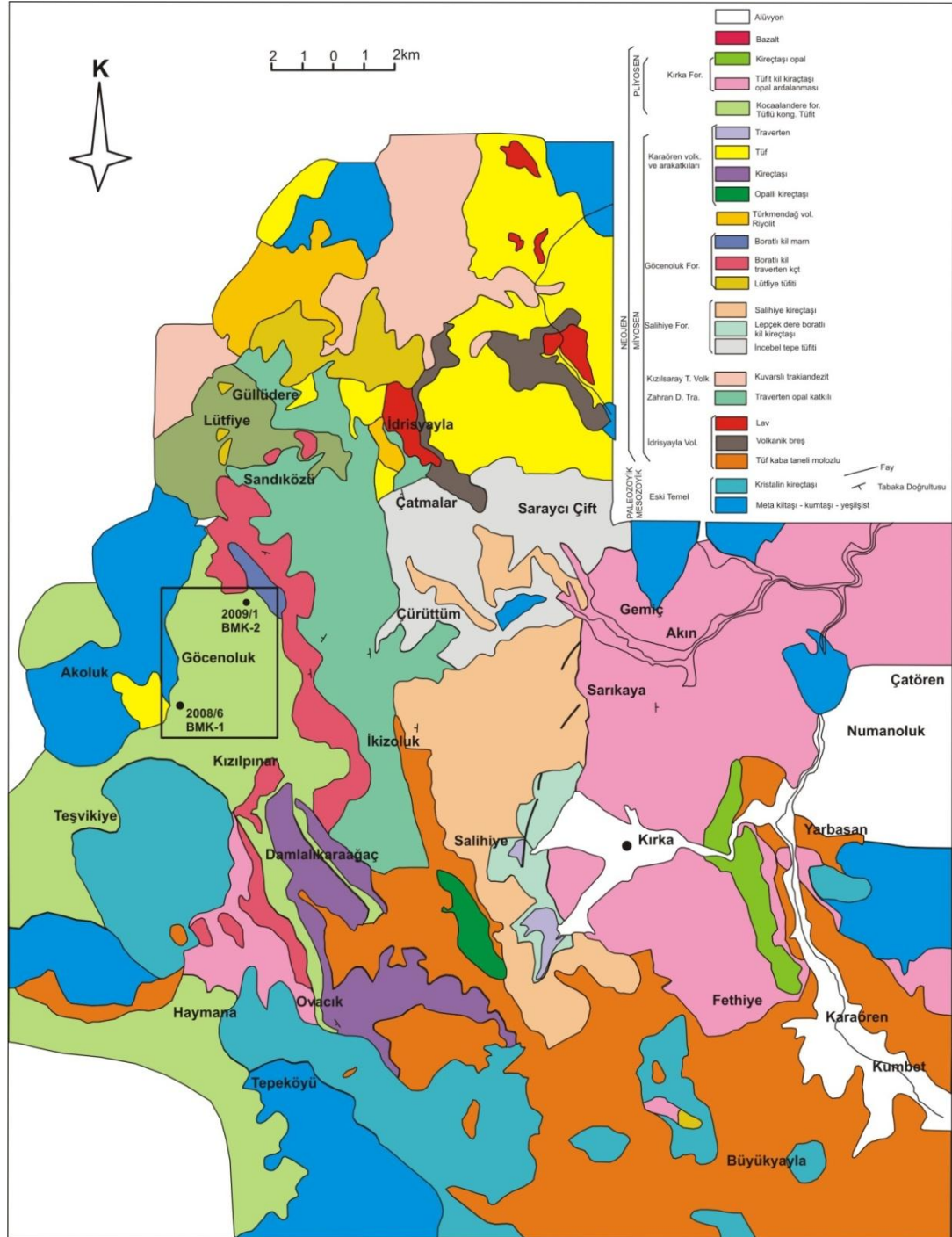
Helvacı ve Orti (2004), çalışmasında bölgenin istifini Paleozoyik temel kayalar bileşimi, Eosen ve Neojen olarak birimlere ayırmıştır (Şekil 2.3).

Kırka borat yatağı inceleme alanı içerisinde yer alan birimler Gök ve diğer., (1980)'e göre yazılmıştır. Birimler; temel kayalar, Zahrandere grubu (Zahrandere Traverteni, Salihye Formasyonu (Lepçekdere Formasyonu ve Salihye Kireçtaşı), Göcenoluk Formasyonu (Lütfiye Tüfiti ve Göcenoluk kolemanitli kil traverten ve kalker)), Karaören Formasyonu, Kocaalandere Formasyonu ve Kırka Formasyonudur.

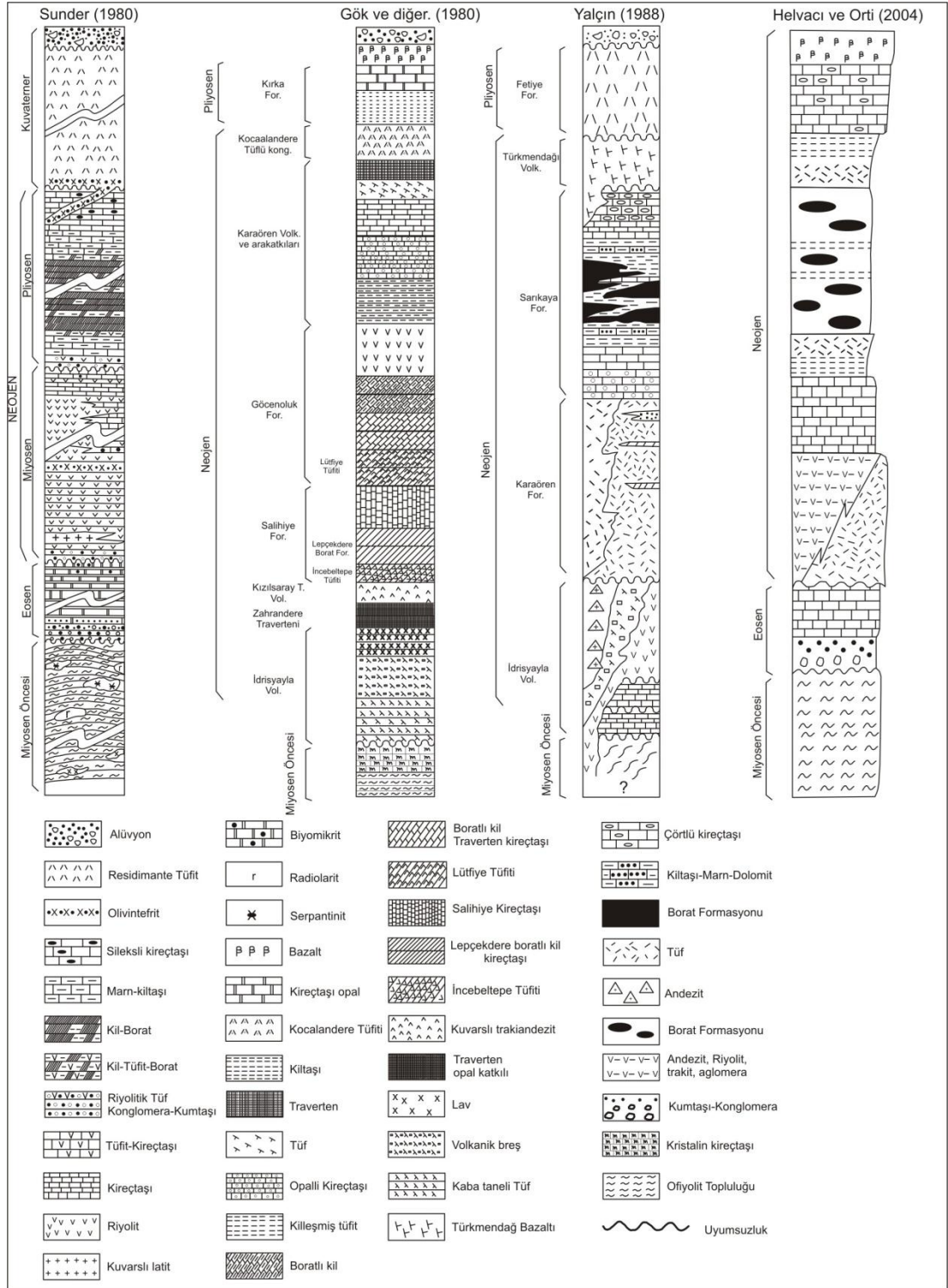
2.2.1 Temel Kayalar

Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı temel kayalar metamorfik, rekristalize kireçtaşı ve Eosen fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır (Yalçın, 1988). Temel kayalar Neojen çökelleri tarafından örtüldüğü için çok az yerde yüzlek vermektedir ve yüzlekler

normal fay ile sınırlanmıştır (Gök, 1980). Temel kayalar gölgesel sedimanter istifin tabanında yer almaktadır ve topoğrafik açıdan önemli yükseltiler oluşturarak havzayı çevrelemekte ve paleogölün yayılımını sınırlandırmaktadır (Yalçın, 1988).



Şekil 2.2 Eskişehir-Kırka Boratlı Neojen Jeoloji Haritası (Gök ve diğer. 1980).



Şekil 2.3 Kırka Bölgesi stratigrafik kolon kesitlerin korelasyonu.

2.2.2 Zahrandere Grubu

Miyosen yaşı Zahrandere grubu kendi içerisinde Zahrandere traverteni, Salihye formasyonu (İncebeltepe tüfiti–Lepçekdere formasyonu–Salihye kireçtaşı) ve Göcenoluk formasyonundan (Lütfiye tüfiti–Göcenoluk kolomanitli kil traverten ve kalkeri) oluşmaktadır (Gök ve diğer., 1980).

2.2.2.1 Zahrandere Traverteni

Gök ve diğer. (1980)'e göre, inceleme alanında temeli oluşturan Zahrandere traverteni Türkmendağ volkanit grubunun en yaşı üyesi olan İdrisyayla volkanitlerinin üzerinde yer almaktadır. Miyosen yaşı olan birim geniş bir alanda yüzlek vermektedir. Birimin kalınlığı yaklaşık 250–300 m'dir. Birim amorf ve kristalin kalker laminalarının ardalanmasından meydana gelmiştir. Birim kirli bej–sarımsı bej renkli travertenden oluşmaktadır. Kayacın yüzeyi ortamda bulunan limonitten dolayı bazı yerlerde kırmızı renklidir. Miyosen yaşı Zahrandere traverteni Salihye formasyonunun Lepçekdere üyesi tarafından üzerlenmektedir.

2.2.2.2 Salihye Formasyonu

Salihye Formasyonu Lepçekdere ve Salihye kireçtaşı alt gurubundan oluşmaktadır.

2.2.2.2.1 Lepçekdere Formasyonu. Gök ve diğer. (1980)'e göre, Lepçekdere formasyonunun tabanını Zahrandere traverteni oluşturmaktır ve Miyosen yaşı olan birim Salihye formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Formasyon boratlı seviyeler ile beyaz renkli, pürüzlü ve yumuşak dolomitik kalker, kıltaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Kırka Borat Yatakları kıltaşları içerisinde yer almaktadırlar. Bu nedenle yataklar tabanda ve tavanda kıltaşı seviyeleri tarafından korunmuştur. Lepçekdere formasyonunun kalınlığı 100-220 m olarak belirlenmiştir.

2.2.2.2.2 *Salihye Kireçtaşı*. Gök ve diğer. (1980)'e göre, Salihye formasyonu Kırka formasyonu ve Karaören formasyonuna ait tüfler tarafından örtülmektedir. Miyosen yaşlı Salihye formasyonu Lepçekdere formasyonunu üzerlemektedir. Formasyonun yapısı, dokusu ve arakatıkları yatay ve düşey farklılıklar göstermektedir. Birimin tamamı sert, sarımsı, bej ve beyaz renkli kalkerden oluşmaktadır. Kalkerler içerisinde tüpsü boşluklar halinde ve opal mercekler içinde silisleşmiş bitki kalıntıları gözlenmiştir. Birimin kalınlığı 75–100 m olup Salihye kireçtaşı birimi borat yataklarının tavan kayasını oluşturmaktadır.

2.2.2.3 *Göcenoluk Formasyonu*

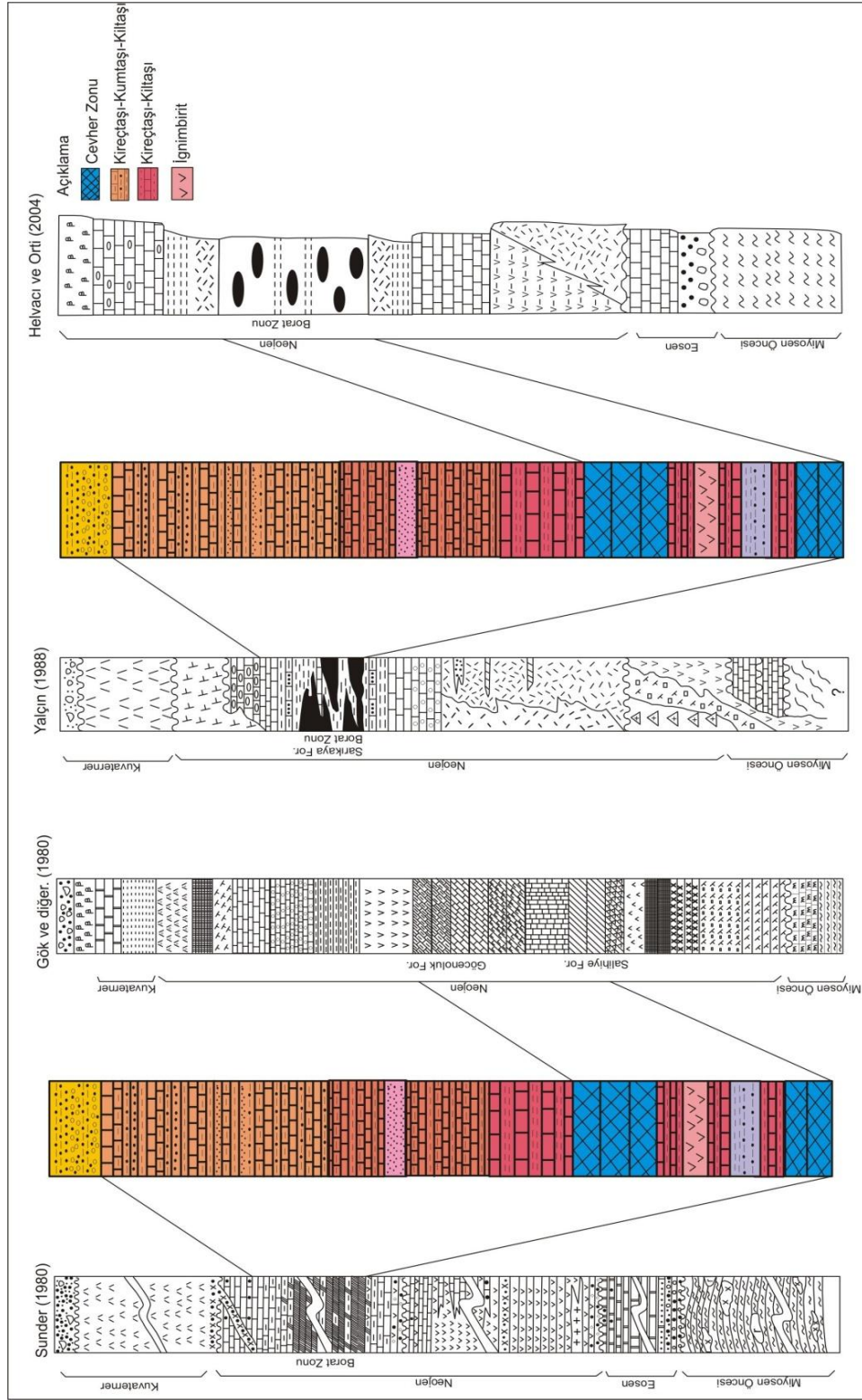
Göcenoluk formasyonu Salihye formasyonu ile aynı yaşta (Miyosen) ve aynı koşullarda meydana gelmiştir. Formasyonda sadece bor minerallerinden kolemanit gözlenmiştir.

2.2.2.3.1 *Lütfiye Tüfiti*. Birim, doğuda Zahrandere traverteni ve batıda eski temel üzerine oturmaktadır. Volkanik malzemelerden, killeşmiş tüfitlerden ve opal traverten merceklerinden meydana gelmektedir (Gök ve diğer., 1980). Birim içerisinde İdrisyayla ve Kızıltepe volkanitlerinden türemede malzemelerde yer almaktadır (Gök ve diğer., 1980).

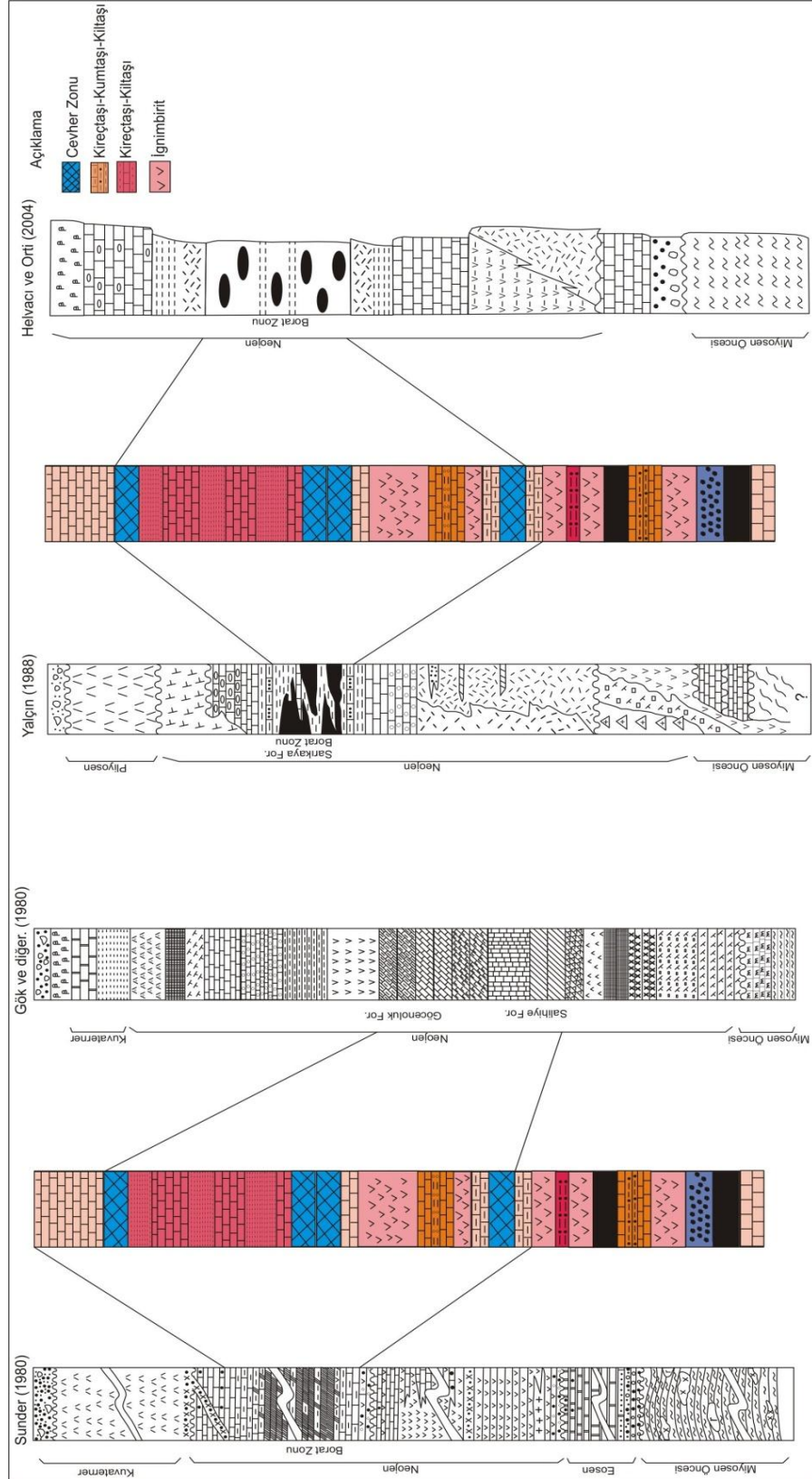
2.2.2.3.2 *Göcenoluk Kolemanitli Kil Traverten ve Kalkeri*. Gök ve diğer. (1980)'e göre birim Zahrandere traverteni üzerinde 6–10 m kalınlıklı kolemanitli kil seviyesi ile başlamaktadır. Kil seviyesi üzerinde alt kısmı traverten üst kısımları ince tabakalı kalker olan 70 m kalınlıkta bir seviyede yer almaktadır. Seviyesinin üzerinde 25–30 m kalınlıkta kolemanitli kil marn seviyesi yer almaktadır. Gök ve diğer. (1980)'nin Salihye formasyonu ve Göcenoluk formasyonu olarak ayırdığı ve alt üyelere böldüğü birimi Yalçın (1988) Sarıkaya formasyonu olarak adlandırmıştır (Şekil 2.4 ve 2.5). Yalçın (1988)'e göre Sarıkaya birimi, havzanın merkez bölgesinde düz,

kuzeye doğru ise oldukça engebeli bir topoğrafya oluşturmakta ve derin vadiler ile kesilmektedir. Yalçın (1988), birimi kalkerli kilaşı, killi marn ve bileşimindeki kayaçları ve içerdikleri karbonat minerallerinin cinsini göz önüne alarak killi karbonatlı kayaçları dolomitli kilaşı/marn olarak adlandırmıştır ve formasyonun kalınlığını 150-300 m olarak belirlemiştir. Etibank'ın bölgede yaptığı sondajların sonucunda formasyon 20-50 m kalınlığında masif kalın tabakalı yer yer santimetrik kilaşı ve tuf bantları içeren travertene benzer lifsi yapıdaki kireçtaşları ile başladığını ve seviyenin devamında ortalama 25 m kalınlığında ince tabakalı dolomitik kireçtaşları, ortalama 20 m kalınlığında laminasyonlu kilaşı/marn-dolomit ardalanması, ortalama 80 m kalınlığında bozunmuş lifsi yapıda pomza parçaları içeren killi boratlı zon ve içerisinde yer yer santimetrik tuf arakatıkları, ortalama 20 m kalınlığında laminasyonlu kilaşı/marn-dolomit ardalanması ve seviyenin en üst bölümünü dolomitik kireçtaşlı, bol çört yumrulu/bantlı, yer yer lifsi yapıda kireçtaşlarının oluşturduğunu belirtmiştir. Etibank'ın birim üzerindeki çalışmasında özellikle laminasyonlu kilaşı/marn-dolomit seviyesinde birçok sinsedimenter faylar, tabakalar arası kıvrım ve kırışıklıklar veya kayma yapıları ile yük yapıları gözlemlenmişlerdir. Boratlı zonun yatak içerisinde alttan üste doğru dizilimi; Ca, Na-Ca, Na, Na-Ca, Ca borat şeklinde dizilim göstermektedirler (Yalçın, 1988).

Birim üzerinde yeni bir çalışma olan Helvacı ve Orti (2004)'e göre ise birim en altta 80 m kalınlığında volkanik kayaç ve tüfler ile başlar (İnan 1972; Helvacı 1977, Sunder 1980), 80 m alt kireçtaş, 40 m kalınlığında marn ve tuf arakatmanlı kil seviyeleri, 70 m kalınlığından fazla borat birimi, 60 m kalınlığında üst kilaşı ile birlikte tuf, marn ve kömür bantları, 50 m'den fazla kireçtaş içerisinde çörtlü marn ve 30 m'den fazla kalınlıkta bazalt birimi ile formasyonu oluşturduğunu belirtmişlerdir. Helvacı ve Orti (2004), borat biriminin bölgesel olarak 145 m'den daha kalın göl içerisinde oluşmuş bir katman olduğunu, borat seviyelerinin kilaşı ve tüfler ile arakatmanlı olduğunu belirtmişlerdir.



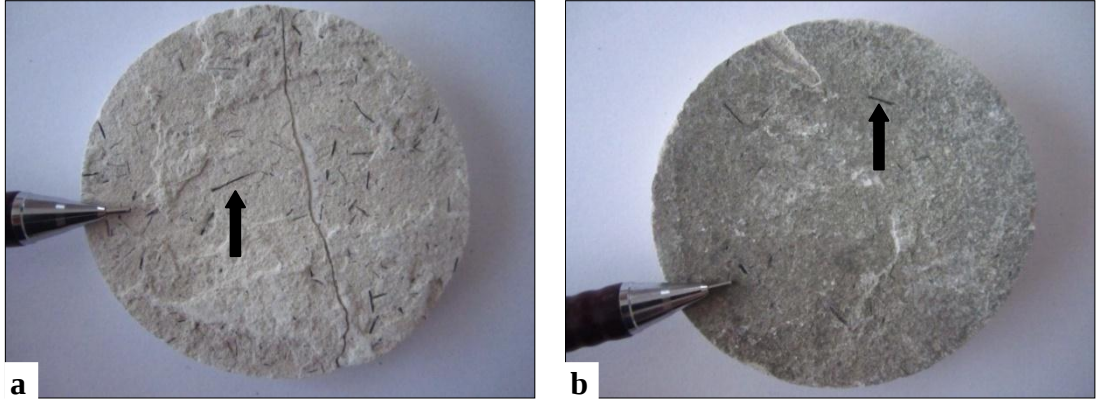
Şekil 2.4 Kırka Bölgesi stratigrafik kolon kesitleri ve MTA BMK-1 Sondaj kuyusu stratigrafik kolon kesiti borat zonlarının korelasyonu.



Şekil 2.5 Kırka Bölgesi stratigrafik kolon kesitleri ve MTA BMK-2 Sondaj kuyusu stratigrafik kolon kesiti borat zonlarının korelasyonu.

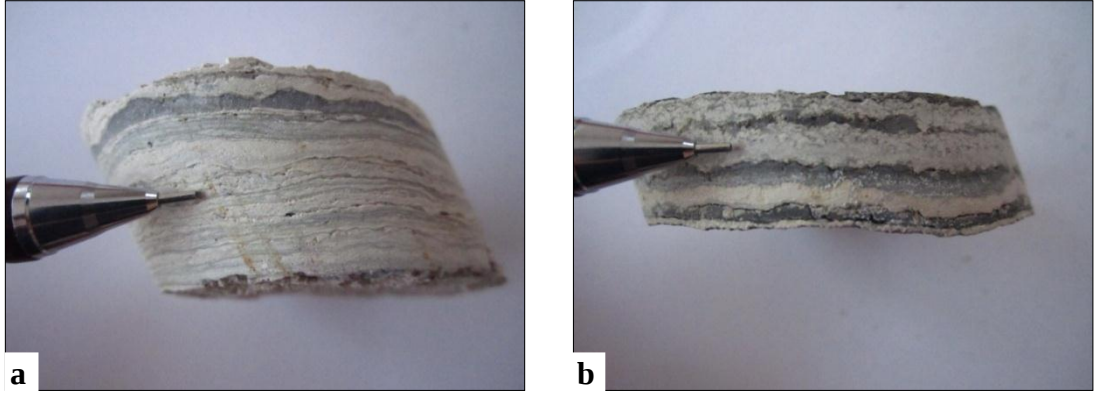
Borat Mineralleri: Makro örneklerle ve sondaj örnekleri ile belirlenen ana borat mineralleri kolemanit, üleksit ve boraktır. Minerallerin arazideki konumları genel olarak masiv, ırsal, çatlak ve kırık sistemlerinin arasında, karbonatlı ve killi seviyeler ile ardalanmalı gözlenmiştir. Cevher zonunun kalınlıkları 25 cm ile 14 m aralığında değişmektedir. Borat zonu önceki çalışmalara göre; Yalçın (1988)'e göre Sarıkaya Formasyonu içerisinde, Gök ve diğer. (1980)'e göre Salihye ve Göcenoluk Formasyonları içerisinde yer almaktadır.

Dolomitik Kireçtaşı-Dolomit-Kireçtaşı-Kumtaşı: Birim BMK-1 Sondajında, dolomitik kireçtaşı ve kumtaşı olarak yaklaşık 200 m kalınlığında belirlenmiştir. Yalçın (1988)'e göre bu birim Sarıkaya formasyonu içerisinde korale edilmiştir. Gök ve diğer. (1980)'e göre ise bu birim Salihye Formasyonu Salihye kireçtaşı birimi içerisinde korale edilmiştir. Kumtaşı birimi sarımsı, koyu gri–yeşilimsi gri renklerde gözlenir. Kumtaşı ara seviyeleri dolomitik kireçtaşı ve kıltaşı seviyeleri arasında belirlenmiştir. Birimin kalınlığı 50 cm ile 7,40 m aralığında değişmektedir. Kumtaşı laminasyonlarının içerisinde (belirli seviyede) bitki izleri belirlenmiştir (Şekil 2.6). Çamurtaşı birimi sarımsı ve krem renkli olarak gözlenmiştir. Genellikle sondajın tavan bölümüne doğru çamurtaşı kumtaşı ve çakıltaşı arasında matriks olarak gözlenir. Çakıltaşı birimi istifin tavan bölümünde sık aralıklarla gözlenmiştir. Birimin kalınlığı 0,5 m ile 4,6 m aralığında değişmektedir. Çakıltaşılarının boyutları 0,5 cm ile 2,5 cm aralığında değişmektedir. Çakıllar ağırlıklı karbonat kökenli olarak gözlenmiştir. Bazı seviyelerde yan kayaktan gelen çakıl taneleri de gözlenmiştir. Dolomitik kireçtaşı, beyazımsı ve açık krem renklidir. Masiv ve ince laminasyonlu gözlenirler ve kumtaşı-kıltaşı ile ardalanmalıdırlar. Volkanojenik kırıntılar içerirler.

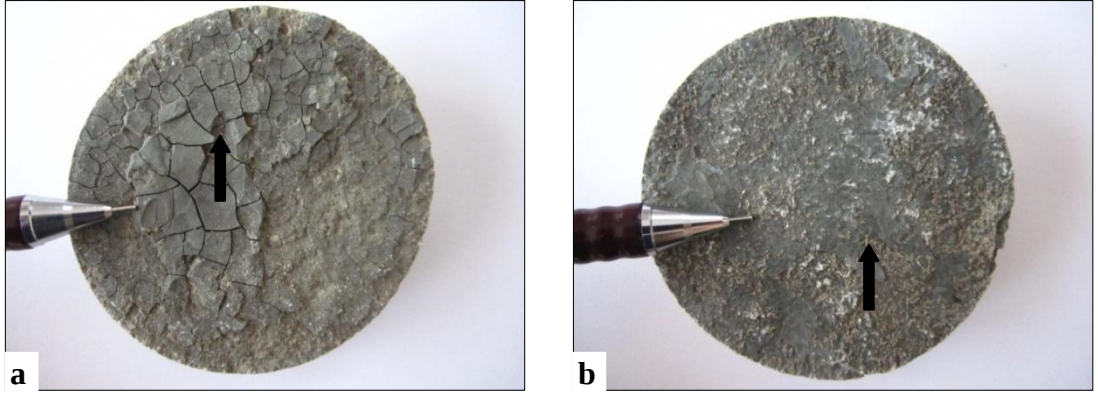


Şekil 2.6 a ve b. BMK-1 Sondajı 408,90 m ve 404,00 m aralığında gözlenen kumtaşı seviyesi içerisindeki bitki izleri (Koordinat: 4373077/0256192).

Kireçtaşı–Kiltaşı: BMK-1 ve BMK-2 Sondajların da belirlenen kireçtaşı-kiltaşı biriminin kalınlıkları 1,65 m ile 236,4 m aralığında değişmektedir. Önceki çalışmalarda Yalçın (1988)’e göre bu birim Sarıkaya formasyonu içerisinde korale edilmiştir. Gök ve diğer. (1980)’ göre ise Göcenoluk formasyonu içerisinde korale edilmiştir. Kirli beyaz, sarımsı ve krem renkli kireçtaşı birimi, seyrek kiltaşı bantlı, yer yer çörtlü ve erime boşluklu, genellikle mikritik ve masiv kireçtaşlarından meydana gelir. Kireçtaşları özellikle cevher zonunun alt ve üst bölümünde yaklaşık 70 cm ile 9,20 m kalınlıklarında ölçülmüştür. Kireçtaşı içerisinde gözlenen çatlak-kırık sistemleri ve erime boşlukları içerisinde çok ince cevher zonları belirlenmiştir. Kiltaşı birimi, yeşil, siyah ve grimsi renklerde gözlenir. Kiltaşı seviyeleri masiv ve kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı ile ardalanmalı olarak gözlenir. Tabandan tavana kadar mm’den m kalınlığına kadar gözlenirler. Bazı bölümlerde yer yer karbonat benekleri içerirler. Kireçtaşı ve kiltaşı birimleri genellikle istif boyunca ardalanmalı olarak gözlenmiştir (Şekil 2.7). Birimlerin ardalanmalı kalınlığı 50 cm–24,40 m arasında değişmektedir. Birimlerin aralarında yer alan ince laminasyon seviyeleri içerisinde kuruma çatlakları tespit edilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.7 a ve b. BMK-1 Sondajı 232,25 m ve 230,50 m aralığında belirlenen çok ince laminasyonlu kireçtaşı-kiltaşı ardalanması (Koordinat: 4373077/0256192).



Şekil 2.8 a ve b. BMK-1 Sondajı 230,50 m ve 229,34 m aralığında belinen kireçtaşı-kiltaşı ardalanması sırasında göl suyundaki azalma sonucunda oluşan kuruma çatlakları (Koordinat: 4373077/0256192,).

İgnimbirit: BMK-1 ve BMK-2 Sondajlarında belirlenen birimin kalınlığı 44,85 m ile 197,05 m aralığında değişmektedir. BMK-1 Sondajında belirlenen ignimbirit Yalçın (1988)'e göre Sarıkaya Formasyonu içerisinde, Gök ve diğer. (1980)' e göre birim Göcenoluk Formasyonu içerisinde korale edilmiştir. BMK-2 Sondajında 657,25 m ile 523,45 m aralığında ignimbirit birimi Gök ve diğer. (1980)' göre Göcenoluk Formasyonu Lütfiye tüfitine korale edilmiştir. Birim grimsi ve boz renklidir. Birim içerisinde yer yer çakıllı seviyeler gözlenmektedir. Altere olmuş olan kısımlar yeşilimsi renkte dağılgan özellikte gözlenmiştir. Farklı tane boyutlarında ve farklı türde mineralleri, volkanik malzemeleri ve detritik malzemeleri içermektedirler. 6,10 m ile 57,70 m arasında kalınlıkları değişmektedir. Tüf

seviyeleri içerisinde kloritleşmeler dikkat çekmektedir. Birim içerisinde gözlenen çakıllar genellikle karbonat kökenli olup aralarda yan kayaç, magmatik ve metamorfik kökenli tanelerde gözlenmiştir.

2.2.4 Karaören Formasyonu

Miyosen yaşlı Karaören formasyonu İkizoluk ve Salihye köyleri arasında kalan Salihye kireçtaşı ve Zahrandere travertenini üzerinde killeşmiş karbonatlaşmış tuf seviyeleri, kaba taneli tüfler ve tüfler içinde kilitaşı, kireçtaşı ve opal aralanmasından oluşmaktadır (Gök ve diğer., 1980). Karaören formasyonunun kalınlığı Etibank tarafından yapılan sondajlarda 200 m olarak belirlenmiştir.

Yalçın (1988)'e göre Karaören formasyonu istifin ilk volkanosedimenter birimidir ve formasyon karasal kırıntılı, karbonatlı ve silisli kayaç arakatkıları içeren gölssel fasiyeste gelişmiş riyolitik tüfler ile temsil edilmektedir.

2.2.5 Kocalandere Formasyonu

Birim doğuda Göcenoluk, batıda temel kayaçlar, güneyde Karaören formasyonu üzerinde yer almaktadır. Pliyosen yaşlı birim Kırka formasyonu ile aynı zamanda ve aynı şartlarda çökelmiştir. Birim pomza parçaları, karbonatlaşmış tüfit, tüflü ve kuvars kumlu kireçtaşı ve konglomera tabakalarının aralanmasından meydana gelmiştir. Formasyonun kalınlığı 50–60 m'dir.

2.2.6 Kırka Formasyonu

İnceleme alanındaki Neojen Çökelleri'nin en genç birimi Kırka formasyonudur. Pliyosen yaşlı Kırka formasyonu çalışma alanda Salihye ve Lepçekdere formasyonlarını uyumsuz olarak üzerlemektedir. Kırka formasyonunun alt seviyeleri

Karaören formasyonunun volkanitlerinden türeme tuf, çakıl ve molozlarından, killeşmiş ve karbonatlaşmış tüfit tabakalarından oluşmaktadır. İstifin en üst bölümü ise diğer volkanik birimlerden türeme piroklastik malzemeden meydana gelen konglomera ve tüfit seviyelerinin kil, opal ve marnlı kalkere dönüşümü ile formasyonu tamamlamaktadır. Etibank tarafından yapılmış olan sondajlarda Kırka Formasyonu'nun 125-130 m. kalınlıkta olduğu belirlenmiştir.

Gök ve diğer. (1980)'nin Kocalandere formasyonu ve Kırka formasyonu olarak ayırdığı üyeleri Yalçın (1988), Fetiye formasyonu olarak isimlendirmiştir. Yalçın (1988)'e göre formasyonun alt bölümünün hemen hemen tamamını Karaören formasyonunun karasal tüflerine ait silt-kum boyutunda parçalar, üst seviyesini ise Sarıkaya formasyonunun kireçtaşı ve çört ile temsil edilen çakıltaşlarından oluşmaktadır.

2.4 Göcenoluk-Kırka Bölgesinin Sondaj Verileri

2.4.1 BMK-1 Sondajı Verileri

BMK-1 sondajı yüzeyden başlayıp 1054,25 m derinliğe kadar ulaşan bir sondajdır (Şekil 2.9). İstif alttan üste doğru incelendiğinde 1054,25 m'den 905,50 m'ye kadar yaklaşık olarak 149 m kalınlığında kıltaşı-kireçtaşı ve cevher zonu araldanması gözlenmektedir. Kıltaşı seviyeleri bazı yerlerde çok ince laminalı siyah renklidir (2-3 mm). Kıltaşı-kireçtaşı araldanmasının kalınlığı 60 cm ile 7,50 m arasında değişmektedir. Bazı kıltaşı-kireçtaşı seviyeleri arasında çok ince cevher zonları (kolemanit ve üleksit seviyeleri) gözlenir. Cevher zonunun kalınlığı 25 cm ile 14 m arasında değişmektedir. Bu zonlanmalar içerisinde masiv kolemanit seviyeleri ve boraks, kernit? ve üleksit mineralleri gözlenmektedir. Boraks minerali yüzey koşullarına dayanıklı olmadığı için ilksel kristal yapısında gözlenememiştir ve erimiş bir şekilde gözlenmiştir. 905,50 m ile 803,00 m seviyeleri arasında ince laminalı kıltaşı-karbonat araldanması, tuf seviyeleri, karbonat seviyesi (çört) ve volkanik breş seviyeleri gözlenir. Kıltaşı-karbonat seviyelerinin kalınlığı 65 cm ile 4,30 m arasında

değişmektedir. Tüf seviyesinin kalınlığı 6,15 m ile 57,70 m arasında değişmektedir. Tüf seviyeleri içerisinde yer yer kloritleşme gözlenir ve seviyeler iri çakıllı düzeyler (yan kayaçtan) içermektedir. Karbonat seviyesinin kalınlığı 70 cm' dir. Volkanik breş seviyesinin kalınlığı en az 12,50 cm en fazla ise 14,90 m olarak gözlenmektedir. Yaklaşık 102,50 m kalınlıktaki istifin içerisinde masiv cevher zonu gözlenmemektedir. Cevher minerali sadece ince kilaşı-karbonat seviyeleri içerisinde bozunmuş olarak gözlenmiştir. 803,00 ile 696,85 m arasında kilaşı-karbonat ardalanmaları, marn-kilaşı ardalanması, volkanik malzeme ve cevher zonları gözlenmektedir. Gri renkli kilaşı-karbonat ardalanmalarının kalınlıkları 50 cm ile 16,90 m arasında değişmektedir. Bu ardalanmalar içerisindeki bazı seviyelerde çatlak ve boşluklarda yer yer cevher mineralleri gözlenmektedir. Bazı seviyelerde ise cevher mineralleri gözlenmemiştir. Marn-kilaşı ardalanmasının kalınlığı 1,80 cm ile 7,90 m arasında değişmektedir. Bu ardalanmalar içerisinde yer yer ince bantlı ve nodüler kolemanit mineralleri gözlenmiştir. Cevher zonunun kalınlığı ise 1,40 cm ile 4,65 m arasında değişmektedir ve bu seviye içerisinde en yoğun cevherin gözlendiği aralık 776,90–780,60 m arasındır. 696,85 m ile 626,00 m arasında koyu renkli ince lamine kilaşı-karbonat ardalanması ve cevher zonu gözlenmektedir. Kilaşı-karbonat ardalanmasının kalınlığı 60 cm ile 1,25 m arasında değişmektedir. Cevher zonunun kalınlığı ise 1,85 m'dir. 626,00 m ile 403,00 m arasında marn, kilaşı-marn ardalanması, marn-karbonat ardalanması, altere volkanik malzemeler ve kilaşı-karbonat ardalanması gözlenir. Marn seviyesi 5,10 m kalınlığında gözlenir. Kilaşı-marn ardalanmasının kalınlığı 10,60 m, marn-karbonat ardalanmasının kalınlığı ise 9,20 m olarak gözlenmektedir. Kilaşı-karbonat ardalanmasının kalınlığı ise 2,30 m ile 24,40 m arasında değişmektedir. Kilaşı-karbonat ardalanması karstik boşluklar ve koyu gri renkli ince laminasyonlu kilaşı-silttaşı ve ince laminasyonlu marn (1 mm–2 cm kalınlığında) ardalanması içerirler. Bu metreler arasında derine doğru gidildiğinde karbonat laminasyonları ve bu laminasyonlar içerisindeki çört tanelerinin arttığı gözlenmektedir. Altere volkanik malzeme 6,70 m kalınlığındadır. Altere olmuş gri renkli silttaşı, kilaşı ve kumtaşından oluşmaktadır. Derine doğru gidildiğinde kumlu malzeme artmaktadır. Kumlu malzeme 470,40–463,35 m aralığında gözlenmiştir. 403,00 m ile 436,60 m arasında bitki izleri gözlenmiştir (Şekil 2.6). Bu metreler arasında cevher mineralleri gözlenmemiştir. 403,00 m ile

254,30 m arasında siyah renkli yer yer gri–yeşil renkli kıltaşı–silttaşı ardalanması, marn ve karbonat ardalanması gözlenmektedir. Siyah renkli ve gri–yeşil renkli kıltaşı–silttaşı ardalanması çok ince laminasyon göstermektedir (Şekil 2.7) ve genellikle karbonat ve marn seviyeleri içerisinde 1–2 mm’den 1–2 cm aralığında laminasyonlu yapıda gözlenmektedirler. Marn seviyelerinin kalınlığı 2,90–4,30 m aralığında değişmektedir. Marn seviyeleri yer yer masiv olarak yer yer ise diğer kıltaşı–silttaşı ve karbonat seviyelerinle ardalanmalı olarak gözlenirler. Karbonat seviyelerinin kalınlığı 10–20 cm aralığında değişmektedir. 289,00–302,00 m aralığında yer yer aşırı sellenme ile karbonat seviyelerinde artışlar gözlenmiştir ve pellet içeren kıltaşı–silttaşı ardalanması tespit edilmiştir. 308,80–314,00 m aralığında yine sellenmeyle oluşmuş intraformasyonel çakıltaşı seviyeleri (~60 cm ulaşan düzeylerde) marn–silttaşı birimi içerisinde gözlenmiştir. 254,30–101,80 m aralığında karbonat, marn, kıltaşı, kıltaşı–marn ardalanması, ve altere volkanik malzeme gözlenmektedir. Karbonat seviyelerinin kalınlığı 0,90–5,60 m aralığında değişmektedir. Karbonat seviyeleri içerisinde çok ince laminasyonlu marn ve siyah renkli silt ve kil seviyeleri gözlenmektedir. Bu laminasyonlar içerisinde kuruma çatlakları belirlenmiştir. Kuruma çatlakları dönem dönem su seviyesinin çekildiğini ve gölün kurumuş olduğunu göstermektedir (Şekil 2.8). Marn seviyelerinin kalınlığı 0,20–11,00 m aralığında değişmektedir. Kıltaşı seviyelerinin kalınlığı 0,30–0,45 m aralığında değişmektedir. Kıltaşı–marn ardalanması kalınlığı 0,60–4,40 m aralığında değişmektedir. Bu seviyelerin içerisinde yer yer ince karbonat laminasyonları tespit edilmiştir. Altere volkanik malzemeler kıltaşı ve marn seviyelerinin aralarında gözlenmiştir. Volkanik malzeme yeşilimsi renkli silt, kil ve çakıl boyutunda ki bileşimden oluşmuştur. 0,30–1,15 m kalınlığında gözlenmiştir. 101,80–50,40 m aralığında çakıltaşı, kumtaşı, killi silttaşı–kumtaşı ardalanması gözlenmektedir. Çakıltaşı seviyelerinin kalınlığı 0,50–4,65 m aralığında değişmektedir. Çakılların boyları 0,50 cm–20 cm aralığında değişmektedir ve çakılların bileşimi karbonattır. Kumtaşı seviyelerinin kalınlığı 0,20–7,45 m aralığında değişmektedir. Killi silttaşı–kumtaşı ardalanmasının kalınlığı 1,55–19,30 m aralığında değişmektedir. 50,40–0,00 m aralığında ki seviye tamamen siltli–kumlu–killi–çakıllı gevşek malzemeden oluşmuştur. Bu gevşek malzemenin dere yatağından geldiği düşünülmektedir. Malzemenin içerisindeki kum boyutları en fazla 3 mm olarak belirlenmiştir.

BMK-1 SONDAJ		
Pafta No: J24-b4 X: 4373077 Y: 0256192		
SONDAJ DERİNLİĞİ	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK AÇIKLAMALAR
		Çamurtaşı - Kumtaşı - Çakıltaşı: Egemen olarak sarı krem renkli çamurtaşından oluşur. Kumtaşı ve çakıltaşı düzeyleri aynı çamur matrisle tutturulmuştur. Çoğunlukla kuvars, pomza ve biyotit taneleri içerir. Genelde zayıf tutturulmuştur.
123,55		Kireçtaşı - Dolomitik Kireçtaşı - Çamurtaşı - Kumtaşı - Kilitaşı: İnce-orta, kalın-çok kalın katman kalınlıklarında ardalanırlar. Kireçtaşları krem,sarımsı krem renkli, mikritik dokulu,yer yer gözenekli,yer yer çörtlü ve seyrek kilitaşı lamina ara seviyeli. Dolomitik kireçtaşları beyazımsı açık krem renkli ve volkanojenik kırıntılıdır. Kumtaşı düzeyleri sarımsı ve koyu gri - yeşilimsi gri renklerle izlenir. Kilitaşı, yeşil - grimsi yeşil renklerde ve yer yer karbonat beneklidir.
271,25		Dolomitik Kireçtaşı - Kilitaşı - Kumtaşı: Egemen lamine dolomitik kireçtaşı - kilitaşı ardalanmasından oluşan düzey metrik kalınlıklarda yeşilimsi gri-gri renkli kumtaşı ara seviyeleri ile dolomitik kireçtaşı-kireçtaşı ara düzeyleri kapsar.
347,00		Karbonatlı Çamurtaşı - Dolomitik Kireçtaşı/Kireçtaşı: Soluk krem yer yer grimsi krem renkli karbonatlı çamurtaşları metrik kalınlıklarla dolomitik kireçtaşı/kireçtaşı düzeyleri ardalanır. Kireçtaşı düzeyleri lamina kalınlığında kilitaşı ara seviyeleri içerir.
403,70		Dolomitik Kireçtaşı/Dolomit - Kireçtaşı - Kilitaşı: Lamina kalınlığında ardalanırlar. Düzey yer yer slumpı ve yer yer ondülasyonludur. Kireçtaşı - dolomitik kireçtaşı/dolomit seviyeleri oransal olarak değişkenlik gösterirler.
463,35		Kumtaşı: Gri - koyu gri yer yer yeşilimsi renklidir. İnce-orta-kaba tane boyulu
470,40		Dolomitik Kireçtaşı/Kireçtaşı-Kilitaşı: Lamina kalınlığında ardalanırlar.Dolomitik Kireçtaşı/kireçtaşı seviyeleri yer yer masif ara düzeyler oluşturur. Düzey ayrıca kumtaşı ara seviyeleri kapsar.
626,00		Kireçtaşı - Kilitaşı: Lamina kalınlığında ardalanırlar. Düzey yer yer slumpı ve çörtlüdür.
696,75		Cevher Zonu: Cevher kireçtaşı/dolomitik kireçtaşı-kilitaşı lamina ara seviyeli, yer yer bu seviyelerle ardalanmalıdır. Steril ara düzeyler kapsar.
804,40		Kireçtaşı - Kilitaşı: Lamina kalınlığında ardalanırlar.
808,65		Proklastik (ignimbilit)
873,20		Kireçtaşı - Kilitaşı: Lamina kalınlığında ardalanırlar.
873,80		Çakıllı Kilitaşı/Çamurtaşı: Soluk yeşil yeşilimsi gri renkli kilitaşı/çamurtaşı mm ve cm'lik havza içi kireçtaşı çakılları
903,20		Kireçtaşı - Kilitaşı: Lamina kalınlığında ardalanırlar.
904,85		Cevher Zonu: Yer yer kireçtaşı/dolomitik kireçtaşı-kilitaşı lamina ara seviyeleri kapsar. Steril ara düzeyler azdır.
1054,95		Ölçeksiz

Şekil 2.9 MTA BMK-1 no'lu sondaj kuyusuna ait stratigrafik kolon kesit.

2.4.2 BMK-2 Sondajı Verileri

BMK-2 sondajı yüzeyden başlayıp 1101,00 m derinliğe kadar ulaşan bir sondajdır (Şekil 2.10). İstif alttan üste doğru incelenmeye başlandığı zaman 1101,00 m'den 1086,30 m'ye kadar gri renkli rekristalize kireçtaşı gözlenmektedir. 1086,30 m'den 1041,30 m'ye kadar volkanik breş, breşik malzeme ve bazalt gözlenmektedir. Breşik malzeme ~10 m kalınlığında gözlenmiştir. 1041,30 m ile 1026,85 m arasında volkanik kökenli matriks içinde kireçtaşı ve volkanik çakılları gözlenmektedir. 1041,30 m ile 1026,85 m arasında çakıllı seviyesi gözlenmiştir. Çakıllar volkanik kökenli olarak gözlenmiştir. 1041,30 m çakıllıya geçiş zonedir. 1026,85-982,00 m ignimbirit seviyesidir. 1026,85 m ignimbirite geçiş zonedir. 982,00-958,80 metreleri arasında çakıllı kireçtaşı ve piroklastik akma birimi (breşik malzeme) gözlenmektedir. 958,80 m ile 922,30 m arasında siyah renkli karstik boşluklu bazalt birimi gözlenmektedir. Bu birim içerisinde ikincil pirit veya kalkopirit yapıları gözlenmiştir. 922,25-915,80 m aralığında bazalttan ignimbirite geçiş gözlenmiştir. 915,80 m ile 701,55 m arasında grimsi boz renkli yer yer çakıllı ignimbirit seviyeleri ve yaklaşık 23 m kalınlığında kireçtaşı-kiltaşı seviyesi ve yaklaşık 2 m kalınlığında çamurtaşı seviyesi gözlenmektedir. 701,55 m cevhere giriş metresidir. 701,55 m ile 672,20 metreler arasında masiv cevher mineralleri ve kiltaşı-karbonat ardalanması arasında ince bantlı cevher mineralleri gözlenmektedir. Masiv cevher kalınlığı 2,30 m olarak belirlenmiştir. 672,20 m ile 657,25 m arasında kireçtaşı-kiltaşı ardalanması gözlenmektedir. 657,25 m ile 639,50 m arasında tekrar ignimbirit birimi gözlenmektedir. 639,50 m ile 581,00 m arasında kireçtaşı- çakıllı çamurtaşı-kumtaşı birimi gözlenmektedir. Volkanik kökenli matriks içerisinde kireçtaşı çakılları gözlenmiştir (piroklastik akma birimi). 581,00 m ile 523,45 m arasında grimsi boz renkli yer yer çakıllı ignimbirit seviyeleri gözlenmektedir. 523,45 m ile 519,80 m arasında ince laminalı kiltaşı-kireçtaşı ardalanması gözlenmektedir. 519,80 m ile 415,40 m arasında tekrar cevher zonu gözlenmektedir. Cevher zonu içerisinde yer yer ince laminasyonlu kiltaşı-karbonat ardalanması belirlenmiştir. 447,10-446,80 m aralığında boraks zonuna rastlanmıştır. Diğer seviyelerin tamamını üleksit ve kolemanit cevherlerinden oluşmuştur. 415,40 m ile 180,00 m arasında kireçtaşı-kiltaşı ardalanması gözlenmektedir. 180,00 m ile 174,60 m arasında masiv kolemanit

ve üleksit cevher zonu gözlenmektedir. Cevher zonunun içerisinde yer yer karbonat-kiltaşı aralanması gözlenmiştir. 174,60–0,00 m arası ise kirli beyaz renkli, erime boşluklu yer yer çört ara seviyeli, seyrek kiltası bantlı

BMK-2 SONDAJI		
Pafta No: J24-b3 X: 4374240 Y: 0258826		
SONDAJ DERİNLİĞİ	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK AÇIKLAMALAR
174,60		Kireçtaşı: Kirli beyaz renkli, erime boşluklu, yer yer çört ara seviyeli, seyrek kiltası bantlı
179,00		II. CEVHER ZONU-KOLEMANİT: 4.40M
415,40		Kireçtaşı - Kiltası
519,80		III. CEVHER ZONU-ÜLEKSİT-PROBERTİT-BORAKS: 104.40M
523,45		Kireçtaşı
581,00		İgnimbirit: Grimsi - boz renkli, yer yer çakıllı
639,50		Kireçtaşı çakıllı çamurtaşı - kumtaşı: Volkanik kökenli matris içinde kireçtaşı çakıllı piroklastik akma birimi
657,25		İgnimbirit
672,20		Kireçtaşı - kiltası
701,55		IV. CEVHER ZONU-ÜLEKSİT-PROBERTİT-BORAKS: 29.35
725,25		Kireçtaşı - kiltası
922,30		İgnimbirit
958,80		Bazalt: Siyah renkli, boşluklar kalsit dolgulu
982,00		Kireçtaşı çakıllı çamurtaşı-kumtaşı: Volkanik kökenli matris içinde kireçtaşı çakıllı piroklastik akma birimi
1026,85		İgnimbirit
1041,30		Çakıltası: Volkanik kökenli matris içinde kireçtaşı ve volkanik çakıllı
1088,75		Bazalt: Koyu gri renkli, çatlakları yoğun kalsit dolgulu
1101,00		Kireçtaşı: Gri renkli, kristalize, mermerleşmiş
	KUYU TABANI	Ölçeksiz

Şekil 2.10 MTA BMK-2 no'lu sondaj kuyusuna ait stratigrafik kolon kesit.

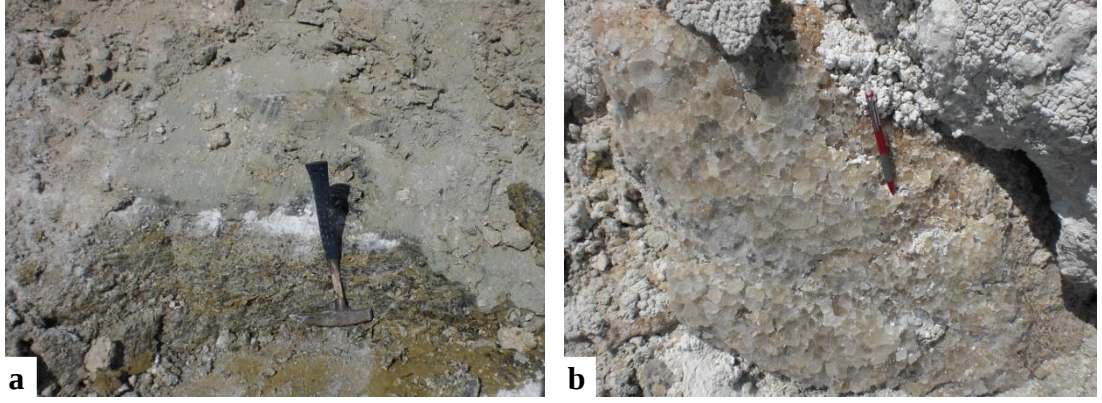
BÖLÜM ÜÇ

MİNERALOGİ – PETROGRAFİ

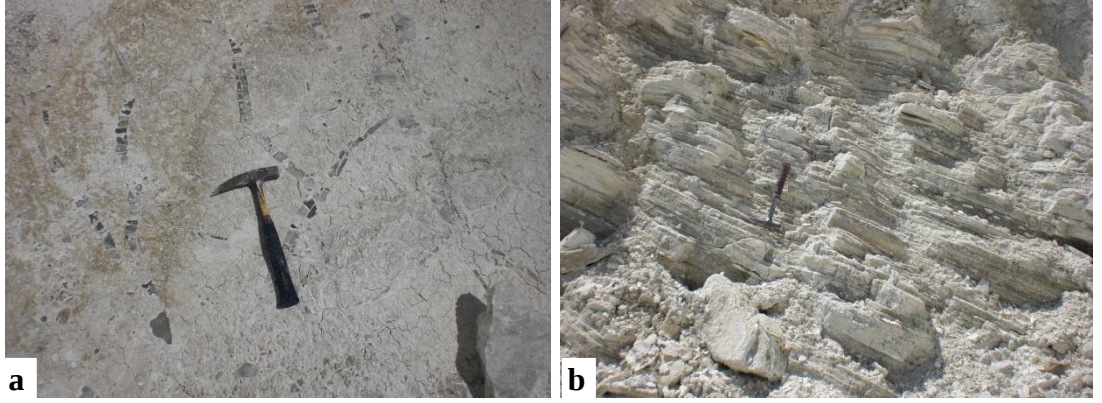
3.1 Göcenoluk (Kırka) Borat Minerallerinin Mineralojisi ve Petrografisi

Arazi gözlemleri ve laboratuvarında yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler ve ayrıca X-Ray analiz yöntemi ile yapılan çalışmalar sonucunda borat minerallerinin yapı ve doku özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen borat mineralleri boraks, tinkalkonit, kernit, kolemanit, üleksit ve probertittir. Ayrıca borat olmayan minerallerde tespit edilmiştir. Bunlar kil mineralleri ve dolomit mineralidir . Sondaj örnekleri üzerinde yapılan incelemeler sonucunda derinliğe bağlı olarak borat minerallerinin değişimleri belirlenmiştir. BMK-1 sondajında incelenen örneklerde tabandan itibaren çökelim sırası; Na-Ca borat ile başlar borat ve Na-Ca borat birlikteliği ile devam eder ve aralarda ince Na borat bantları gözlenir ve üst kesimlerde Ca borat seviyesi ile sonlanır. İncelenen BMK-2 örneklerinde tabandan itibaren çökelim sırası Ca borat ile başlar aralarda Na-Ca borat gözlenmesine rağmen baskın Ca borat ile devam eder ve üst kesimlerde ince seviyeler şeklinde Na-borat, Na-Ca borat gözlenmesine rağmen Ca oranının baskınlığı dikkat çekmedir. Cevher zonu Ca borat seviyesi ile sonlanır.

Boraks (Na borat minerali); boraks minerali breşimsi, bantlı ve camsı dokular şeklinde gözlenmiştir. Kristaller masiv, karbonat ve killi seviyeler ile aralanmalı olarak, kırık ve çatlak sistemleri içerisinde belirlenmiştir. Borakslar renksiz veya içerdikleri elementlere bağlı olarak yeşil (Şekil 3.1a) veya balmumu rengindedir (Şekil 3.1b). Camsı borakslar kırık ve çatlak sistemleri içerisinde dolgu şeklinde gözlenirler (Şekil 3.2a). Boraks minerali kıltaşı-marn birimi içerisinde öz şekilli-yarı özşekilli yapı, 1-15 cm kalınlığında gözlenmiştir (Şekil 3.2b).

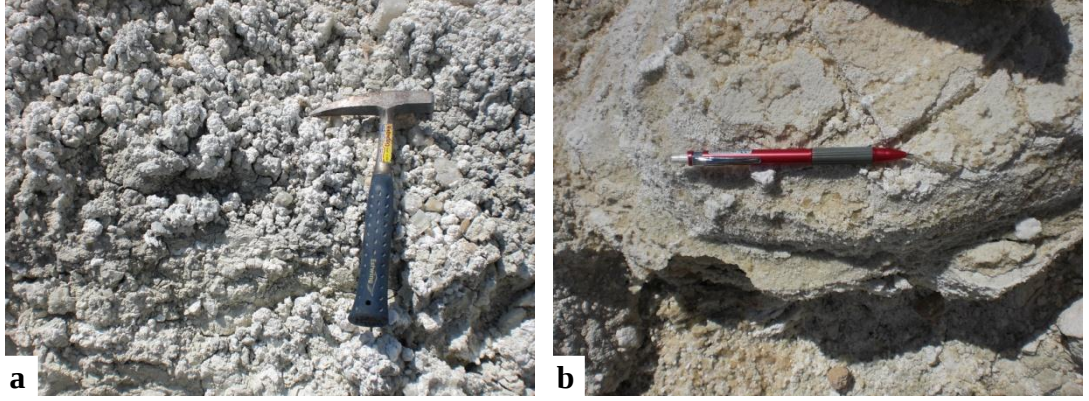


Şekil 3.1 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında gözlenen boraks minerali. a) Yeşilimsi renkli boraks, b) Balmumu renkli boraks kristalleri (Koordinat: 282812/4353194, Örnek No: 11.512).

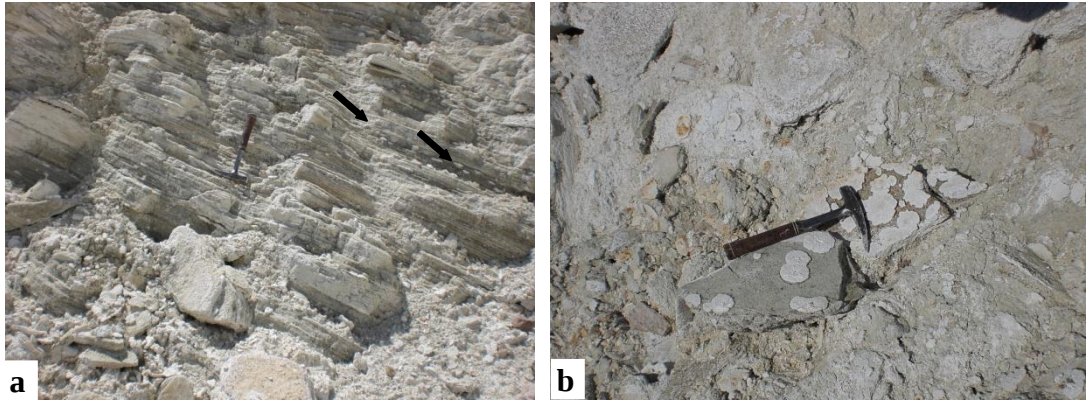


Şekil 3.2 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında gözlenen boraks minerali. a) Çatlak sistemlerinde camısı boraks (Koordinat: 282894/4352994, Örnek No: 11.513), b) Kiltası seviyesi ile ardalı boraks minerali (Koordinat: 282812/4353194)

Üleksit (Na-Ca borat minerali); üleksit kristalleri beyaz renkli ve karnabahar şeklinde (Şekil 3.3 a ve b), boraks seviyeleri ve kiltası-marn biriminin üzerinde nodüler-ışınsal şekilde büyüdüğü (Şekil 3.4 a ve b) ve ipeğimsi (lifsi doku) yapıda olduğu belirlenmişlerdir. Nodüllerin çapları 3-8 cm aralığında değişmektedir. İpeğimsi (lifsi) doku özelliği gösteren kristaller daha fazla çatlak sistemleri içerisinde belirlenmiştir.



Şekil 3.3 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında görüntülenen üleksit minerali. a ve b) Karnıbahar yapısındaki üleksit minerali (Koordinat: 282812/4353194, Örnek No: 11.511).



Şekil 3.4 Eskişehir-Kırka Etibor Maden İşletmeleri açık ocağında görüntülenen nodüler üleksit minerali. a) Boraks ve kıltaşı-marn birimi içerisindeki çatlak dolgusunda gelişmiş nodüler üleksit, b) Boraks seviyesinin üzerinde büyüyen nodüler yapıda üleksit. Siyah ok: Üleksit nodülleri (Koordinat: 282812/4353194, Örnek No: 11.511)

Kolemanit (Ca borat minerali); kolemanit mineralleri beyaz renkli, iğnemsî (lifsi), ışınal ve masiv yapıda gözlenmiştir. Kolemanit minerali kıltaşı-marn ardalanması ve üleksit minerali ile sahanın bazı yerlerinde yanal geçişli gözlenmiştir. Kalınlıkları değişken olan mineralin masiv kalınlığı 10 cm, ardalanmalı kalınlığının ise yaklaşık 30 cm olduğu ölçülmüştür.

3.2 Borat Minerallerinin Mikroskop Verileri

Araziden alınan örneklerin ince kesitleri yapılmıştır ve kesitlerin üzerinden mineralojik incelemeler gerçekleştirilmiştir. İnce kesit görüntülerinde belirlenen mineraller ve metreleri aşağıdaki tablo sunulmaktadır (Tablo 3.1). Kesit incelemeleri ve fotoğraflar görüntüleri tabandan tavana doğru sistematik incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

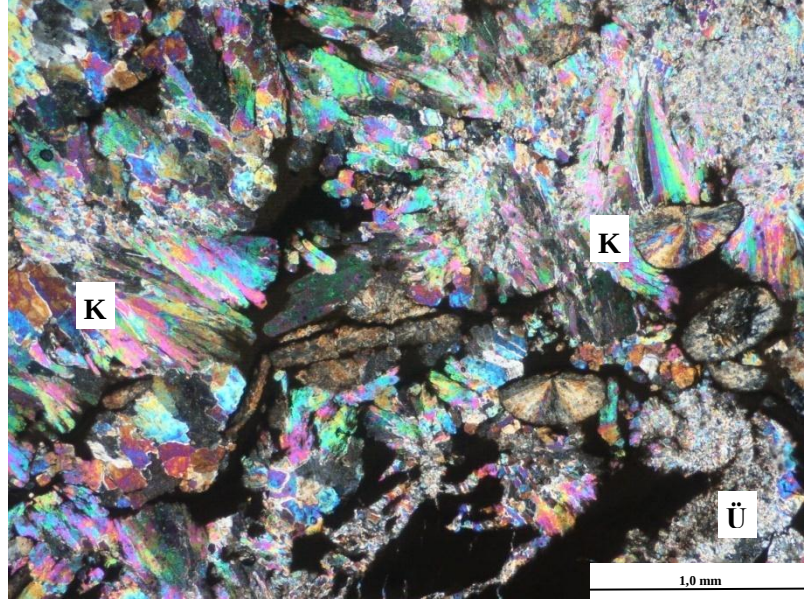
3.2.1 BMK-1 Sondajı İnce Kesit Verileri (1031,80-791,20 m)

BMK-1 sondajından alınan örneklerin ince kesit görüntülerinde üleksit ve kolemanit borat mineralleri ayrıca lütitik oluşumlar ve kalsit minerali belirlenmiştir. Kolemanit kristalleri ışınsal (Şekil 3.5), lütitik seviyeler içerisinde nodüler yapıda (Şekil 3.6) ve köşeli kristaller şeklinde gözlenmiş olup (Şekil 3.7), çift nikolde canlı girişim renklerine sahiptir. Lütitik seviye, çift nikolde siyah renkli olarak belirlenmiş oluşumlardır. Üleksit kristalleri ipeğimsi yapıda (Şekil 3.8), ışınsal (Şekil 3.10) ve birbiri üzerinde büyümüş çapraz kristaller şeklinde gözlenmiş olup (Şekil 3.11), çift nikolde canlı girişim renklerine sahiptir.

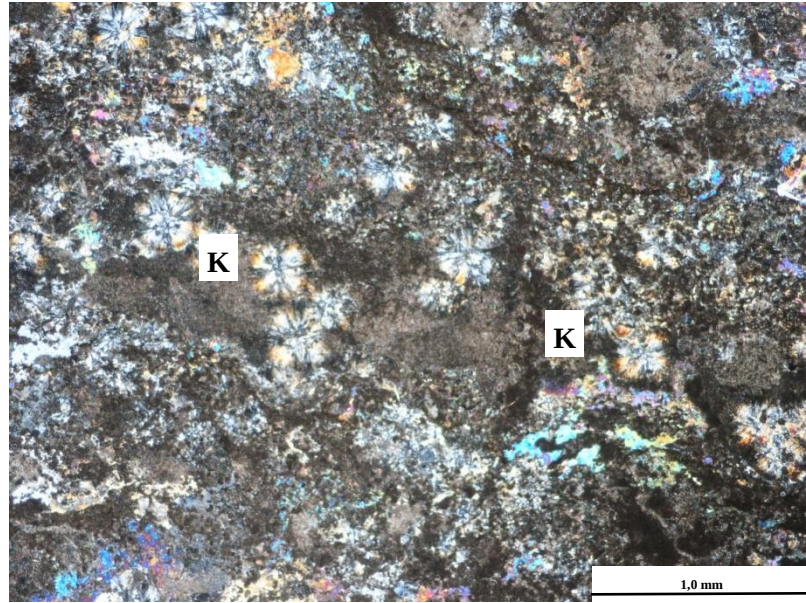
Mikroskop görüntülerinde kesitlerin hemen hemen tamamında kolemanit mineralinin baskın olduğu gözlenmiştir. Cevher zonundan alınan örnekler taban bölümünden tavan bölümüne doğru sistematik olarak incelendiğinde oluşan ilk mineralin üleksit olduğu ve kolemanitin üleksiti ornatarak çökeldiği belirlenmiştir. Lütitik seviyeler ile ardalanmalı olarak gözlenen üleksit kristallerinin lütitik seviyeyi iterek büyüdüğü (büyüme yapıları) ve çökelim devamında üleksit kristallerinin kolemanit kristalleri tarafından ornatılarak ikincil yapıyı oluşturdukları gözlenmiştir. İnce kesit görüntülerinde özellikle 939,85 m’de kolemanit ve üleksit çökelim sırası çok net olarak belirlenmiştir. Çökelim üleksit-kolemanit-lütitik seviye sırası ile başlayıp kolemanit-üleksit-lütitik seviye ve tekrar kolemanit-lütitik seviye ve üleksit şeklinde devam etmiştir (Şekil 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11). Cevher zonunun tavan bölümü kolemanit mineralinin çökelişi ile tamamlanmıştır (Şekil 3.12).

Tablo 3.1 Çalışma alanında borat zonundan alınan örneklerin mineral isimleri ve örneklerin alındıkları metrelerin bilgileri.

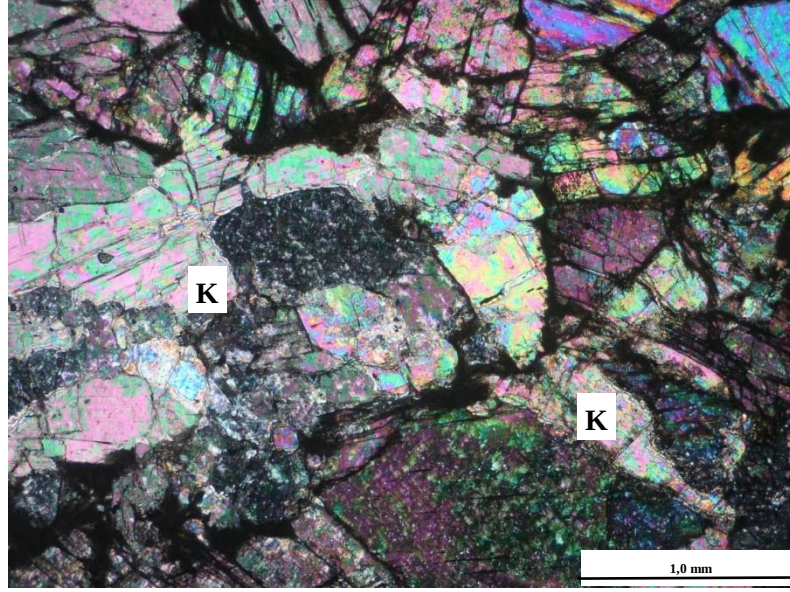
Sondaj Adı	Metre	Örnek No	Mineral Adı
BMK-1	1031,80	8-17	Üleksit-Kolemanit
BMK-1	991,50	8-14	Kolemanit
BMK-1	978,80	8-13	Kolemanit
BMK-1	939,85	8-8	Üleksit-Kolemanit
BMK-1	939,85	8-8	Üleksit-Kolemanit
BMK-1	939,85	8-8	Üleksit-Kolemanit
BMK-1	932,00	8-7	Üleksit
BMK-1	791,20	8-4	Kolemanit
BMK-2	518,60	9-26	Üleksit
BMK-2	518,60	9-26	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	506,70	9-25	Üleksit
BMK-2	500,00	9-23	Boraks
BMK-2	496,30	9-21	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	496,30	9-21	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	489,75	9-19	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	484,90	9-17	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	484,90	9-17	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	479,50	9-15	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	458,40	9-11	Üleksit-Kolemanit
BMK-2	457,40	9-11	Kolemanit
BMK-2	419,90	9-4	Kolemanit



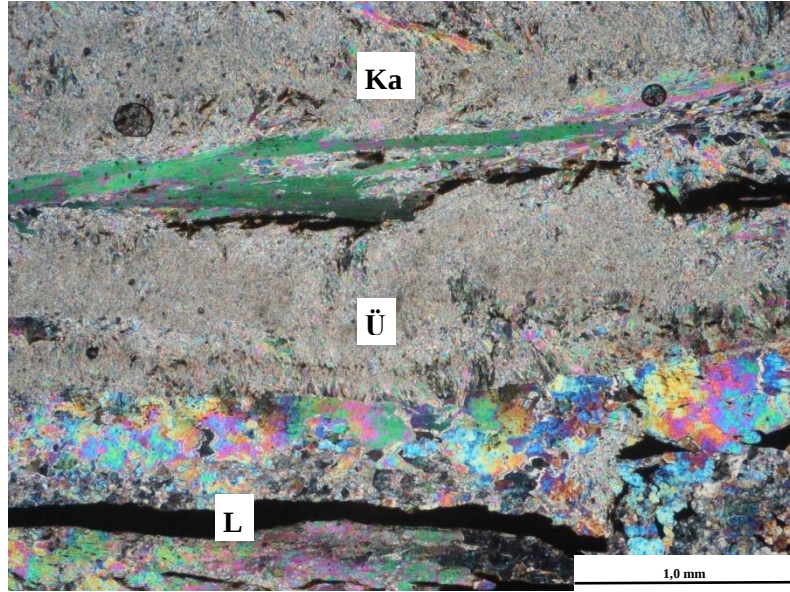
Şekil 3.5 BMK-1 Sondajı 1031,80 m'deki 8-17 numaralı üleksit-kolemanit kristallerine ait ince kesit görüntüsü. Üleksit minerali kolemanit minerali tarafından ornatılmaktadır. Üleksit nodülleri içerisinde kolemanit kristalleri belirlenmiştir (Koordinat: 4373077/0256192) (Çift Nikol:+N).



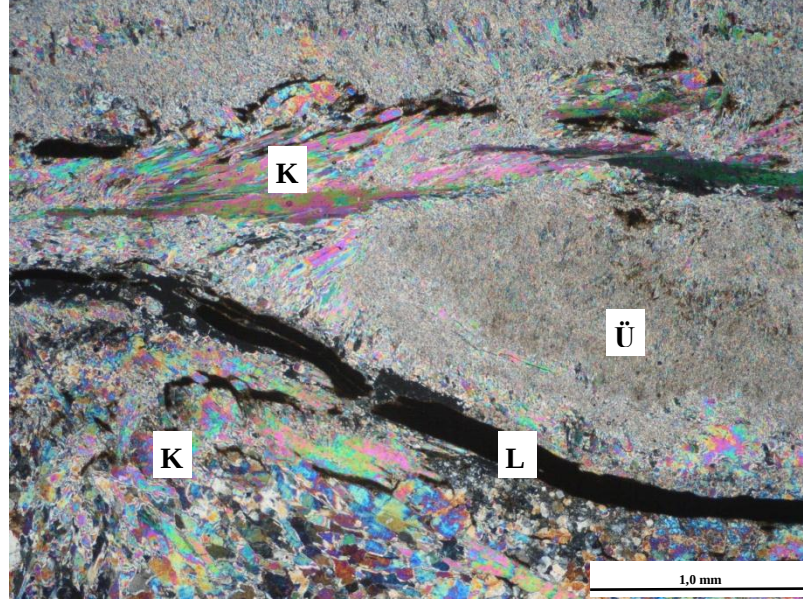
Şekil 3.6 BMK-1 Sondajı 991,50 m'deki 8-14 numaralı kolemanit mineraline ait ince kesit görüntüsü. Lütitik seviyeler içerisindeki ışınal kolemanit kristalleri (Koordinat: 4373077/0256192) (+N).



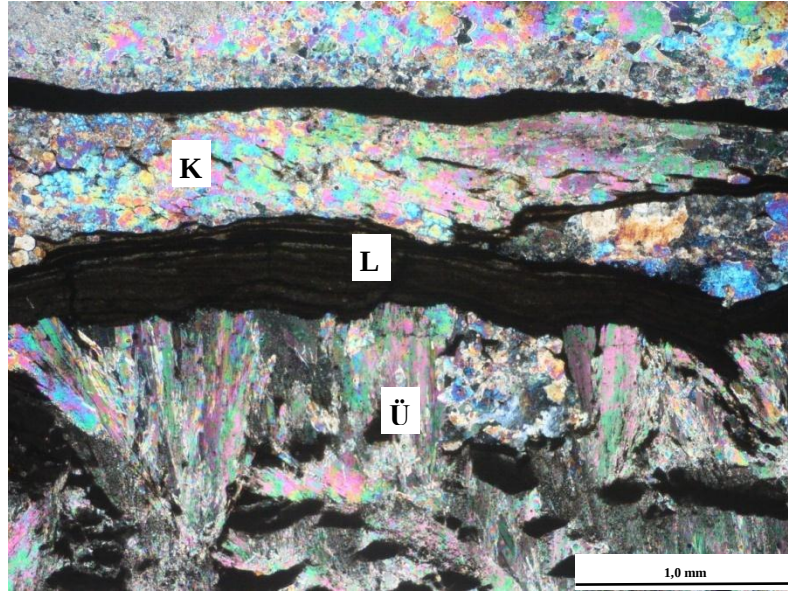
Şekil 3.7 BMK-1 Sondajı 978.80 m'deki 8-13 numaralı kolemanit mineraline ait ince kesit görüntüsü. (Koordinat: 4373077/0256192) (+N).



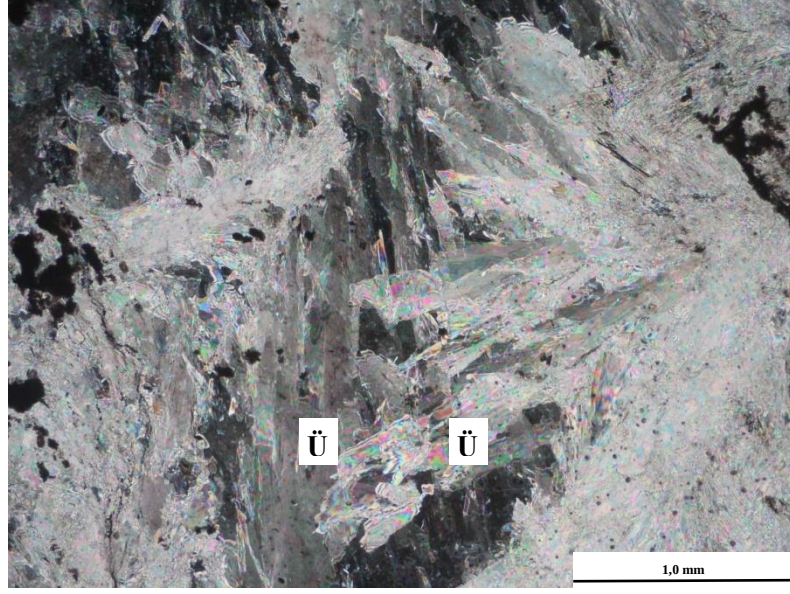
Şekil 3.8 BMK-1 Sondajı 939,85 m'deki 8-8 numaralı üleksit-kolemanit-kalsit minerallerine ait ince kesit görüntüsü. Kolemanit ve kalsit mineralleri tarafından ornatılan üleksit kristalleri. Kolemanit kristalleri kesitin alt bölümündeki üleksit kristallerini ornatmıştır. Kesitin üst bölümünde kolemanit ve kalsit mineralleri gözlenmektedir (Koordinat: 4373077/0256192) (+N).



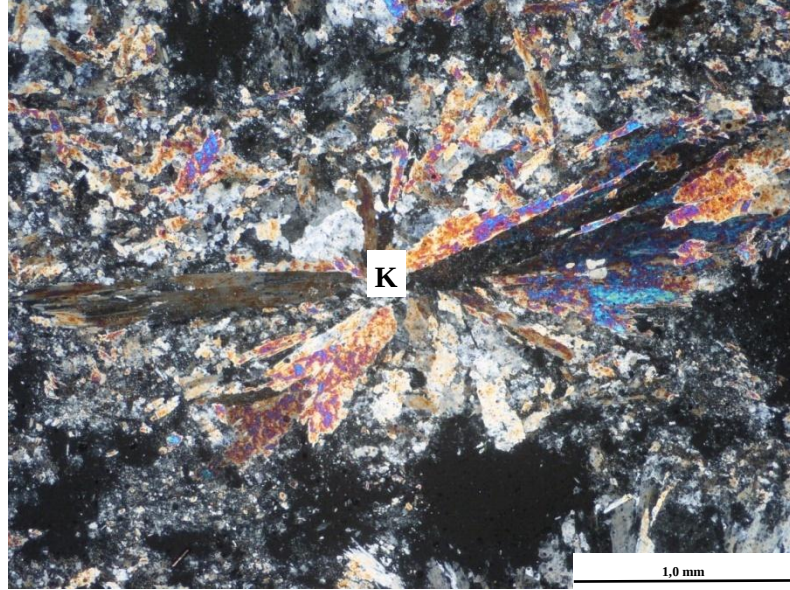
Şekil 3.9 BMK-1 Sondajı 939,85 m'deki 8-8 numaralı üleksit-lütitik seviye-kolemanit ardalanmasına ait ince kesit görüntüsü (Şekil 3.8'in devamı). Işınsal üleksit kristallerinin lütitik seviyeyi iterek oluşturduğu büyüme yapısı. Üleksit mineralini ornatarak oluşmuş kolemanit kristalleri (Koordinat: 4373077/0256192) (+N).



Şekil 3.10 BMK-1 Sondajı 939,85 m'deki 8-8 numaralı lütitik seviye-üleksit-kolemanit minerallerine ait ince kesit görüntüsü (Şekil 3.9'un devamı). Işınsal üleksit kristallerinin lütitik seviyeyi iterek oluşturduğu büyüme yapısı. Üleksiti ornatarak oluşmuş kolemanit kristalleri (Koordinat: 4373077/0256192) (+N).



Şekil 3.11 BMK-1 Sondajı 932.00 m'deki 8-7 numaralı üleksit kristallerinin ince kesit görüntüsü. Birbiri üzerine büyümüş yarı özşekilli üleksit kristalleri (Koordinat: 4373077/0256192) (+N).

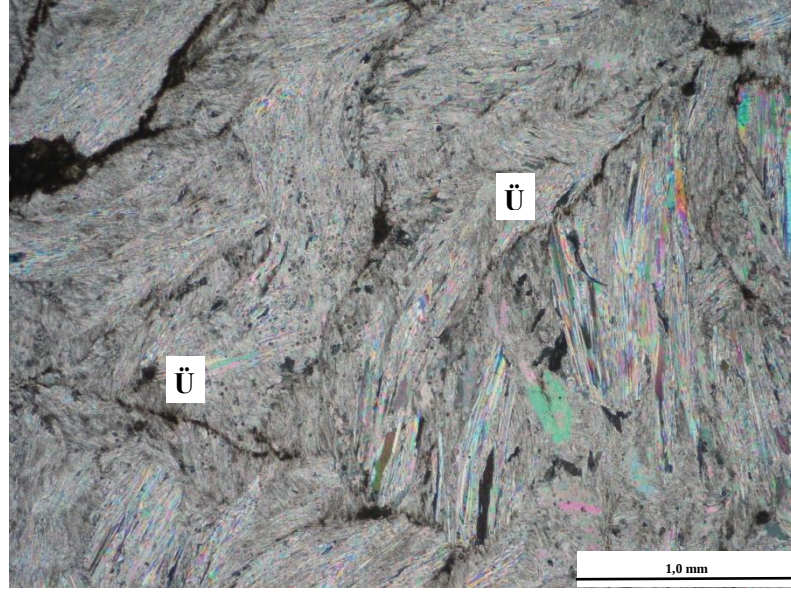


Şekil 3.12 BMK-1 Sondajı 791.20 m'deki 8-4 numaralı kolemanit kristallerinin ince kesit görüntüsü. Işınsal yapıda gözlenen kolemanit kristali (Koordinat: 4373077/0256192) (+N).

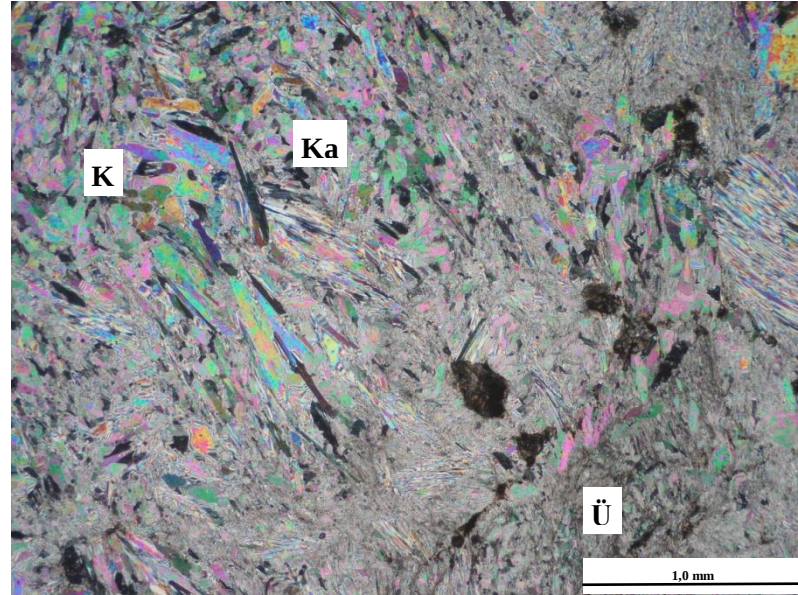
3.2.2 BMK-2 Sondajı İnce Kesit Verileri (518,60-176,30 m)

BMK-2 sondajından alınan örneklerden boraks, üleksit ve kolemanit bor mineralleri, lütitik seviyeler ve kalsit minerali belirlenmiştir. Üleksit kristalleri lifsi (Şekil 3.13) ve nodüler şekilde gözlenmiş olup (Şekil 3.15), çift nikolde canlı girişim renklerine sahiptir. Boraks kristalleri yassı ve köşeli kristal şeklinde, çift nikolde canlı girişim renklerine sahiptir (Şekil 3.16). Kolemanit kristalleri çift nikolde canlı girişim renklerine sahip olup ışınsal (Şekil 3.17), lifsi (Şekil 3.19), kristal (Şekil 3.21) yapısında gözlenmiştir.

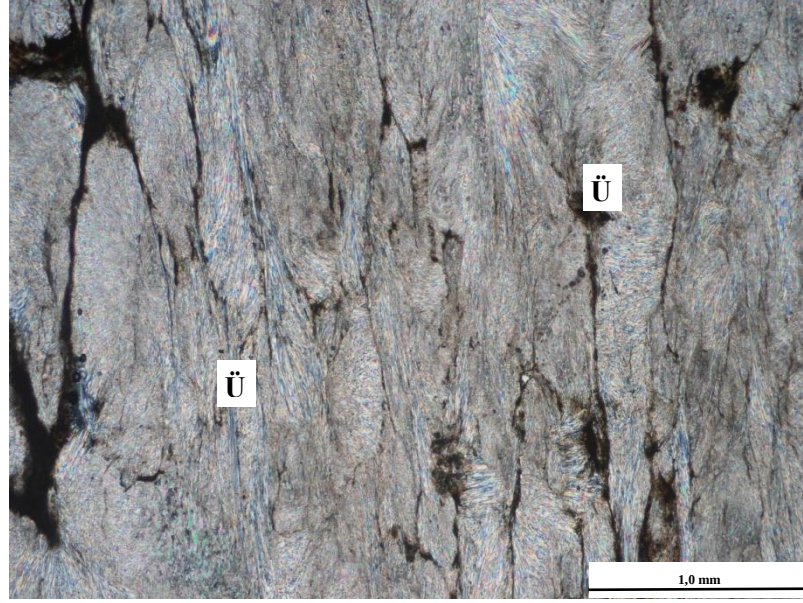
Cevher zonunun taban bölümünde gözlenen ilk mineral üleksittir. Üleksit mineralinin ornatılması ile yerini kolemanit-kalsit minerallerinin aldığı belirlenmiştir (Şekil 3.14). Bu geçişin ardından boraks minerali belirlenmiş ve cevher zonunun tavan bölümüne doğru incelenen diğer ince kesit görüntülerinde üleksit ve kolemanit minerallerinin lütitik seviye ile ardalandığı tespit edilmiştir (Şekil 3.17). Lütitik seviye ile ardalanmalı olarak gözlenen üleksit kristallerinin lütitik seviyeyi iterek büyüdüğü (büyüme yapıları) ve büyüme sırasında üleksit kristallerinin kolemanit kristalleri tarafından ornatıldığı belirlenmiştir. Lütitik birim içerisindeki kırık ve çatlak sistemlerinde gelişen birincil üleksit ve ikincil oluşan kolemanit minerali tespit edilmiştir (Şekil 3.20 ve 3.21). Lütitik birim içerisinde ve sonrasında üleksitten kolemanite ve kalsite olan geçişler çok net gözlenmiştir (Şekil 3.22 ve 3.23). Cevher zonunun tavan bölümü kolemanit mineralinin çökelişi ile tamamlanmıştır (Şekil 3.24 ve 3.25).



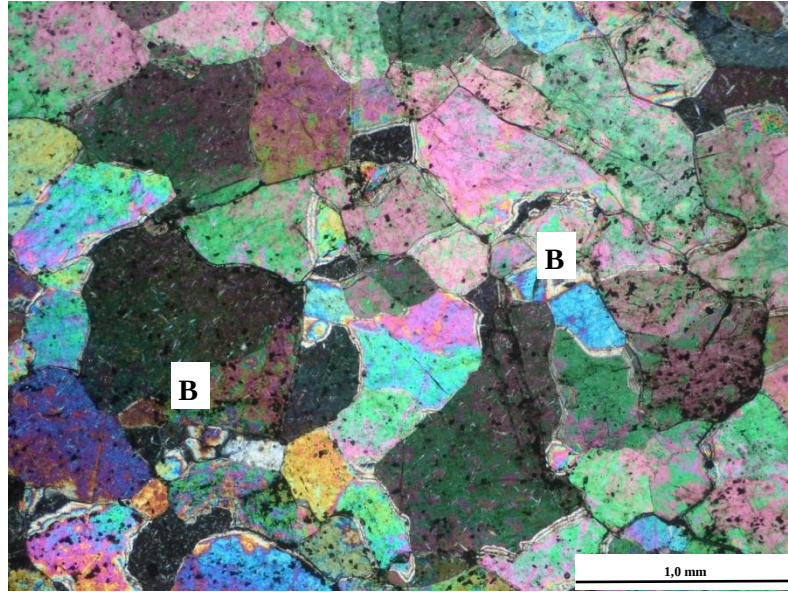
Şekil 3.13 BMK-2 Sondajı 518,60 m'deki 9-26 numaralı lifsi üleksit kristallerinin ince kesit görüntüsü (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



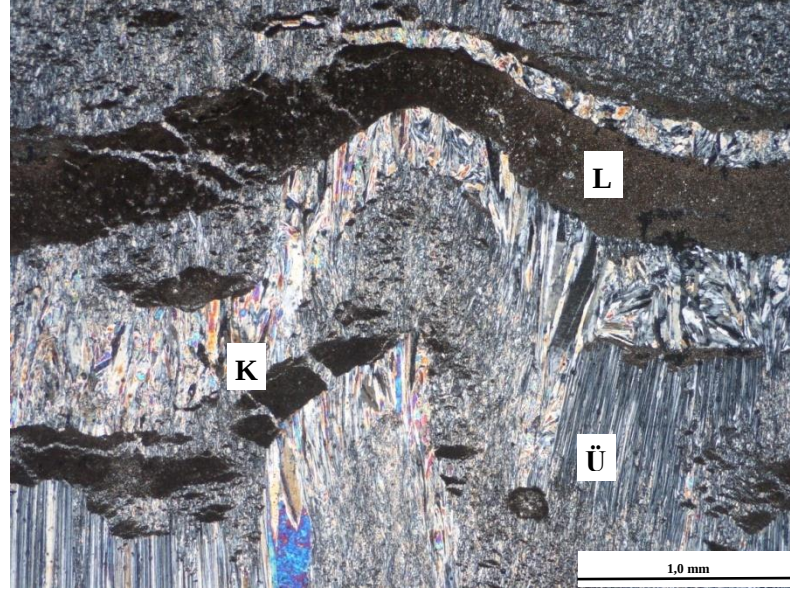
Şekil 3.14 BMK-2 Sondajı 518, 60 m'deki 9-26 numaralı üleksit-kolemanit-kalsit minerallerinin ince kesit görüntüsü (Şekil 3.13'ün devamı). Üleksitin kolemanit tarafından ornatılması (Koordinat: 4374240/0258826) (+N)



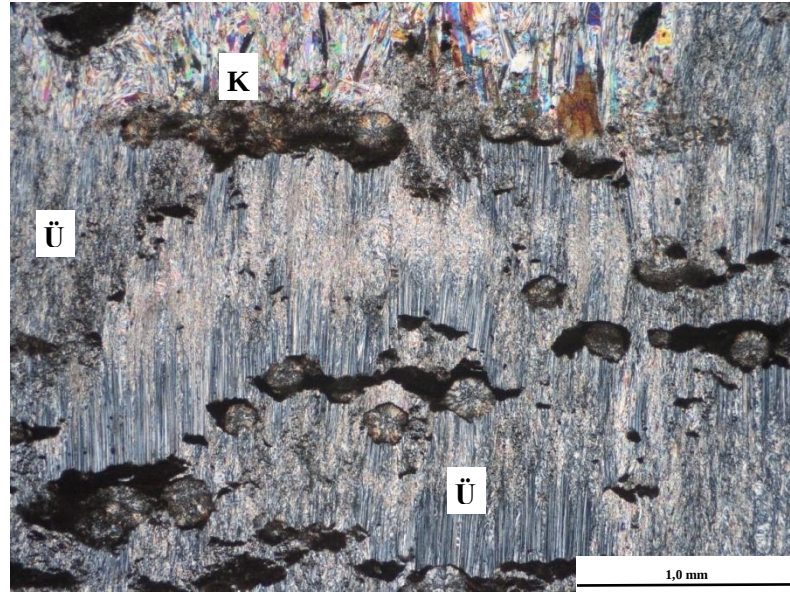
Şekil 3.15 BMK-2 Sondajı 506,80 m'deki 9-25 numaralı nodüler üleksit kristallerinin ince kesit görüntüsü (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



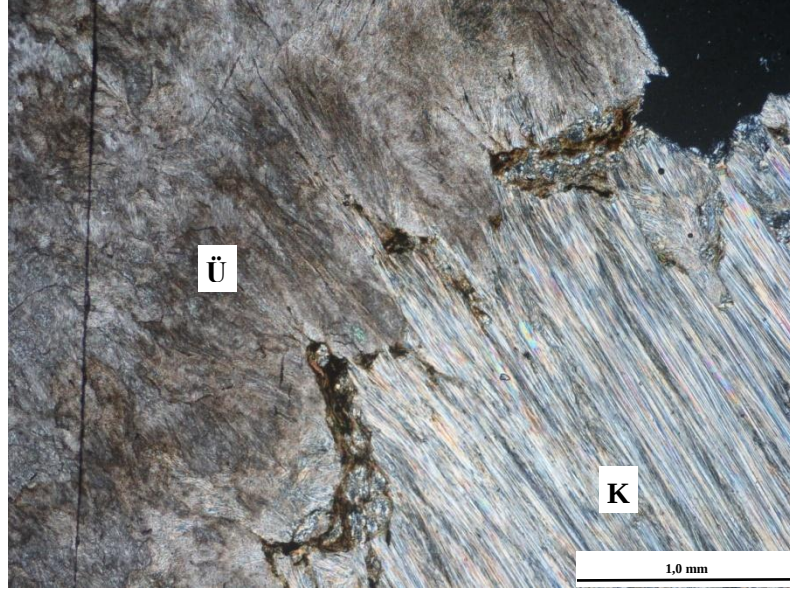
Şekil 3.16 BMK-2 Sondajı 500,00 m'deki 9-23 numaralı özşekli boraks kristallerinin ince kesit görüntüsü (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



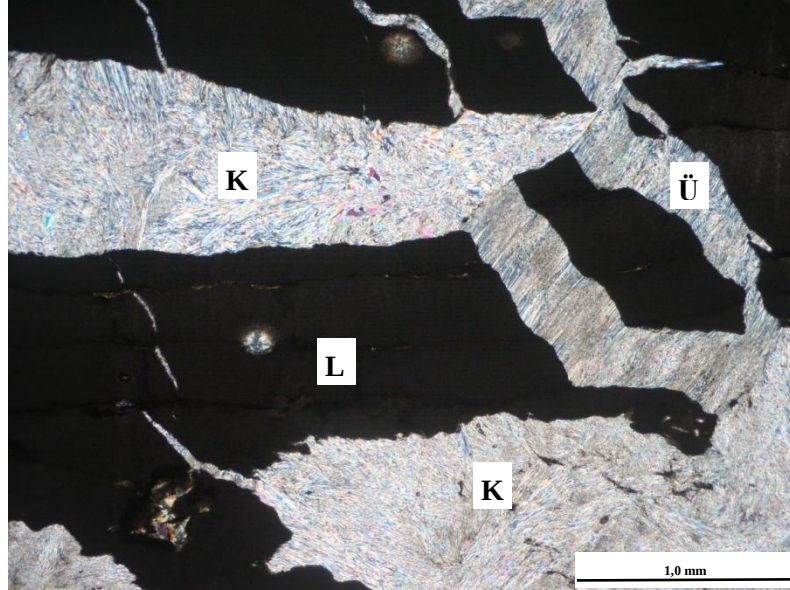
Şekil 3.17 BMK-2 Sondajı 496,30 m'deki 9-21 numaralı üleksit-kolemanit kristalleri ve lütitik seviyenin ince kesit görüntüsü. Üleksit kristallerinin lütitik malzemeyi iterek oluşturduğu büyüme yapısı. Üleksit kristallerini ornatarak oluşan kolemanit kristalleri (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



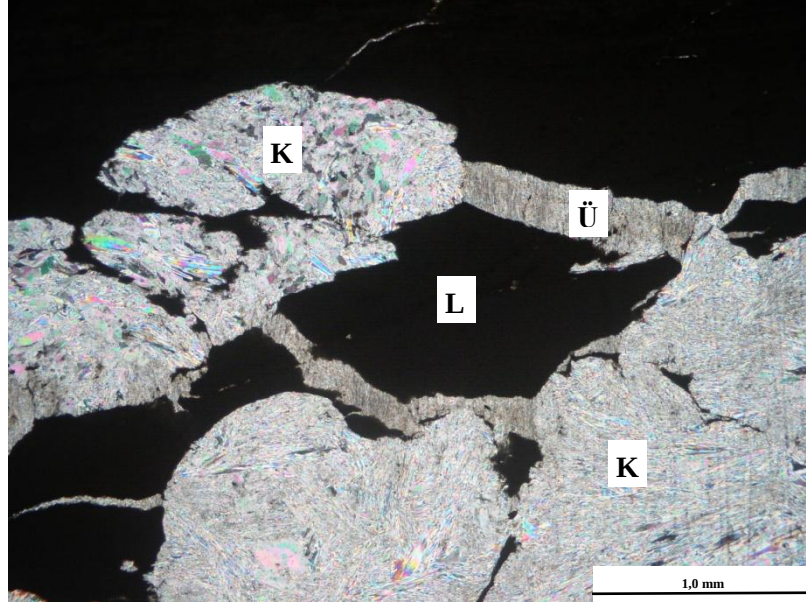
Şekil 3.18 BMK-2 Sondajı 496,30 m'deki 9-21 numaralı lütitik seviyeler-üleksit-kolemanit minerallerinin ince kesit görüntüsü (Şekil 3.17'nin devamı). Kolemanit kristalleri tarafından ornatılmış nodüller ve ışınsal yapıda üleksit kristalleri (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



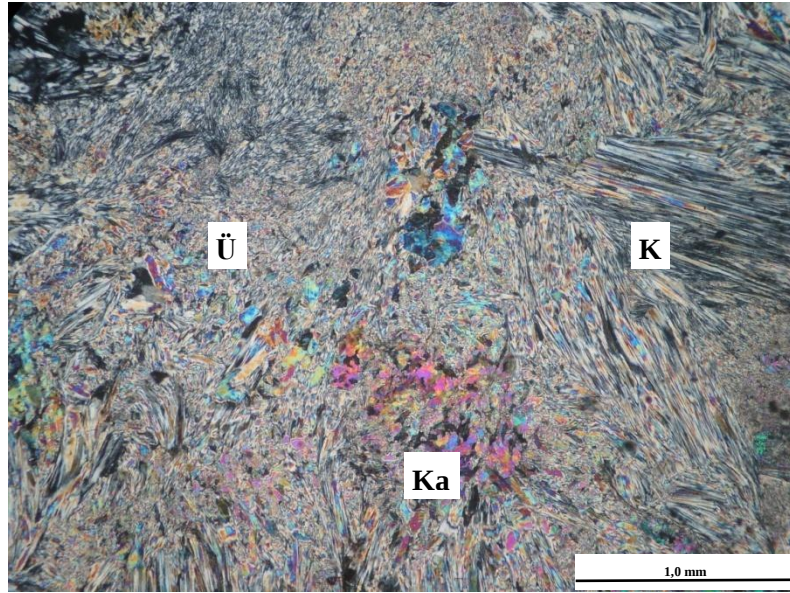
Şekil 3.19 BMK-2 Sondajı 489,75 m'deki 9-19 numaralı lifsi dokuda gözlenen kolemanit-üleksit minerallerinin ince kesit görüntüsü. Üleksit kristallerinin kolemanit kristalleri tarafından ornatılması. Siyah ok: Üleksitten kolemanite geçiş (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



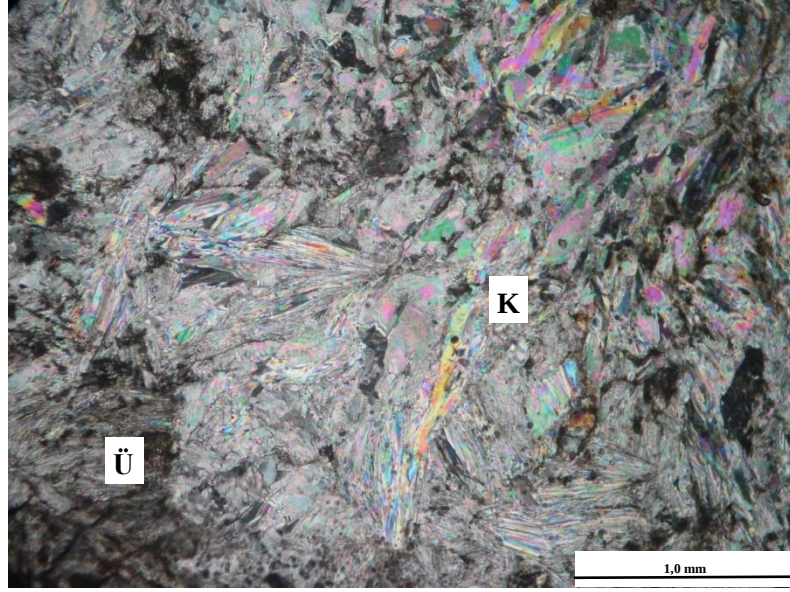
Şekil 3.20 BMK-2 Sondajı 484,90 m'de 9-17 numaralı lütitik seviye-üleksit-kolemanit minerallerinin ince kesit görüntüsü. Lütitik seviye içerisindeki kırık-çatlak sistemi içerisinde gelişen üleksit ve kolemanit kristalleri. Birincil oluşan üleksit minerallerinin kolemanit kristalleri tarafından ornatılması (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



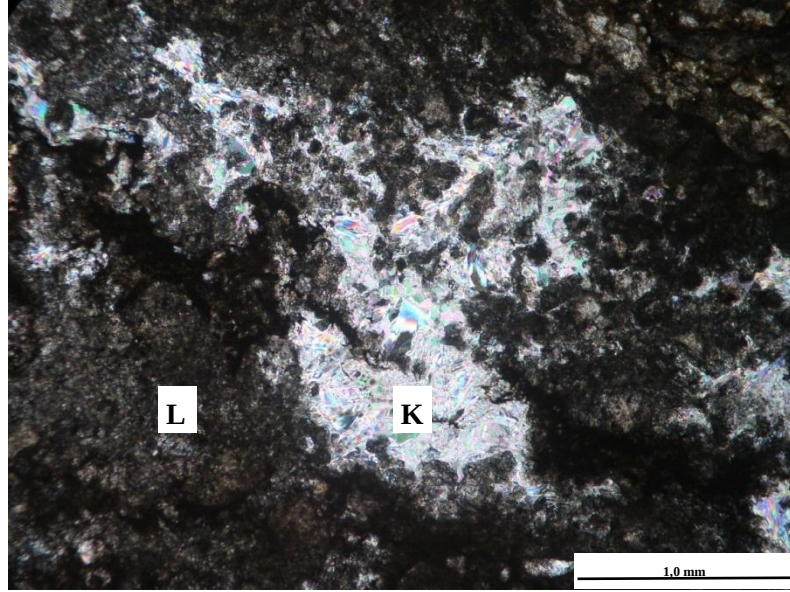
Şekil 3.21 BMK-2 Sondajı 484,90 m’de 9-17 numaralı lütitik seviye-üleksit-kolemanit kristallerinin ince kesit görüntüsü (Şekil 3.20’nin devamı). Lütitik seviye içerisindeki kırık-çatlak sistemi içerisinde gelişen üleksit ve kolemanit kristalleri. Birincil oluşan üleksit kristallerinin kolemanit kristalleri tarafından ornatılması (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



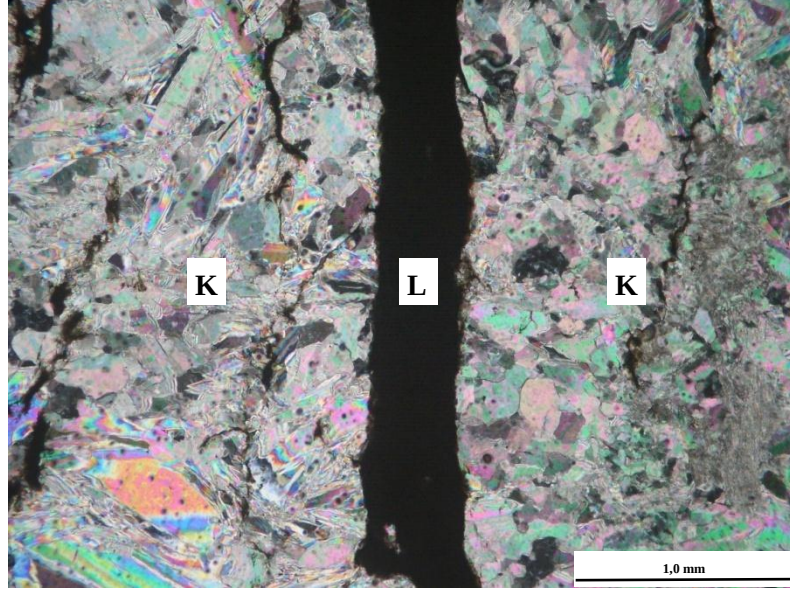
Şekil 3. 22 BMK-2 Sondajı 479,50 m’deki 9-15 numaralı üleksit-kolemanit-kalsit kristallerinin ince kesit görüntüsü. Üleksit kristallerinin kolemanit ve kalsit kristalleri tarafından ornatılması (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



Şekil 3.23 BMK-2 Sondajı 458,40 m'deki 9-11 numaralı üleksit-kolemanit kristallerinin ince kesit görüntüsü. Kesitin kenar bölümlerinde gözlenen üleksit kristalleri ve üleksit kristalleri üzerine gelişen kolemanit kristalleri (Koordinat: 4374240/0258826)



Şekil 3.24 BMK-2 Sondajı 457,40 m'deki 9-10 numaralı lütitik seviye-kolemanit mineralinin ince kesit görüntüsü. Lütitik seviye içerisinde büyüyen kolemanit kristalleri (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



Şekil 3.25 BMK-2 Sondajı 419,90 m'deki 9-4 numaralı lütitik seviye-kolemanit minerali ardalanmasının ince kesit görüntüsü. (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).

3.3 Volkanik Kayaçların Mikroskop Verileri

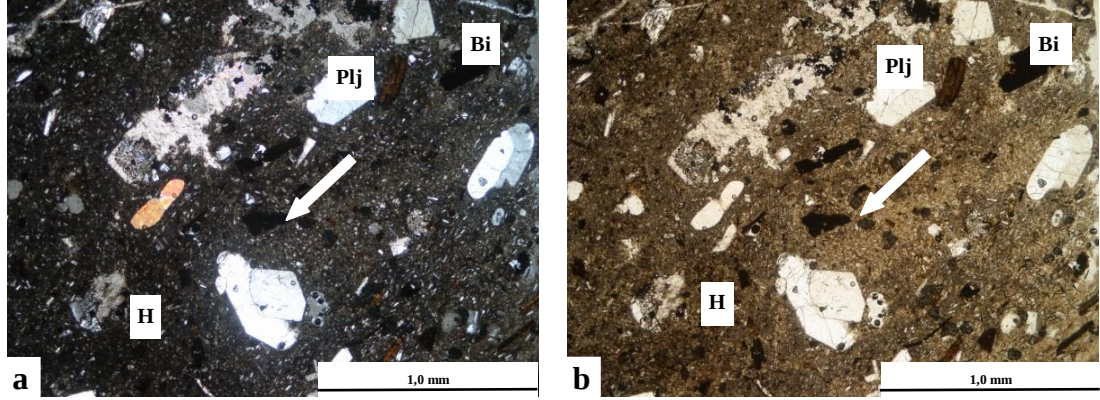
3.3.1 Andezit

BMK-2 Sondajında 992,00 m ile 978,90 m aralığından alınan andezit örnekleri porfirik-hipokristalen doku özelliği gösterirler ve örnekler kaya kırıntısı, plajiolas, kuvars, biyotit fenokristallerinden ve yer yer karbonatlaşmaya başlamış hamurdan ve killeşmiş çimentodan oluşmaktadırlar (Şekil 3.26 ve 3.27). Çatlak sistemlerinde karbonat dolgusu gözlenmiştir.

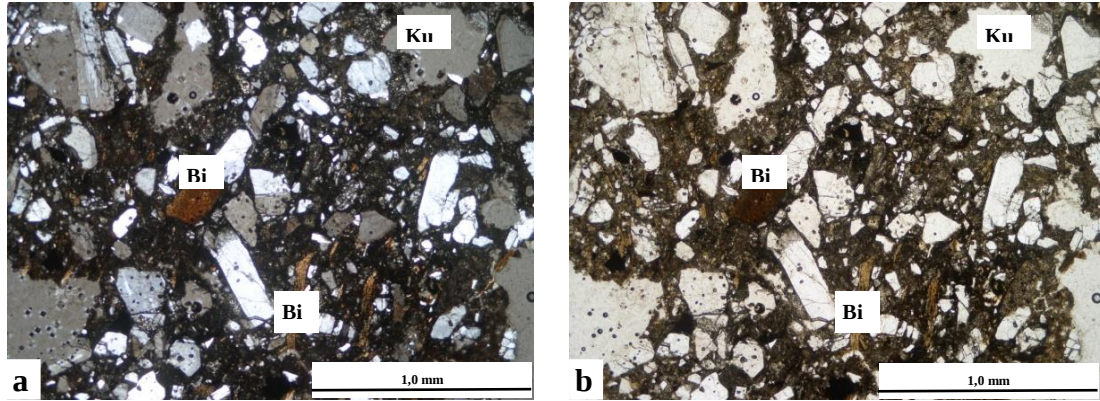
Biyotit fenokristalleri yarıözşekli-özşekli olup kısmen opaklaşma gösterir. Biyotit fenokristalleri, alterasyona uğramadığı yerlerde kahverenkli, alterasyona uğramadığı yerlerde siyah (opak) renkli gözlenir.

Kuvars fenokristalleri yarıözşekli-özşekilsiz olup, iri ve ince tanelidir ve bazı yerlerde köşeli bazı yerlerde yuvarlaklaşmış yapı sunmaktadır. Magmatik korozyona

uğramış kuvars fenokristallerinde yenme izleri ve körfez yapıları belirlenmiştir (Şekil 3.27). Fenokristallerin yönlenmesinden dolayı akma yapısının yönü anlaşılmaktadır.



Şekil 3.26 BMK-2 Sondajı 992.00 m’de 9-36 numaralı andezit örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) kuvars fenokristalleri, yarı özşekilli biyotit fenokristalleri ve hamurun genel görüntüsü (H). Ok: Akma yönü, Plj: Plajioklas, Bi: Biyotit, H: Hamur (a: Çift Nikol: +N, b: Tek Nikol: //N) (Koordinat: 4374240/0258826) (+N).



Şekil 3.27 BMK2- Sondajı 978,90 m’de 9-35 numaralı andezit örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) Körfez yapılu kuvars fenokristalleri, yarı özşekilli biyotit fenokristalleri. Ku: Kuvars, Bi: Biyotit (a:+N, b: //N) (Koordinat: 4374240/0258826).

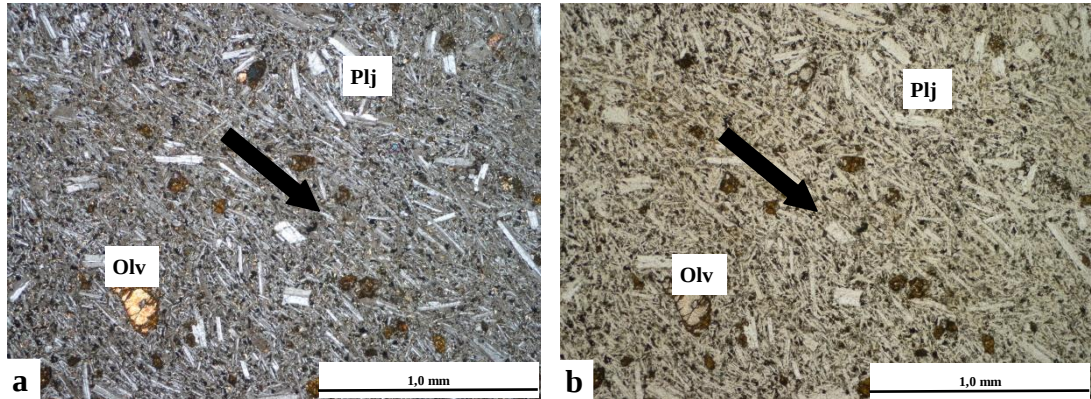
3.3.2 Bazalt

BMK-2 Sondajında 955,80 m ile 923,50 m aralığından alınan bazalt örnekleri porfiritik-hipokristalen doku özelliği gösterirler ve plajioklas, kuvars, olivin, piroksen fenokristalleri ile kümülat özelliği gösteren kristallerden ve mikrolit hamurdan oluşmaktadırlar. Bazalt ince kesitleri tabandan tavana doğru sistematik

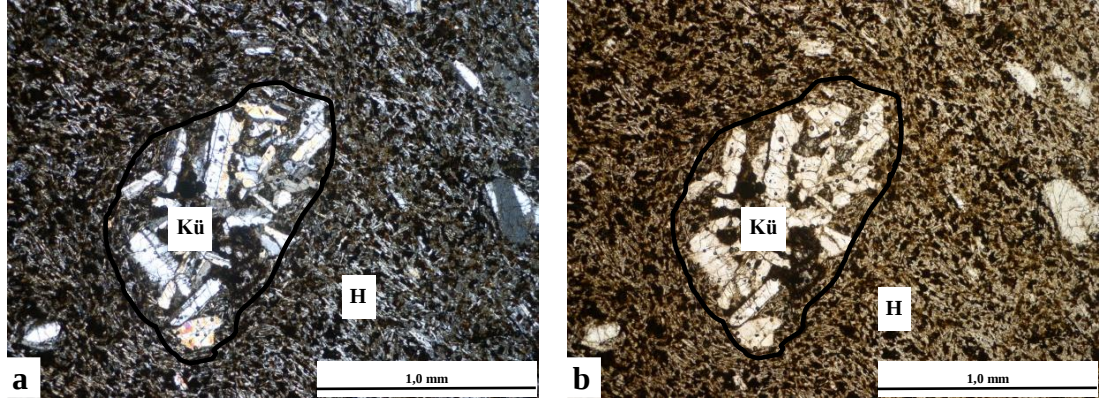
incelendiğinde örneklerin alterasyon derecesinin arttığı gözlenmiştir. Taban bölümünde belirlenen olivin ve piroksen fenokristalleri alterasyona uğramıştır bu neden ile özşekillerinde gözlenememektedir (Şekil 3.28). İnce kesitteki minerallerin yönlenmesinden akma yapısının yönü belirlenmiştir.

Kesitte gözlenen kümülat taneleri plajioklas, piroksen ve mikrolit bileşimlidir. Hamur, mikrolitlerden ve opaklaşmış minerallerden oluşmaktadır. Kümülat yapısının üzerinde de opaklaşma izleri belirlenmiştir (Şekil 3.29).

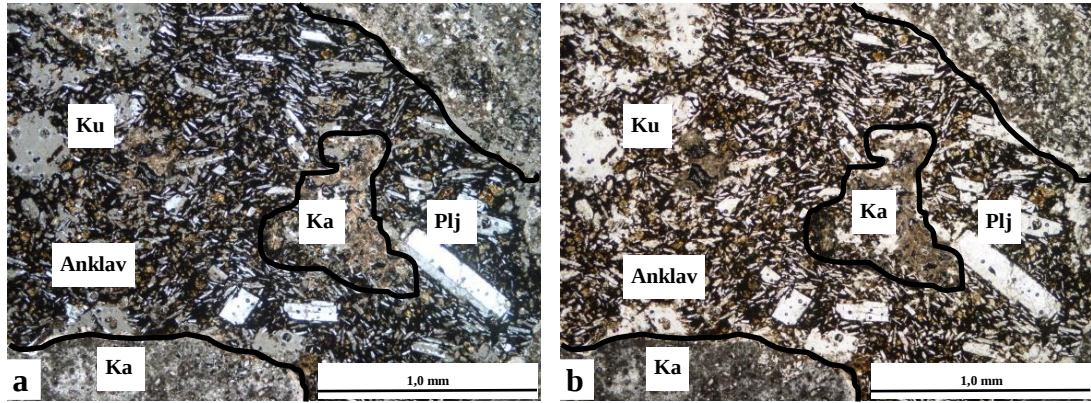
Tavan bölümüne doğru ilerlendikçe ince kesit görüntülerinde anklav yapıları belirlenmiştir. Anklavlar, plajioklas ve mikrolitik plajioklas hamurundan oluşmaktadır (Şekil 3.30 ve 3.31). Anklavın kenar bölümlerinde ve orta bölümünde karbonatlaşma izleri gözlenmektedir. Ortamda çökelen volkanik malzeme, karbonat oranının artması ile birlikte ilksel yapısını kaybetmeye başlamıştır.



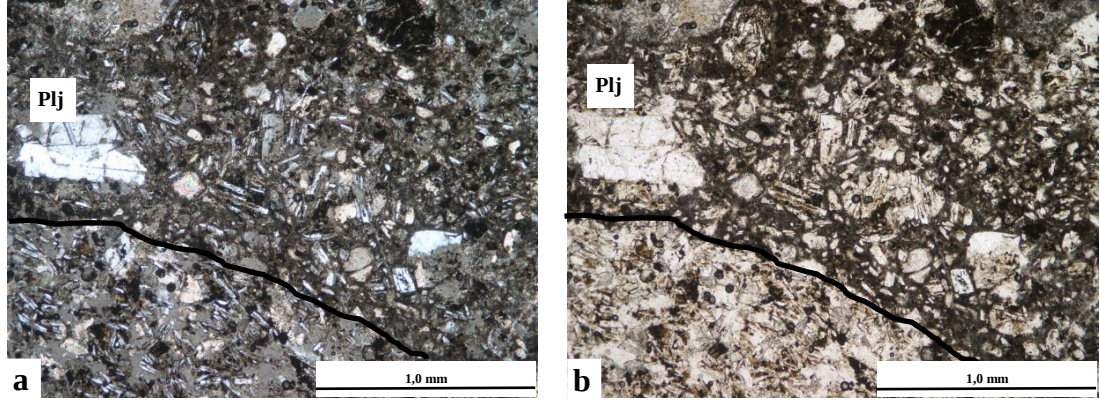
Şekil 3.28 BMK-2 Sondajı 955,80 m’de 9-33 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) Plajioklas, olivin, piroksen fenokristalleri ve mikrolit hamur. Siyah ok: Akma yönü, Plj: Plajioklas, Olv: Olivin (a:+N, b: //N) (Koordinat: 4374240/0258826).



Şekil 3.29 BMK-2 Sondajı 927,70 m’de 9-31 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) Bazalt örneği içerisindeki kümülat yapısı ve altere olmuş mikrolit kristaller ve opak hamur. H: Hamur, Kü: Kümülat (a:+N, b: //N) (Koordinat: 4374240/0258826)



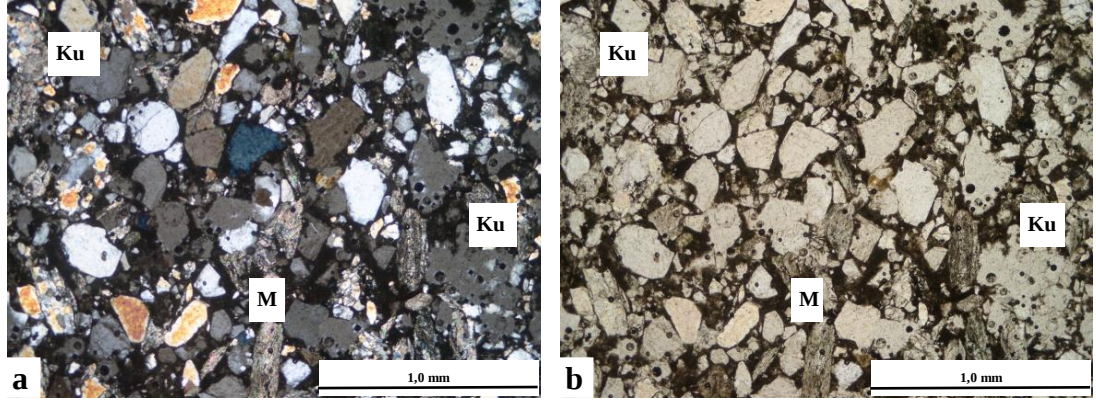
Şekil 3.30 BMK-2 Sondajı 923,50 m’de 9-30 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) Plajoklas, kuvars fenokristalleri, mikrolit, anklav ve karbonatlaşmış hamur. Okların sınırladığı alan anklav ve karbonatlaşmanın sınırınıdır. Anklavın içerisinde karbonatlaşma izleri. Siyah çizgiler: Anklav-karbonat sınırı, Plj: Plajoklas, Ku: Kuvars, Ka: Karbonat (a:+N, b: //N) (Koordinat: 4374240/0258826).



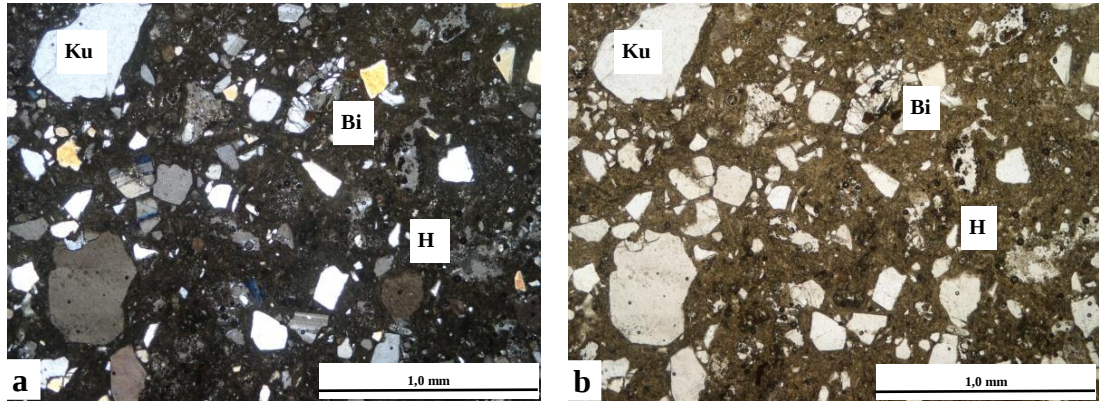
Şekil 3.31 BMK-2 Sondajı 923,50 m’de 9-30 numaralı bazalt örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) Plajiyoklas, kuvars fenokristalleri, mikrolit, ank lav, opak ve karbonatlaşmış hamur. Siyah çizgi: Sınırladığı alan anklav ve karbonatlaşmanın sınırındır (a:+N, b: //N) (Koordinat: 4374240/0258826).

3.3.3 İgnimbirit

BMK-1 ve BMK-2 Sondajlarından alınan ignimbirit örnekleri; porfirik doku özelliği gösterirler ve mika, plajiyoklas, kuvars, meta-kuvars, epijenetik kayaç parçalarından ve tanınamayan altere fenokristaller ile matriksten oluşmaktadırlar (Şekil 3.32 ve 3.33). Kuvars fenokristalleri yarıözşekilli-özşekilsizdir. İri ve ince taneli kuvarslar kimi yerlerde sivri köşeli kimi yerlerde yuvarlaklaşmış bazende kırıklı ve çatlaklı bir yapı sunmaktadır. Magmatik korozyona uğramış kuvars fenokristallerinde yenme izleri belirlenmiştir (Şekil 3.32). Fenokristallerin arasını dolduran hamur, karbonatlı ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32 BMK-1 Sondajı 816,00 m'de 8-15 numaralı ignimbirit örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) Kuvars, mika ve biyotit fenokristallerinin görüntüsü. Ku: Kuvars, M: Metamorfik tane (a: +N, b: //N görüntüsü) (Koordinat: 4373077/0256192) .



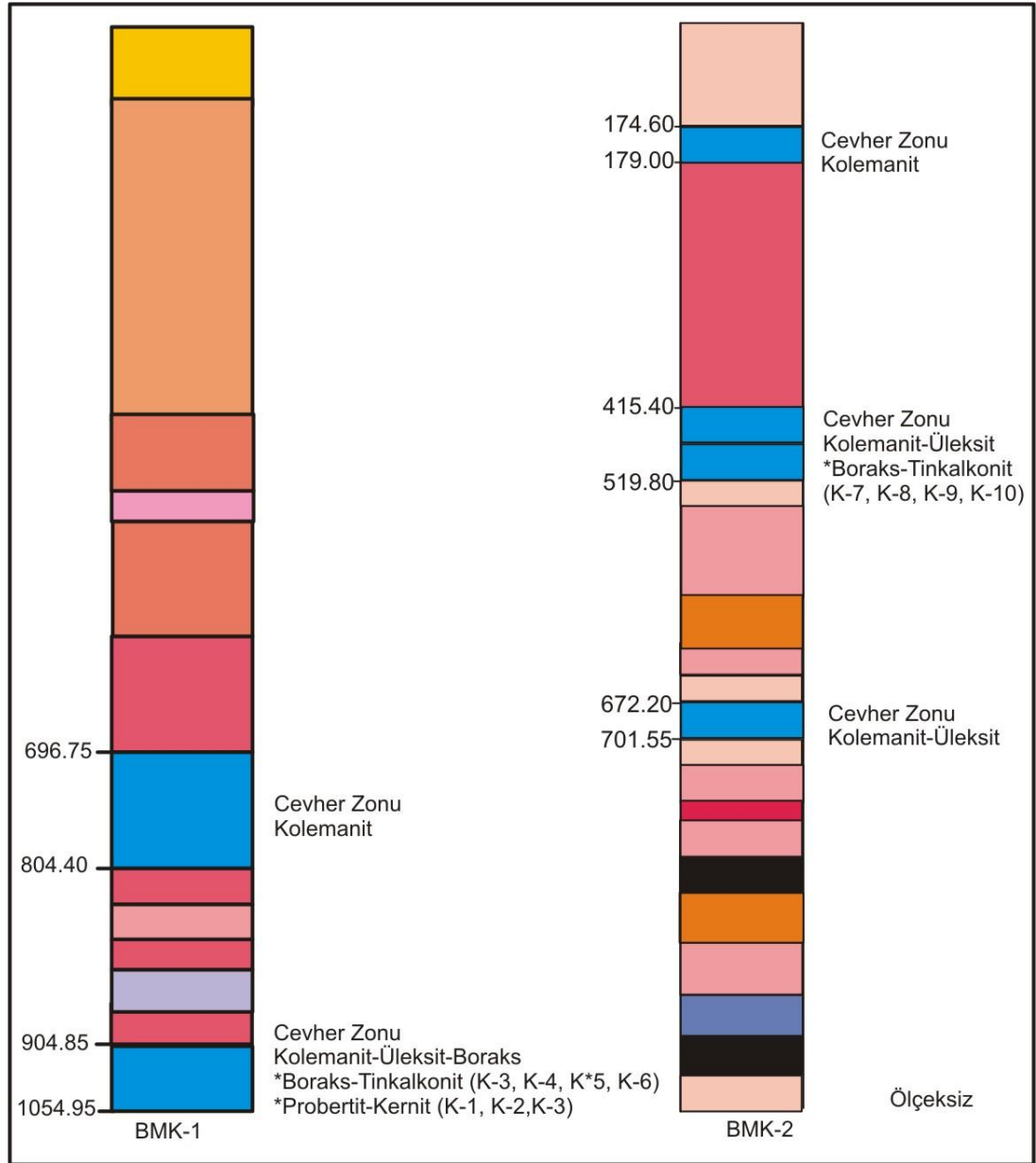
Şekil 3.33 BMK-2 Sondajı 992,00 m'de 9-36 numaralı ignimbirit örneğine ait ince kesit görüntüsü. a,b) Kuvars, biyotit fenokristalleri ve hamurun görüntüsü. Ku: Kuvars, Bi: Biyotit, H: Hamur (a: +N, b: //N) (Koordinat: 4374240/0258826) .

3.4 X-Işını Difraktometresi (XRD) Verileri ve Yorumlanması

Göcenoluk’ da yapılan arazi çalışmalarından alınan borat örneklerinin 10 tanesine XRD analizi uygulanmıştır. Bu analizlerin sonucunda en baskın mineral boraks olarak belirlenmiştir. Boraks mineralinden sonra en fazla gözlenen diğer mineral tinkalkonittir. Tinkalkonit, boraksın molekül yapısında ki 5 mol suyunu kaybetmesi ile oluşan bir mineraldir (Baysal, 1973; Yalçın ve Baysal, 1991 ve Helvacı ve Orti, 2004). Bu bilginin sonucunda boraks mineralinin öğütülmesi sırasında artan sıcaklık ile yapısında ki 5 mol kristal suyunu kaybederek tinkalkonit mineraline dönüşeceği söylenebilir. Bu durumda da analiz sonuçlarında belirlenen tinkalkonitin boraks minerali ile birlikte pik vermesinin çok normal olduğu ve ortam koşullarının değişimini gösterdiğini söyleyebiliriz. Boraks mineralinden sonra en fazla gözlenen mineral probertit ve kernit borat mineralleridir. Borat minerallerinin yanında dolomit gang mineralinin eşlik ettiği görülmüştür. Analiz sonucunda bulunan borat mineralleri ve bulundukları metreler aşağıda ki tabloda (Tablo 3.2) ve kolon kesitte (Şekil 3.34) gösterilmektedir.

Tablo 3.2 X-Ray analizine gönderilen örneklerin mineral isimleri ve örneklerin alındıkları metreleri gösterilmektedir.

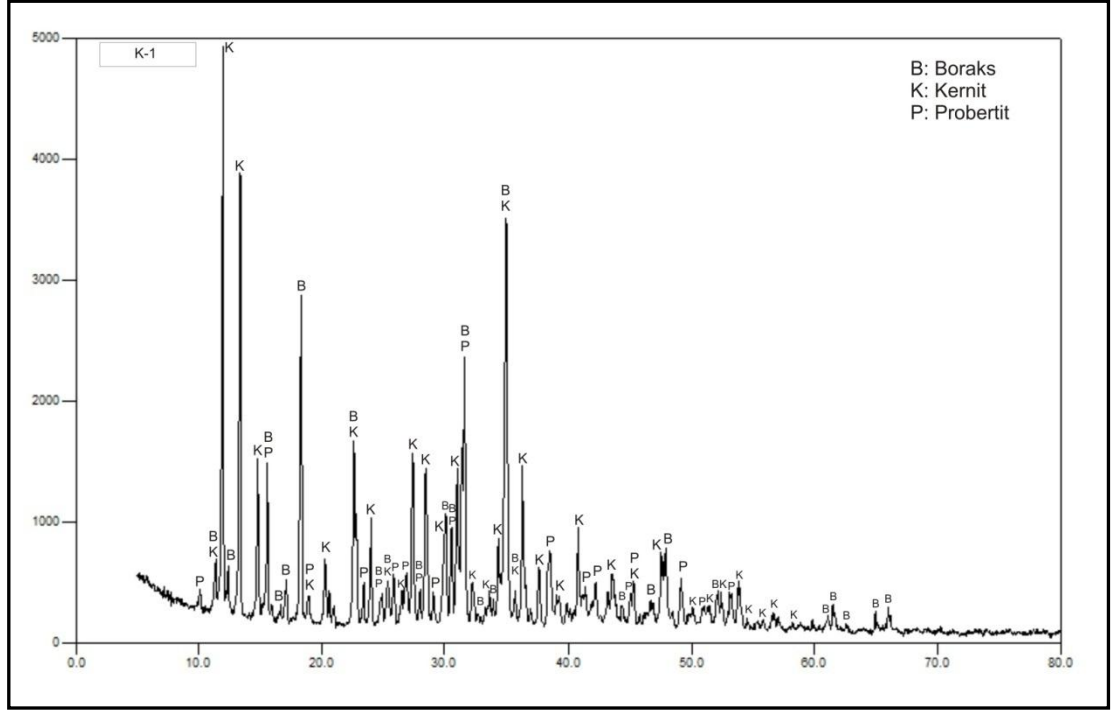
Sondaj No	Metre (m)	Örnek No	Mineral Adı
BMK - 1	971.90	K-6	Boraks - Tinkalkonit
BMK - 1	972.35	K-5	Boraks - Probertit
BMK - 1	973.80	K-4	Boraks - Tinkalkonit
BMK - 1	978.00	K-3	Boraks - Tinkalkonit Probertit - Kernit
BMK - 1	978.70	K-2	Kernit - Probertit
BMK - 1	984.00	K-1	Boraks - Kernit Probertit
BMK - 2	498.40	K-10	Boraks - Tinkalkonit
BMK - 2	498.80	K-9	Boraks - Tinkalkonit
BMK - 2	500.70	K-8	Boraks - Tinkalkonit
BMK - 2	501.60	K-7	Boraks - Tinkalkonit



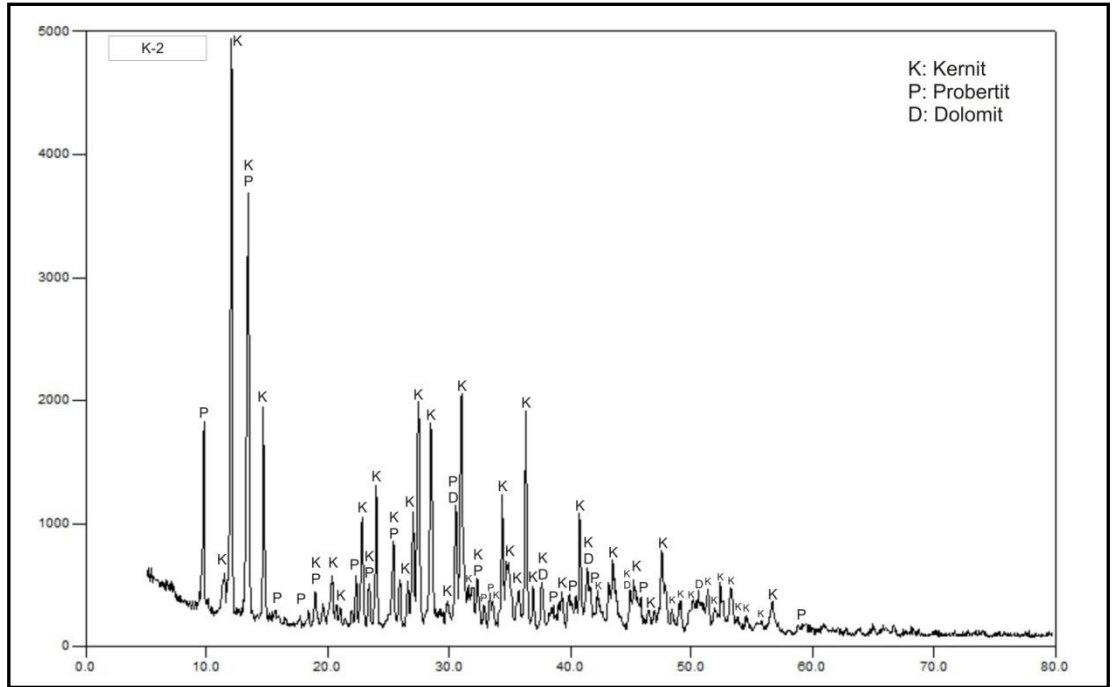
Şekil 3.34 Karot örneklerinde ve X-Ray analiz sonucunda belirlenen bor minerallerinin kolon kesit üzerinde dağılımları (* ile gösterilen mineraller X-Ray analizi sonucunda belirlenen minerallerdir) (Ayrıntılı kolon kesit bilgileri Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’da verilmiştir)

K-1,K-2,K-3,K-4,K-5 ve K-6 difraktogramları BMK-1 no’lu sondajın 696,75–804,40 m aralığından alınmıştır. Örnekler karbonat–kil ara katkılı cevher zonundan seçilerek hazırlanmıştır. Analiz sonuçlarında boraks, tinkalkonit, probertit, kernit borat minerallerinin yanında dolomit gang minerali eşlik etmektedir. Tabandan tavana doğru borat minerallerinin değişimleri analiz sonuçlarında belirlenmiştir. Bu

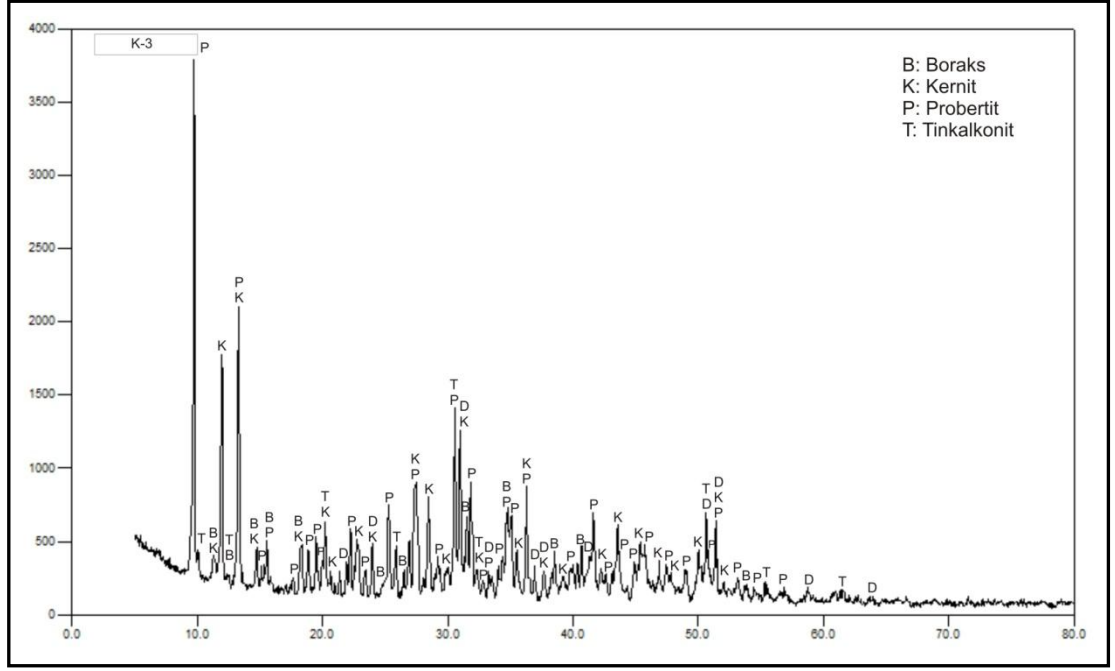
bilgi ışığında temelde gözlenen ilk borat mineralleri K-1 difraktogramında boraks, kernit, probertit mineralidir (Şekil 3.35). Araştırmacılar tarafından sulu Na-borat grubu minerali olan boraks ve kernitin bir arada bulunması termodinamik ve jeokimyasal açıdan oldukça ilginçtir (5, 1974). Baysal ve Ataman (1975)'a göre boraks mineralinin yerine kernit mineralinin oluşması veya dönüşümlerin olabilmesi için çözelti bileşiminin değişmesine gerek yoktur sadece suyun aktivitesinin azalması gerektiğini belirtmişlerdir. Suyun aktivitesinin azalması ise sıcaklığın veya basıncın artması ile veya her iki faktörün artması ile gerçekleşebilmektedir (Baysal ve Ataman, 1975) . Çalışmanın devamında araştırmacılar boraks mineralinin kernit mineraline dönüşümünün gerçekleşebilmesi için uygun sıcaklık sağlansa dahi basıncın çok yüksek değerlerde olması gerektiğini (gömülmenin en az 800 m olması gerektiğini) ve bunun Kırka yatağı için uygun olmadığını belirtmişlerdir. Bu bilgiler ışığında oluşan kernit mineralinin boraks mineralinin ikincil minerali olamayacağı ve ortam şartlarında sıcaklık ve basınç değişimi ile oluşmuş birincil mineral olduğu düşünülmektedir. K-2 ve K-3 difraktogramı birbirine çok yakın iki seviyeden alınan analiz sonuçlarıdır (Şekil 3.36 ve 3.37) . Bu seviyelerde ki Na ve Ca iyon yüzdelерinin yer yer arttığı ve azaldığı bunun sonucunda çökelen borat minerallerini çok az seviyelerde değişim gösterdiği belirlenmiştir. K-4 ve K-5 difraktogramlarından alınan analiz sonuçlarında gözlenen borat mineralleri boraks, tinkalkonit, probertit ve dolomit gang mineralidir. K-4 ve K-5 difraktogramları birbirine çok yakın iki seviyeden alınmıştır (Şekil 3.38 ve 3.39). K-2 ve K-3 örneklerinde olduğu gibi K-4 ve K-5 örneklerinde de çok az seviyelerde değişen Na ve Ca oranlarının değişimi farklı tür borat minerallerinin oluşmasına neden olmuştur. K-6 difraktogramında gözlenen borat mineralleri boraks ve tinkalkonittir (Şekil 3.40). Bu sondajın son XRD analiz sonucudur. Bu veriler ışığında ortamda Na borat minerallerinin baskın olduğunu söyleyebiliriz.



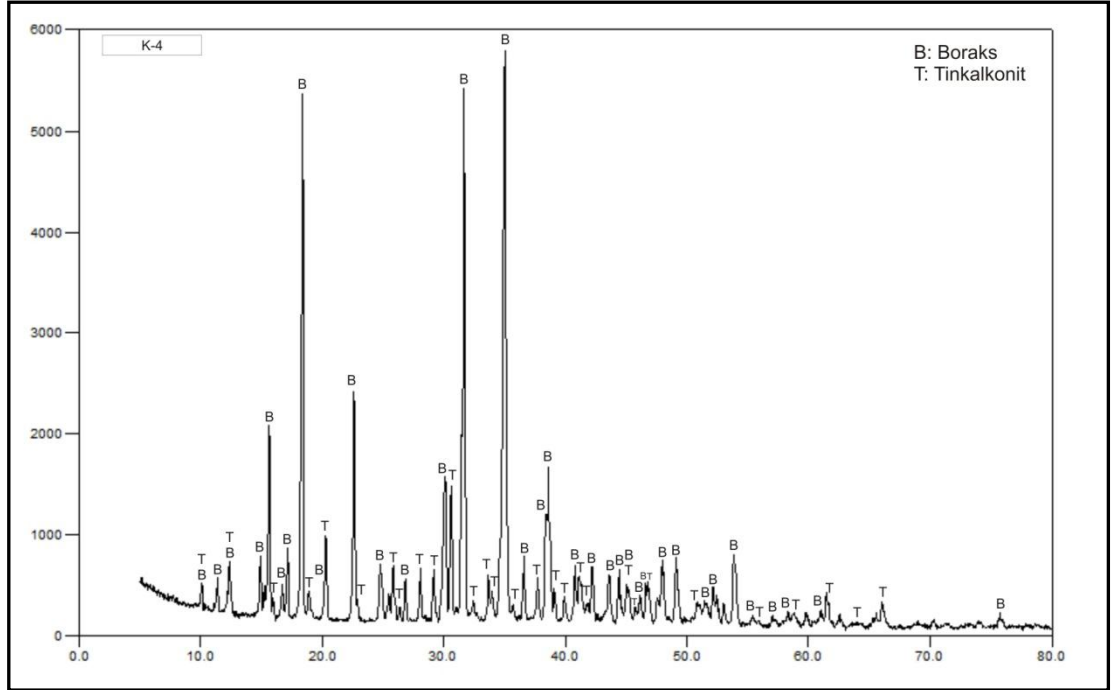
Şekil 3.35 K-1 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 984,00 m, Koordinat: 4373077/0256192).



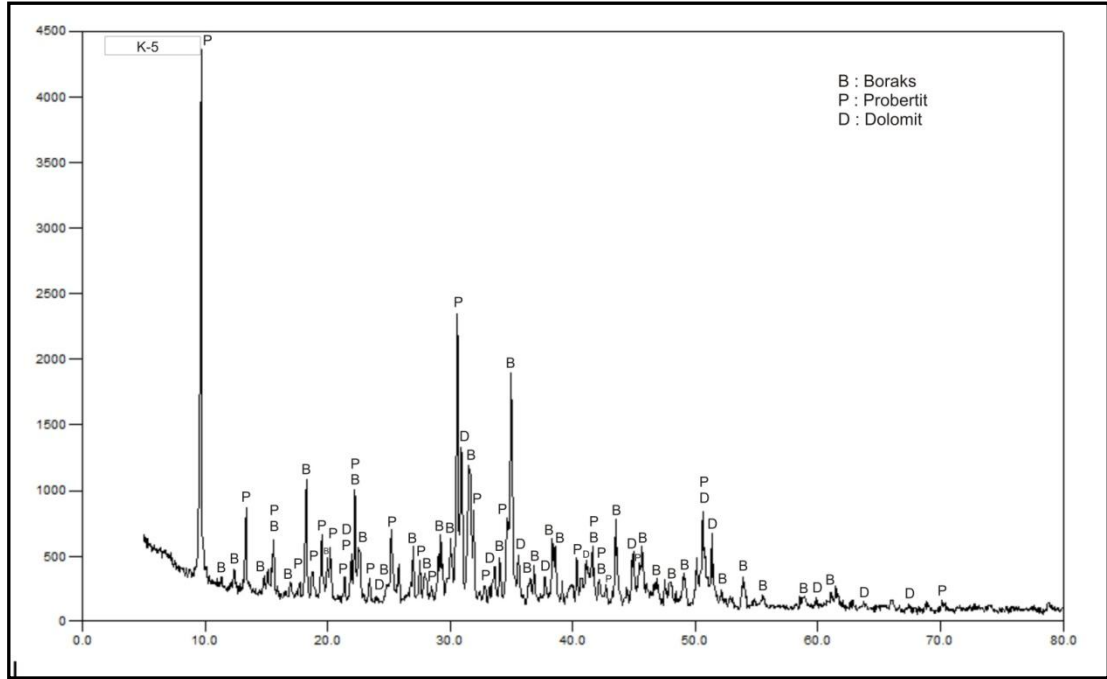
Şekil 3.36 K-2 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 978,70 m, Koordinat: 4373077/0256192) .



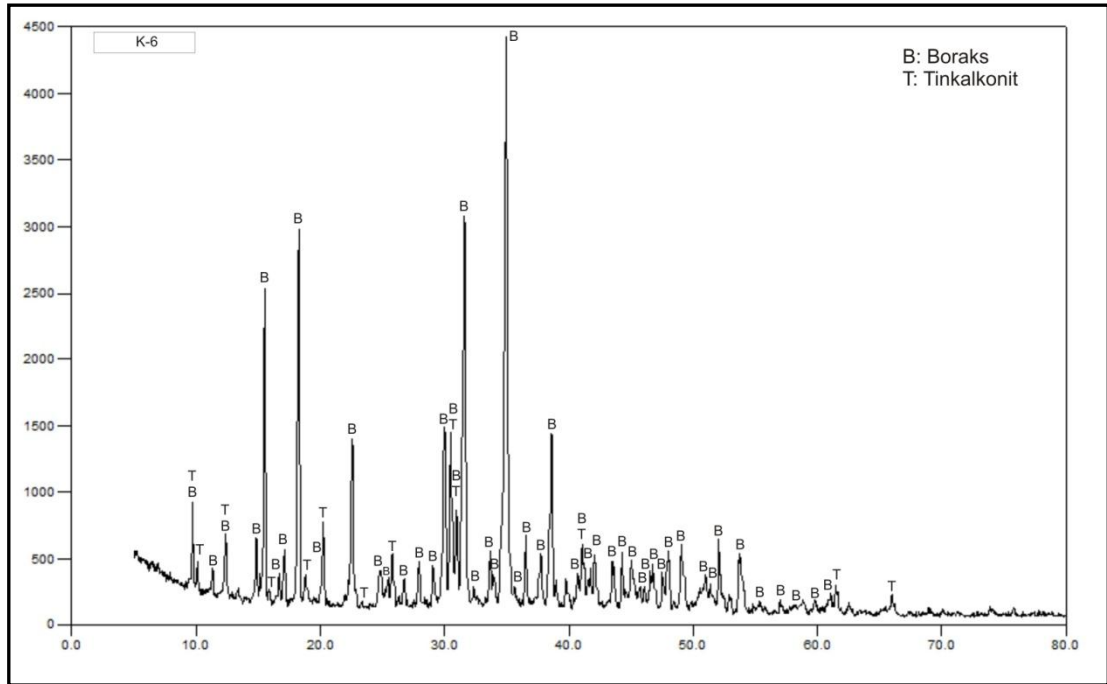
Şekil 3.37 K-3 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 978,00 m, Koordinat: 4373077/0256192).



Şekil 3.38 K-4 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 973,80 m, Koordinat: 4373077/0256192).

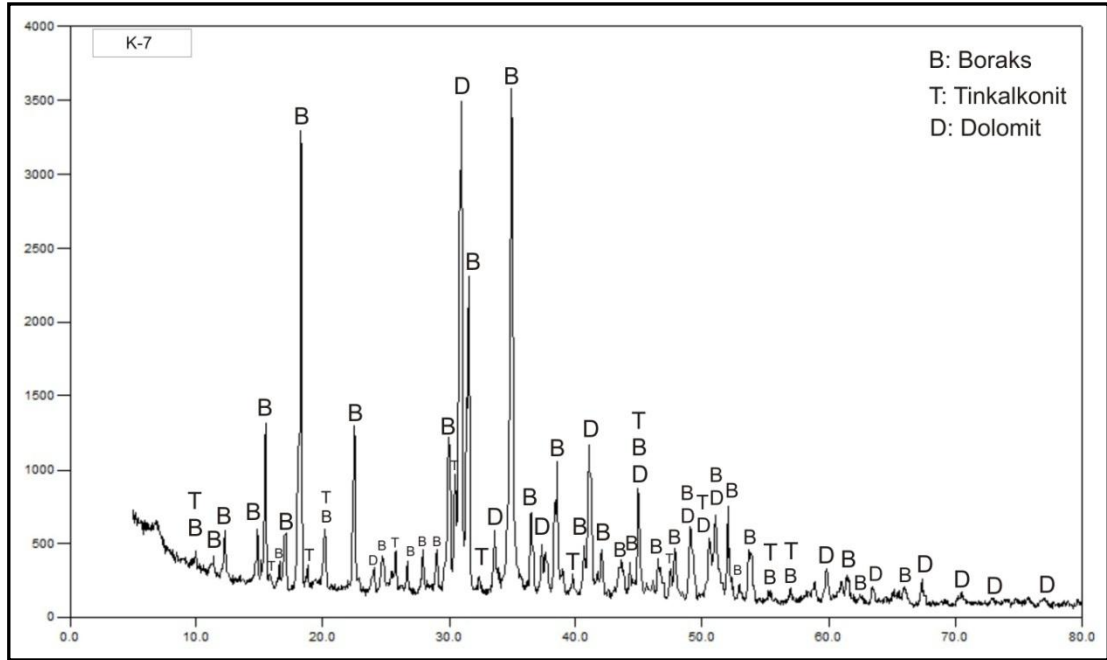


Şekil 3.39 K-5 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 972,35 m, Koordinat: 4373077/0256192).

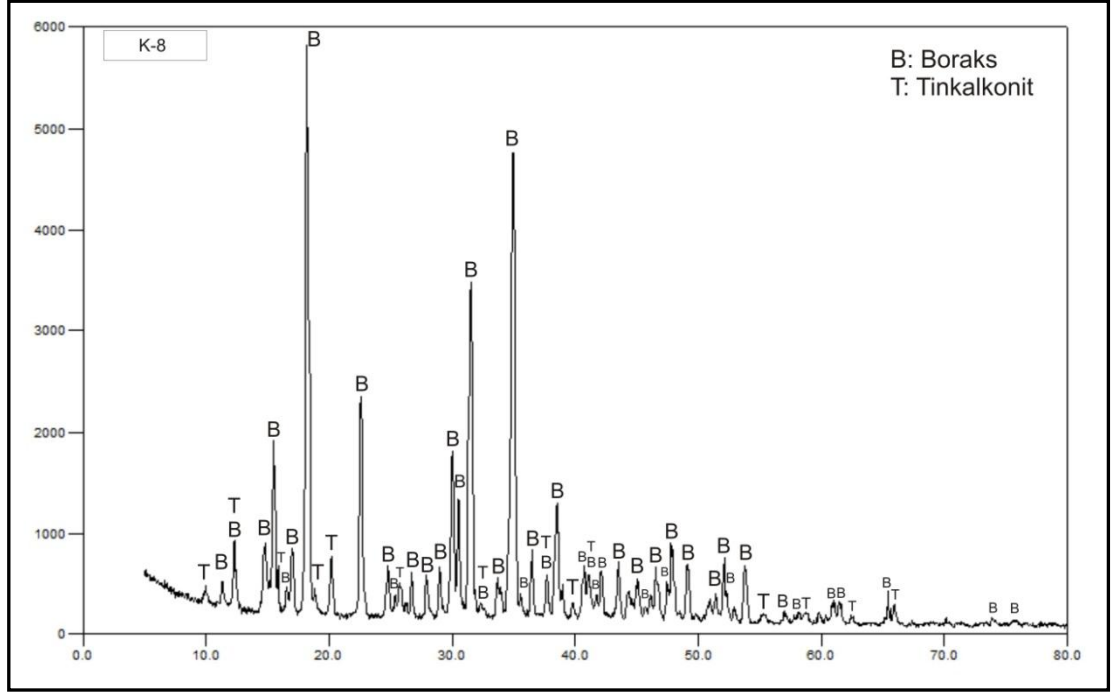


Şekil 3.40 K-6 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-1 Sondajı, 971,90 m, Koordinat: 4373077/0256192).

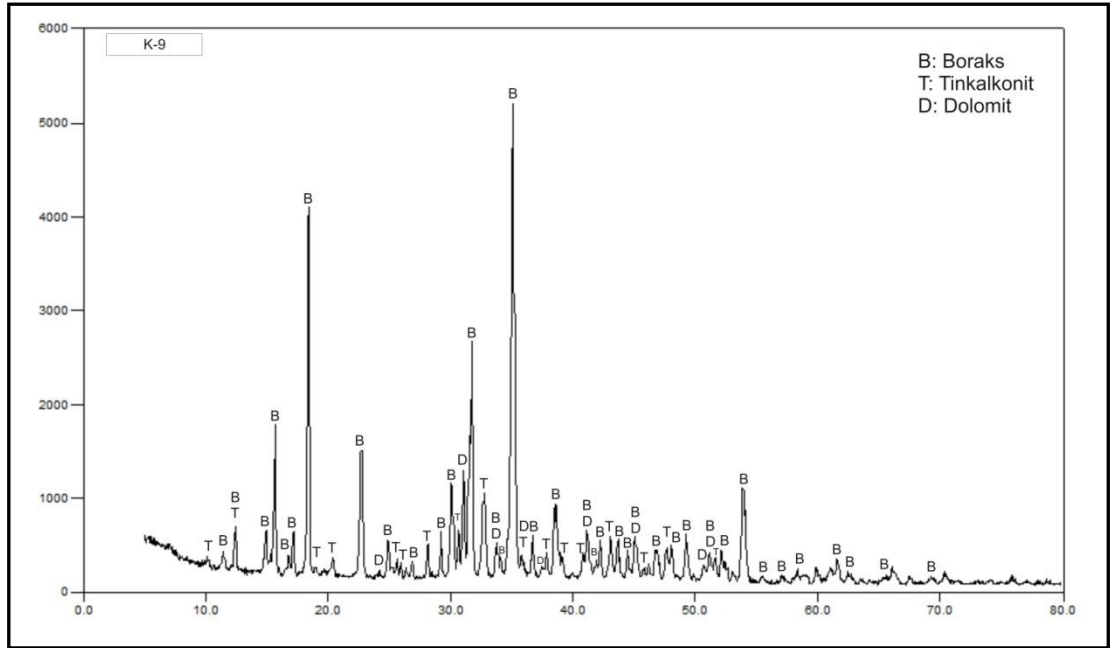
K-7, K-8, K-9 ve K-10 difraktogramlarının örnekleri BMK-2 no'lu sondajın 415,40–519,80 m aralığından alınmıştır. Örnekler karbonat–kil ara katkılı cevher zonundan seçilerek alınmıştır. Örneklerde boraks ve tinkalkonit bor minerallerinin yanında dolomit gang minerali eşlik etmedir (Şekil 3.41, 3.42, 3.43 ve 3.44). Alınan analiz sonuçlarının hepsinde baskın olan borat minerali Na-borat grubu minerali olan boraks ve tinkalkonittir. Bu durum da alınan örneklerin seviye aralıklarında Na iyon konsantrasyonunun diğer iyonlara göre daha baskın olduğunu açıkça görmekteyiz. Borat minerali olamayan ve aralarda pik değerleri veren gang mineralleri de analiz sonucunda belirlenmiştir. Bu minerallerin çökmesi için gerekli olan Mg iyon konsantrasyonunun ise ortamda yoğun olduğunu anlamaktayız.



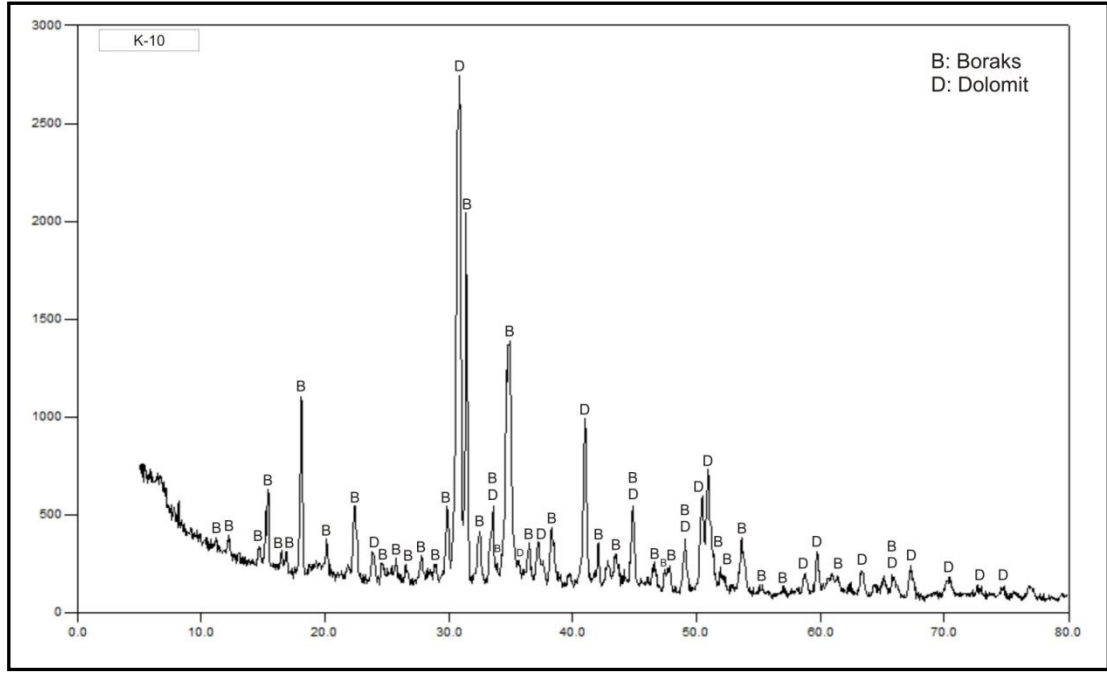
Şekil 3.41 K-7 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 501,60 m, Koordinat: 4374240/0258826).



Şekil 3.42 K-8 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 500,70 m, Koordinat: 4374240/0258826).



Şekil 3.43 K-9 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 498,80 m, Koordinat: 4374240/0258826).



Şekil 3.44 K-10 örneğine ait XRD diyagramı (BMK-2 Sondajı, 498,40 m, Koordinat: 4374240/0258826).

3.5 Borat Minerallerinin Ortamsal Yorumu

Göcenoluk borat yatağında yapılan gözlemler sonucunda ve alınan analiz sonuçlarının ışığında boraks, tinkalkonit, kernit, üleksit, probertit, kolemanit borat mineralleri ve dolomit gang minerali belirlenmiştir. Bu minerallerin çökelebilmesi için ortamda B, Na, Ca ve Mg iyonlarının belirli bir yüzdenin üzerinde olması gerekmektedir. Bu iyon yüzdeleri çevre kayalardan, temel kayalardan ve ortamda ki volkanik aktivite sonucu oluşmuş kayalardan sağlanmaktadır. Oluşan borat minerallerinin türlerinin belirlenmesinde ki faktörler; göl suyuna karışan hidrotermal ve detritik katyonların miktarı ve farklılığı, gözenek suyunun kimyasal bileşimi, suyun aktivitesi ve sıcaklığı, tuzluluk, bor getirimi, suyun pH'sı, evaporasyon ve beslenme rejimidir (Yalçın, 1988).

Göcenoluk borat yatağında borun ana kaynağının, levha tektoniğine bağlı olarak gelişen Tersiyer volkanizmasının sial kabuğun kısmi ergimesi sonucu gelişen kalkalkalin asitik magmadan kaynaklandığı ve borca zengin olan ekzalasyonların

Miyosen göllerine karışarak yatakları oluşturduğu ve dönem boyunca aktivitesini kaybetmeyen volkanizmalardan çıkan buhar ve gaz evresinin yataklanma evresini etkilediği bilinmektedir (Sunder, 1980). Asidik volkanizmalar dışında borun bir diğer kaynağı, temeli oluşturan metamorfizma geçirmiş ofiyolit kayaçlarıdır. Kapanan okyanusların ürünleri olan ofiyolitlerin (serpantinit) yüksek oranda bor içerdikleri ve yataklanmaya yardımcı oldukları da belirlenmiştir (Sunder, 1980). Yataklanmaya katkısı olan diğer bir element olan Mg'nin kaynağının ise volkanik aktivite sırasında ekzalasyonlar (Baysal, 1973), temel kayaçlar ve özellikle ekzalasyonlar ile birlikte olan epsomit bileşimidir (Sunder, 1980). Mg özellikle yatakta gözlenen dolomit ve kil minerallerinden montmorillonitin oluşmasına neden olmuştur. Kil ve dolomit mineralleri özellikle borat seviyeleri içerisinde ince katmanlar şeklinde veya kristallerin büyümeleri sırasında ritmik kapanımlar şeklinde görülmektedir (Baysal, 1973). Borat minerallerinin oluşmasında ana etkiyi sağlayan Na ve Ca elementlerinin kaynağı; Na için volkanik aktivite ile birlikte ekzalasyonlardan geldiği, Ca'nın ise ortama çevre kayaçlardan geldiği vurgulanmıştır (Baysal, 1973).

Borat minerallerinin çökeliminde, iyon konsantrasyonunun yüzdesi, ortamın termodinamik ve jeokimyasal koşulları çok önemlidir. Sulu borat çözeltilerindeki polianyonların katı fazlarını oluşturabilmeleri için çözeltinin pH değeri, sıcaklığı, % konsantrasyonu ve çözeltideki katyonların varlığı çok önemlidir (Baysal, 1973). Baysal (1973)'a göre Kırka borat yatağında boraks mineralinin çökelebilmesi için göl suyu pH değerinin 8,5-9 arasında (mutlaka 8,5'un üzerinde) ve sıcaklığın 58,5 °C'nin altında olması gerekmektedir. Özpeker ve İnan (1978) ve Sunder (1980)'de uygun boraks çökeliiminin gerçekleşebilmesi için sıcaklığın düşük (25-45 °C aralığında olduğunu) ve pH değerinin 8,5'un üzerinde olmasını gerektiğini belirtmişlerdir. Boraksın dehidratasyonu olarak gelişen tinkalkonit mineralinin oluşumu ise sadece yüzeysel koşulların değiştiğini göstermektedir (Sunder, 1980). Boraksın çökelim şekli kristal yapısı aslında ortam koşulları hakkında bilgi vermektedir. Tabakalı gözlenen boraks çökeliimi göl suyunda doğrudan bir çökeliimin gerçekleştiğini, kıltaşı-marn içerisinde özşekli kristaller şeklinde çökmesi otijenik oluşum olduğunu, tabakalı boraksları keser durumda ki camsı boraksların gözlenmesi post-diyajenetik süreçte oluştuğunu göstermektedir (Yalçın, 1988). Yatakta çok fazla

gözlenmemesine rağmen analiz sonuçlarında belirlenen Na-borat grubunun en düşük sulu üyesi olan kernit mineralinin oluşumu Baysal ve Ataman (1975)'e göre ikincil olarak tanımlanmıştır. Baysal ve Ataman (1975) kernit mineralinin oluşumunun post-vulkanik sıcak sulara bağlı ortamdaki kırık ve çatlak sistemleri etkisiyle oluştuğunu belirtmişlerdir. Ancak bu koşullar altında kernit mineralinin çökelebilmesi için sıcaklığın 45 °C 'nin üzerinde olması gerekmektedir. Sunder (1980)'e göre yatağın sıcaklığı 45 °C'nin üzerine çıkmadığı belirlemiştir. Sunder (1980) çalışmasında kernitinin oluşumunun NaCl'ca zengin bir ortamda başlangıç çözeltisinde oluşmaya başladığını ve kapalı sistemde bölümsel B₂O₈ basıncının yükselmesi kernitin düşük sıcaklıklarda çökelebileceğini belirtmiştir. Ortamda NaCl'nin bulunması boraks-kernit dönüşümünün 36,8 °C'de olabileceğini göstermektedir. (Sunder, 1980). Boraksın çökelişi sırasında göl vulkanik ekzalezyonlardan ve çevre kayalardan gelen kimyasal çözeltiler ile sürekli beslenmektedir. Beslenmenin kanıtı olarak ortamda çökelen Ca ve Mg'li mineraller örnek verilebilir (Baysal, 1973). Boraks çökelişi devam ederken ortamda Na konsantrasyonu yavaş yavaş azalmaya başlamaktadır ve bu aşamada göl suyunda bulunan farklı katyonlar borat minerallerinin molekül yapısında en yüksek su bulunduran diğer mineralleri çökeltmeye başlamıştır (Baysal, 1973). Na-borat mineral grubundan sonra gözlenen diğer bir grup Na-Ca borat grubudur. Bu grubun molekül yapısında en yüksek su bulunduran minerali üleksittir. Boraks çökelişinden dolayı Na miktarının ortamda azalması ile birlikte Ca miktarı artmaya başlar ve bu artış ile birincil üleksit kristalleri oluşmaya başlar. Ancak bu oluşum sırasında ikincil üleksit kristalleri de oluşabilir. Gözeneklerdeki kapiler suyun bileşimi, yer altı suları ve ortamda bol bulunan marn ve kalkerin etkisi ile suyun Ca oranı zenginleşmeye başlar bu artış kırık ve çatlak sistemlerinde dolaşmaya başlar ve mevcut boraks minerallerinin çözünüp yerine ikincil üleksit kristallerinin oluşmasına neden olabilir (Baysal, 1973). Çökelim aşamasında Na oranının tamamen azalması ve Ca oranının artması ile birlikte kolemanit minerali çökelmeye başlar. Kolemanit minerali birincil gözlenebileceği gibi sahada ikincil olarak da gözlenebilir. Yataklarda gömülmeden sonra basıncın ve kapiler suyun hidrostatik basıncının artması ile kalker ve marnlardan sızan bileşimin yer altı sularına karışması ile kapiler suyun bileşimi değişmeye başlamaktadır bu değişim ortamdaki suyun azalmaya başlaması ile birlikte Ca konsantrasyonunu daha

fazla arttırmaya başlayacaktır (Baykal, 1973). Bu artış üleksitin denge sınırını aşacaktır ve kolemanitin oluşmasına neden olacaktır (Baykal, 1973). Borat mineralleri haricinde ortamda bulunan gang minerallerinin çökelimleri genellikle borat mineralleri ile katmanlar oluşturmaktadır. Çökelimin gerçekleşmesi sırasında ortamın durağanlaşmasına işaret olan kil minerallerinin çökelişi ortamda ki Mg iyonlarının yoğun olduğunu göstermektedir (Baysal, 1974). Baysal (1974)'a göre volkanik faaliyetler sonucunda piroklastik malzemenin fay çatlaklarından bazik olan göl suyuna karışması ile malzeme hidrolize olup çözülmüştür. Bunun sonucunda göl suyunda bulunan silis, magnezyum ve alüminyum düşük sıcaklık ve basınç koşullarına rağmen kil mineralini oluşturmuştur (Baysal, 1974). Baysal (1973), yataklarda yapılan kimyasal analizlerin sonucunda yatakların üzerinde gözlenen mavi-gri renkli killerin Mg bakımından oldukça zengin olduğunu belirtmiştir. Molekül yapısında Mg bulunduran diğer bir gang minerali dolomittir. Dolomitin yatakta çökebilmesi için öncelikli olarak Mg/Ca oranının ve tuzluluk oranının incelenmesi gerekmektedir. Düşük tuzluluk ve kristalleşme evresinde Mg/Ca oranının 1, tuzluluk ve kristalleşme hızının arttığı hipersalin ortamlarda Mg/Ca oranının 5-10 arasında olması gerektiği belirtilmiştir (Yalçın, 1988). Kırka yatağında çökelen dolomitlerin dokusal açıdan mikritik özellikte olması çökelme hızının ve kristalleşme oranının yüksek olduğunu göstermektedir (Folk, 1974).

XRD, mikroskop ve arazi gözlemleri sonucunda incelenen BMK-1 ve BMK-2 sondajlarında ki cevher zonlarının tabandan tavana olan değişimleri şöyle sıralanabilir. BMK-1 sondajı NaCa-borat çökelişi ile başlayıp daha sonra Ca borat, Na-Ca borat, Na borat, Na-Ca borat ve Ca borat ve Ca borat ile sonlanmıştır. BMK-2 sondajı ise çökeliş Ca borat ile başlayıp, Ca borat ve Na-Ca borat, Ca borat, Na-Ca borat ve Ca borat ve Ca borat ile sonlanmıştır. Cevher zonlarının Ca borat ile tamamlanması ise kesintisiz çökeliş gösteren yatağın kenar kısımlarında oluştuğunu gölün diğer bölümlerine göre kenarın daha da sığlaştığı ve kenar bölümlerinde ki anisellenmeler ve değişimler sonucunda sadece Ca iyonunun duraylı kaldığını anlamaktayız.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR

Göcenoluk (Kırka) borat yatağı Tersiyer başında Batı Anadolu'yu etkileyen büyüme fayları ve grabenleşme ile volkanik yönden aktif yerlerde gelişmiş, dağ arası kapalı göl veya göllerden oluşmuştur. Göller iklim değişikliklerine göre zaman zaman sığlaşmış, derinleşmiş, daralmış ve genişlemiştir. Miyosen dönemi boyunca aktif olan volkanizmanın Üst Miyosen döneminde volkanik aktivitenin azalmasıyla çeşitli kalınlıklarda borat mineralleri çökmeye başlamıştır. İstifte değişen litoloji ve çok sık gözlenen ince laminasyonlar iklime bağlı olarak değişen çökeli mi göstermektedir.

İncelenen karot örnekleri ve arazi gözlemleri sonucunda bölgenin istifi; temel kayalar, Eosen fosilli kireçtaşı, borat zonu, alt kireçtaşı, üst kilitaşı, üst kireçtaşı ve bazalt olarak belirlenmiştir. Birimler içerisinde özellikle kilitaşı, tuf, marn, silttaşı ve kireçtaşı seviyelerinin arda lanmalarına sıklıkla rastlanmaktadır. Bu arda lanmalar içerisinde kalınlıkları değişken olan borat zonları gözlenmiştir.

İstifte gözlenen borat minerallerinin çökeli mi damar, ırsal, masiv ve kayalar ile arda lanmalıdır. Minerallerin çok az bir bölümü öz şeklinde (kristal formunda) gözlenmiştir. Ortam şartlarının etkisi ile minerallerin büyük bir bölümü öz şekilsiz gözlenmiştir. Minerallerin çeşitliliği ve kalınlığı ortamın iklim şartlarına ve derinliğine göre değişmektedir. İstifte sık aralıklarla gözlenen birim kireçtaşı-kilitaşı arda lanmasıdır. Birimin kalınlığı ince milimetrik laminasyon seviyelerinden m düzeylerine kadar belirlenmiştir. Bu oluşum ortam koşulunun kimyasal bakımdan doygun olduğunu ve göle herhangi bir kırıntılı malzemenin taşınmadığını durağan bir ortamın olduğunu göstermektedir. Özellikle cevher zonlarının taban ve tavan bölümünde kireçtaşı-kilitaşı gözlenmişlerdir.

Sondaj derinliğine bağlı olarak tanımlanan Göcenoluk borat yatağında kesintisiz çökeli m olduğu görülmektedir. Örnek yerlerine göre çökeli m sırası BMK-1

sondajında Na-Ca borat çökelimi ile başlayıp daha sonra Na-Ca borat ve Ca borat, Na-Ca borat, Na borat, Na-Ca borat ve Ca borat ile devam etmiştir. BMK-2 sondajı ise çökelim Ca borat ile başlayıp, Ca borat ve Na-Ca borat, Ca borat, Na-Ca borat ve Na borat ve Ca borat ile sonlanmıştır. Sondajların taban bölümünde NaCa-borat ve Ca boratların birlikte gözlenmesi Ca oranının çökelimin başlarında yetersiz olduğunu göstermektedir.

Sondaj karot örneklerinde borat minerallerin yapılarında element değişimlerinin gözlenmesi çökelme ortamının ve beslenme rejiminin ani değişiminin olduğunu göstermektedir. Ortama element sağlayan faktörlerin değişikliği göl ortamının sellenmesi, çevre kayaların alterasyonu ile suya karışan elementlerdeki çeşitlilik ve miktarındaki değişim ve hidrotermal katkılar element değişmesine neden olarak gösterilebilir.

Arazide gözlenen boraks, üleksit ve kolemanit minerallerine ek olarak XRD analiz sonuçlarında probertit, kernit ve tinkalkonit mineralleri belirlenmiştir.

Petrografik incelemelerde borat mineralleri ışınsal, yumru ve taneler şeklinde belirlenmiştir. Minerallerinin alterasyona uğrayarak dönüştükleri ikincil mineraller tespit edilmiştir. İncelenen volkanik ince kesitlerde kuvars ve plajiolklas fenokristalleri baskın olarak gözlenmiştir. Bazı kesitlerde biyotit, olivin ve piroksen fenokristalleri gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akyol, E. ve Akgün, F. (1990). Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka boratlı Neojen tortullarının palinolojisi. *MTA Dergisi*, 111, 165-173.
- Bayça, S. U., Köseoğlu, K. ve Batar, T. (2004). Bor mineral ve bileşiklerinin endüstride başlıca kullanım alanları. *Teknik Bilimler Dergisi*, 2, 16-24.
- Baysal, O. (1972b). Sarıkaya (Kırka) borat yataklarında yeni bir stronsiyum-borat minerali tunellit. *MTA Enstitüsü Dergisi*, 79, 22-30.
- Baysal, O. (1973). Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının oluşumu. *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi*, 255-277.
- Baysal, O. (1973b). Türkiye’de yeni bulunan sulu magnezyum borat mineralleri inderit, kurnakovit, inderborit. *MTA Enstitüsü Dergisi*, 80, 89-99.
- Baysal, O. (1974). Kırka borat yataklarındaki kil mineralleri üzerine ön çalışma. *TJK Bülteni*, 17 (1), 17-30.
- Baysal, O. (1976). Türkiye Bor tuzları. *Hacettepe Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 6, 207-226.
- Baysal, O. ve Ataman, G. (1975). Türkiye’de yeni bir bor minerali kernit ve oluşumunun tartışılması. *TJK Bülteni*, 18 (1-2), 3-10.
- Brinkmann, R. (1971). The geology of western Anatolia Geology and History of Turkey. *Petroleum Exploration Society of Libya*, Tripali, 171-190.
- Erdem, N. Ö., Akyazı, M. ve Karabaşoğlu, A. (2007). Biostratigraphic interpretation and systematics of Alveolina assemblages from the Ilerdian–Cuisian limestones of Southern Eskişehir, Central Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29, 911-927.
- Floyd, P.A., Helvacı, C. ve Mittwede, S.K. (1998). Geochemical discrimination of volcanic rocks, associated with borate deposits: An exploration tool?. *Journal of Geochemical Exploration*, 60, 185-205.

- Folk, R.L. (1974). The natural history of crystalline calcium carbonate: Effect of magnesium content and salinity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 40-53.
- Gök, S., Çakır, A. ve Dündar, A. (1980). Kırka civarında boratlı Neojenin Stratigrafisi Petrografisi ve Tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, 2, 53-62.
- Gündoğan, İ. ve Helvacı, C. (1992). Sultançayırı (Susurluk-Balıkesir) boratlı jips havzasının jeolojisi, mineralojisi ve ekonomik potansiyeli. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 159-172.
- Helvacı, C. (1983). Türkiye borat yataklarının mineralojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 17, 37-54.
- Helvacı, C. (1989). Türkiye bor madenciliğinin işletme, stoklama ve pazarlama sorunlarına minerolojik bir yaklaşım. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34-35, 5-17.
- Helvacı, C. (1992). Güney Amerika'daki And dağlarının tektonik ve volkanik gelişimine bağlı borat ve diğer tuz yataklarının oluşumu. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 41, 5-22.
- Helvacı, C. (1994). Mineral assemblages and formation of the Kestelek and Sultançayırı borate deposits, Western Turkey. in: Evaporites and Desert Environments. Proc. 29 th International. *Geology Congress*, Part A, 245-164.
- Helvacı, C. (1995). Stratigraphy, mineralogy, and genesis of the Bigadiç borate deposits, Western Turkey. *Economic Geology*, 90, 1237-1260.
- Helvacı, C. 2001. Doğal soda yatakları ve ekonomik önemleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44 (3), 49-58, Ayhan Erler Özel Sayısı.
- Helvacı, C. (2004). Türkiye Borat Yatakları: Jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası. 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 11-27.
- Helvacı, C. (2007). Bor minerallerinin işletme zenginleştirme ve pazarlama sorunları. 6. *Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 01-03 Şubat 2007, İzmir, 70-86.

- Helvacı, C. ve Alaca, O. (1984). Bigadiç borat yataklarının jeolojisi ve mineralojisi. *TJK Bilimsel ve Teknik Kurultay Bildiri Özetleri*, 38, 110-111.
- Helvacı, C. ve Alaca, O. (1991). Bigadiç borat yatakları ve çevresinin jeolojisi ve mineralojisi. *MTA Dergisi*, 113, 61-92.
- Helvacı, C. ve Alonso, R.N. (2000). Borate deposits of Turkey and Argentina: A summary and geological comparison. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 9, 1-27.
- Helvacı, C. ve Firman, R.J. (1977). Emet borat yataklarının jeolojik konumu ve mineralojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 2, 17-28.
- Helvacı, C. ve Orti, F. (1998). Sedimentology and diagenesis of Miocene colemanite-ulexite deposits. *Journal of Sedimentary Research*, 68 (5), 1021–1033.
- Helvacı, C. ve Orti, F. (2004). Zonning in the Kırka borate deposit, Western Turkey: Primary evaporitic fractionation or diagenetic modifications?. *Canadian Mineralogist*, 42, 1179-1204.
- İnan K. (1972). New Borate District, Eskişehir-Kırka Province, Turkey. *Institute Mining and Metall*, 81, B 163-165.
- İnan, K. (1975). Sulu bor mineral yataklarının oluşum modeli: *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 18, 165-168.
- İnan, K., Dunham, A.C. ve Esson, J. (1973). *Mineralogy, chemistry and origin of Kırka borate deposit, Eskişehir Province, Turkey*. B.Sc., Dip. Geochem., M.A., Ph.D. All of the Department of Geology, University of Manchester, 114-123.
- Ketin, İ. (1965). *Anadolu'nun Tektonik Birlikleri*. İTÜ Maden Fakültesi, 22-37.
- Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu (1995). *Kimya sanayii hammaddeleri Çalışma grubu raporu: Bor mineralleri trona, sodyum sülfat, stronsiyum mineralleri, tuz*. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı (1-215).

- Palmer, M.R. ve Helvacı, C. (1997). The boron isotope geochemistry of the Neogene borate deposits of Western Turkey. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 61 (15), 3161-3169.
- Okay, A. I. (1984). Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson (Ed.), *In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* içinde (455-466), Geological Society Special Publication, 17.
- Okay, A. I. (1985). Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Metamorfik kuşaklar. *Ketin Sempozyumu Kitabı'nın* içinde (83-92), Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını.
- Okay, A. I. (2009). Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu. *İTÜ, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü ve Maden Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü*, 1-29.
- Okay, A.İ. ve Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *In TheMediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen* (eds B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne). Geological Society of London, Special Publication,156, 475–515.
- Özkan, Ş. G., Çebi, H., Delice, S. ve Doğan, M. (1997). Bor minerallerinin özellikleri ve madenciliği. 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 224-228.
- Özpeker, I. (2001). Borat yataklarının değerlendirilmesi. Sezai Kırıkoğlu (Ed.), *Türkiye Borat Yatakları* içinde (6-14). İTÜ Maden Fakültesi Yayını.
- Özpeker, I. ve İnan, K. (1978). Batı Anadolu borat yataklarında izlenen mineral birlikteliklerinin yatak evrimiyle ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 21, 1-10.
- Sunder, M. (1980). Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) borat yataklarının jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, 2, 19-34.
- Yalçın, H. (1988). Kırka (Eskişehir) yöresi volkanosedimanter oluşumlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora tezi, H.Ü. Fen Bil Enst., s 209 (yayımlanmamış), Beytepe, Ankara.

Yalçın, H. ve Baysal O. (1991). Kırka(Seyitgazi-Eskişehir) borat yataklarının jeolojik konumu, dağılımı ve oluşumu. *MTA Dergisi*, 113, 93-104.

Yılmaz, A. (2002), Her Derde Deva Hazinemiz Bor. *TÜBİTAK-Bilim ve Teknik Dergisi*, 38-41.